



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

ÍTALO BRUNO RODRIGUES FELÍCIO

USO DA CASTANHA DE CAJU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

MOSSORÓ

2018

ÍTALO BRUNO RODRIGUES FELÍCIO

USO DA CASTANHA DE CAJU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

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

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

MOSSORÓ

2018

©Todos os direitos estão reservados à 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 tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

R696u Rodrigues Felício, Ítalo Bruno.
USO DA CASTANHA DE CAJU NA CONSTRUÇÃO CIVIL /
Ítalo Bruno Rodrigues Felício. - 2018.
36 f. : il.

Orientadora: Marineide Jussara Diniz .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2018.

1. Resíduos. 2. Castanha de Caju. 3. Construção
Civil. I. Jussara Diniz , Marineide, orient. II.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

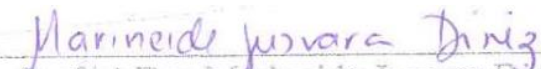
ÍTALO BRUNO RODRIGUES FELÍCIO

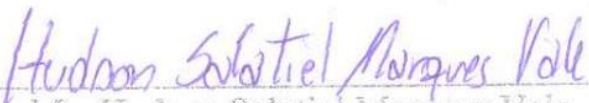
USO DA CASTANHA DO CAJU NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Campus Mossoró, para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Aprovada em: 17 / 04 / 2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof(a).Dra. Marineide Jussara Diniz
Presidente


Me. Hudson Salatiel Marques Vale
Membro Examinador


Francisco Estevão Damasceno Filho
Membro Examinador

Ao meu Deus, por sempre me proteger e dar força nos momentos mais difíceis. Por me proporcionar saúde para alcançar meus objetivos.

A minha mãe Maria Rodrigues da Silva e minha avó Rita Rodrigues da Silva, que enfrentaram várias lutas para que meu sonho fosse possível dando todo o amor, conselhos e força possível.

As minha tias, irmã e primos que sempre estiveram comigo, me ajudando a seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Jeová, por seu infinito amor, pelas oportunidades dadas a mim durante toda a minha vida, e principalmente, pela dádiva da vida.

A minha mãe, Maria Rodrigues da Silva por ser essa mulher forte, batalhadora que me ensina a extrair o melhor de mim. Por ter me dado todo o amor incondicional, carinho, conselhos, lições de vida e a educação necessária para formar o caráter que tenho hoje.

A minha amada irmã, Maria Rita Rodrigues Pinheiro por ser a melhor irmã que eu poderia ter.

Aos meus avós maternos, Rita Rodrigues da Silva e Sebastião Gomes da Silva por acreditarem em mim e sempre torcer pelo meu sucesso.

Aos meus dois pais, Josemar Moreira Felício e Jurandir Pinheiro de Oliveira por sempre me apoiar e servirem de exemplos para mim.

As minhas tias, Francisca Rodrigues, Maria da Conceição, Daianny Rodrigues, Daulirene Rodrigues e Renata de Sousa, que sempre me ajudaram ao longo da minha vida.

Aos meus primos que me ajudaram ao longo da minha vida no que eu precisei e continuam comigo torcendo e me dando força.

Aos meus amigos Arlanio Holanda, Alef Rebouças, Brehmer Mendes, Caio Fernandes, Diniz Neto, Diogo Silva, Estevão Damasceno, João Paulo Rufino, Messias Lopes, Paulo Alberto, Ricardo Mauricio, Victor Tharik e Walter Lima por sempre torcerem pelo meu sucesso e me dar força para seguir em frente.

A UFERSA e a todos os professores que compartilham e levam conhecimento, com vocação e prazer em ensinar.

E por fim, e não menos importante, a minha orientadora, a professora Dr^a. Marineide Jussara Diniz por ter me aceitado como orientando. Agradecer pela paciência comigo, por ajudar e acompanhar cada etapa de construção desse presente trabalho. Gostaria de dizer professora que se algo não saiu como esperado não foi por falta de vontade, e sim por erros ao qual estamos sujeito. Que Deus abençoe hoje e sempre a senhora.

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

Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade.

Albert Einstein

RESUMO

Atualmente muitos resíduos vegetais vêm sendo estudados para encontrar a melhor forma possível de reaproveitá-los na construção civil, já que esse setor é considerado um dos maiores consumidores de materiais e apresenta uma grande capacidade de absorção e reutilização, tanto de resíduos industriais como agroindustriais. Esse trabalho consiste em uma pesquisa de caráter bibliográfico que apresenta a utilização da castanha de caju como componente para produção de materiais a serem utilizados em construções. O objetivo principal é conhecer as principais aplicações da castanha do caju na construção civil, reaproveitando seus resíduos, principalmente suas cinzas, que nos dias de hoje vem sendo destinada à aterros sanitários comuns, o que não é adequado. Desse modo este trabalho aborda as características e propriedades químicas, exemplificando algumas aplicações com o aproveitamento da castanha de caju. O trabalho apresentado foi promissor para a produção de tijolo ecológico com adição do líquido da casca da castanha, mas nada satisfatório para a utilização das cinzas da casca da castanha de caju em matrizes cimentícias, necessitando de novos estudos, para uma melhor aplicação da castanha de caju na construção.

Palavras-Chave: Resíduos. Castanha de Caju. Construção Civil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Visão frontal do Taj Mahal.....	17
Figura 2- Representação da reação pozolânica em matriz cimentícia.....	20
Figura 3- Cajueiros dos tipos comum (esquerda) e anão (direita) cultivados no Ceará e Piauí, respectivamente	21
Figura 4- Descrição das partes do caju.....	22
Figura 5- Corte longitudinal da castanha de caju com a descrição de suas partes	23
Figura 6- Fluxograma dos produtos obtidos a partir da castanha.....	24
Figura 7- Cascas de castanhas após a decorticação	26

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Evolução da quantidade de castanha-de-caju produzida no Brasil, período de 1990 a 2015 (Estimativa).....	25
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Castanha de caju in natura – Área, produtividade e produção da safra de 2016.....	24
Tabela 2- Análise química da CCCC	27
Tabela 3- Exigências físicas estabelecidas para materiais pozolânicos.	27
Tabela 4- Substâncias metálicas encontradas na CCCC e os respectivos limites exigidos pela NBR 10004 (ABNT, 2004)	28
Tabela 5- Influência dos metais pesados na reatividade hidráulica e na qualidade do cimento e concreto	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CCCC	Cinza da Casca da Castanha de Caju
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LCC	Líquido da Casca da Castanha
NBR	Norma Brasileira

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 DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
4.2 RESÍDUOS VEGETAIS COM POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	18
4.3 O CAJU.....	21
4.4 APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	26
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o cenário energético mundial vem se intensificando desde a Crise do Petróleo que se iniciou em 1973, instigando a pesquisas por fontes de energias renováveis, que amenizem a utilização de combustíveis fósseis, esgotáveis e altamente poluentes, por produtos sustentáveis.

Como afirma o Ministério do Meio Ambiente (2018), a emissão de gases poluentes na atmosfera está aumentando a temperatura do planeta, mais conhecido como aquecimento global, que pode causar a perda da diversidade, temporais, diminuição da produção de gêneros alimentícios, entre outros. Com isso, a busca por materiais alternativos, construção sustentável, reutilização de resíduos sólidos e a diminuição da emissão de gás carbônico, são algumas medidas necessárias para o atual cenário mundial.

O setor da construção civil é responsável em grande parte pelas mudanças climáticas, através da grande geração de resíduos sólidos e emissão de gases. O destino dos resíduos gerados pela construção e demolição em obras de construção civil, é uma das grandes dificuldades enfrentadas por administrações municipais, estaduais e até mesmo federais. De acordo com Bragança e Mateus (2004), esse setor é responsável por gerar cerca de 40% de emissões de CO₂ e 30% de resíduos sólidos do mundo, além de consumir 40% da energia, 30% dos recursos naturais disponíveis (pedra, brita, areia, madeira, etc.), 20% da água e 10% do solo.

Diante dessa preocupação mundial surge um novo conceito, a construção sustentável, na qual, é uma forma de construir em conciliação com o meio ambiente, durante toda sua produção e pós-construção. Procurando sempre amenizar os impactos à natureza, utilizando com eficiência os materiais e bens naturais, como água e energia, além de reduzir o máximo possível os resíduos. Além de que, é necessário a aplicação de materiais recicláveis e de menor impacto ambiental, como tijolo de adobe e madeiras reflorestadas (FARIA, 2018).

A construção civil, pelo conhecido volume físico de materiais que a envolve, é um grande mercado com capacidade para reciclagem. Diante disso, muitas pesquisas estão sendo realizadas, para encontrar uma melhor utilização de subprodutos de origem vegetal, agroindustriais, cinzas processadas ou resíduos na construção. Reduzindo assim, os custos da obra e a elevada quantidade de matéria prima de recursos naturais que é consumida e, conseqüentemente, à preocupação com o esgotamento dessas reservas naturais. Além disso,

estão sendo desenvolvidos resíduos agroindustriais visando seu aproveitamento, como adições minerais em matrizes cimentícias (JOHN et al., 2003).

Segundo John (1996), os resíduos gerados pela agroindústria podem constituir importante fonte de matéria-prima para a produção de componentes construtivos. Nesse caso, o presente trabalho pretende apresentar uma revisão de literatura sobre o uso da castanha do caju na construção civil, tendo em vista futuras aplicações, que estão sendo estudadas para compor materiais de construção, diminuindo o uso dos recursos naturais e reaproveitando um material que seria descartado.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal é conhecer as principais aplicações da castanha do caju na construção civil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer os materiais que estão sendo desenvolvidos a partir da utilização da castanha do caju
- Avaliar as vantagens e desvantagens de aplicabilidade do uso da castanha do caju no âmbito socioeconômico e ambiental.

3. METODOLOGIA

A pesquisa se caracteriza por conceber uma revisão bibliográfica, em que serão utilizados como instrumentos: artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, revistas específicas, dados coletados na internet em sites de pesquisa, como também em livros da área de materiais alternativos, fornecendo-nos uma proposta de leitura mais seleta e possibilitando levantar uma pesquisa mais ampla sobre a utilização da castanha do caju na construção civil.

A pesquisa foi dividida em levantamento bibliográfico e redação do projeto, e que ao final da mesma possibilitará um conhecimento amplo sobre a utilização da castanha do caju como material alternativo para o setor da construção civil.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A engenharia civil tem nos acompanhado desde a pré-história, quando nossos antepassados começaram a abandonar uma existência nômade, causando assim uma necessidade de construção de abrigos. Pensando em moradias mais confortáveis e seguras para as suas famílias, a engenharia veio a se aperfeiçoar, evoluindo conforme a sociedade (SANTO, 2018).

De acordo com Afonso (2007) a prática da engenharia é uma das ciências mais antigas, com grandes feitos sendo realizados desde 2700 a.C, data aproximada da construção das primeiras pirâmides do Egito antigo. Porém, a engenharia, tal como a conhecemos hoje, começou a se lapidar apenas no século X, com o início do uso da pólvora para fins militares, exigindo que o homem construísse edificações mais fortes e resistentes devido aos ataques que existiam entre os povos da época.

Durante a Idade Média, houve uma ampla expansão comercial. Esse processo intensificou a construção de pontes, estradas e portos como forma de escoamento das mercadorias. As cidades aumentaram de tamanho, e as edificações, não somente as catedrais, tornaram-se cada vez mais altas e imponentes. Entre o fim do século XIII e início da Idade Moderna, a preocupação com o tamanho das construções tornou-se ainda mais acentuada. Nessa época, edificações passaram a ser comandada por um único engenheiro civil (BAZZO, 2006).

No Brasil, a Engenharia Civil teve início ainda no período colonial. As primeiras obras civis começaram na transição do século XIX para o XX. Dos 506 anos do Brasil quase 400 anos de construções foram autóctones (a própria pessoa construía sua casa). Com técnicas de construções locais de taipas tanto de pau-a-pique, como de pilão (VARGAS, 1998, p. 34).

As características sociais que as construções apresentam são muito importantes para a compreensão do modo como foram feitas. De fato, cada edificação tem a capacidade de contar uma história e refletir a cultura do povo que a originou, o clima e as tecnologias da sociedade. Segundo Ballantyne (2012), as construções traziam significados específicos, e alguns destes sentidos são transpostos em edificações da atualidade. Do ponto de vista da

engenharia, são ricas as informações que se pode tirar de uma construção, assim como permitir compreender a evolução das técnicas de construção, análise do surgimento e uso de cada material disponível para a prática da construção, de acordo com cada povo e cada época.

Hoje, é possível construir uma laje por semana, algo que levava um maior tempo há alguns anos atrás. Graças aos avanços da construção civil, grandes obras podem ser feitas, como altos edifícios, pontes quilométricas, sistema de saneamento básico, estradas pavimentadas, metrô, aeroportos. E cada dia mais, o mercado apresenta técnicas mais eficazes, que permitem uma construção cada vez mais rápida de obras consideradas complexas (BAZZO; WALTER ANTÔNIO, 2006).

Dessa forma, convém listar algumas construções mundiais que são patrimônio cultural da humanidade e de marco histórico na construção civil, engenharia e arquitetura: a Basílica de São Pedro (Roma, Itália, 1506-1626); o Coliseu (Roma, Itália, 70-82); o Templo de Luohan Yuan (Suzhou, Jiangsu, China, 982); o Partenon (Atenas, Grécia, 447-432 a.C.); a Grande Pirâmide de Khufu (Gisé, Egito, 2.500 a. C.); a Torre Eiffel (Paris, França, 1889); o Empire State (Nova York, Estados Unidos, 1931) e como podemos ver na Figura 1 o Taj Mahal (Agra, Uttar Pradesh, Índia, 1632-53).

Figura 1- Visão frontal do Taj Mahal



Fonte: Al Jazeera (2017).

4.2 RESÍDUOS VEGETAIS COM POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com a norma 10004 (ABNT, 2004), o termo “resíduos sólidos” aplica-se a seguinte definição: “Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (...)”. Ou seja, tudo que nos cerca, um dia será resíduo, como casas, móveis, eletrônicos, automóveis, pontes, entre outros. Ainda devemos somar todos os resíduos do processo de extração de matérias-primas e de produção de bens. Logo, a quantidade de resíduos gerados supera a quantidade de bens consumidos.

A indústria da Construção Civil é uma das atividades que mais possuem impacto ambiental, pois além de depender da extração dos recursos naturais, é um setor que gera muitos resíduos sólidos. Segundo Ribeiro (2017) estima-se que o Brasil produz 79,9 milhões de toneladas de entulho por ano. Além disso, o processo da produção de materiais e componentes em geral da construção, consomem energia em grande quantidade, e consequentemente, torna-se responsável pela geração de CO₂ e partículas de poeira na atmosfera.

Sabe-se que qualquer processamento industrial ou agroindustrial gera sobras de suas matérias primas. A reciclagem desses resíduos já vem sendo empregada como combustível por meio da incineração, mas esse processo produz outros subprodutos como pós, escória e cinzas, forçando os produtores a descartarem esses resíduos em aterros e locais não apropriados. Esses lançamentos inadequados causam riscos de contaminar os solos e lençóis freáticos (JOHN, 2000).

Em contrapartida a Construção Civil apresenta um grande potencial para reutilizar resíduos industriais, metalúrgicos, agroindustriais, dentre outros. Esse reaproveitamento, além de reduzir os custos da construção, diminui a elevada quantidade de matéria prima que seria usada, preservando o meio ambiente e abrindo várias opções de uso de resíduos com diferentes funções na edificação (NOLASCO, 1993).

Como afirma Silva e Souza (1995), a construção civil é o mercado mais propício para a reciclagem de novos resíduos, pelo expresso volume físico de materiais que incorpora.

Atualmente, a escória granulada de alto forno, a cinza volante e sílica ativa, são exemplos de aproveitamento de resíduos na indústria da construção.

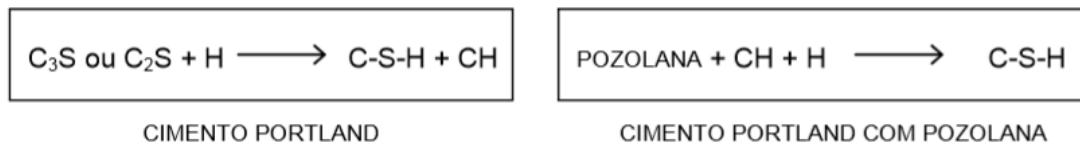
Mannan e Ganapathy (2004) declaram que as aplicações de resíduos agroindustriais como adição mineral no cimento Portland têm grande aplicabilidade na construção civil, visto que esses materiais possuem características físicas e químicas que são próprias para utilização em concretos e argamassas.

As cinzas se destacam dentre os resíduos agroindustriais por surgirem após vários processos de geração de energia e por apresentar problemas de armazenamento e impacto ambiental. Teoricamente, qualquer cinza vegetal com predominância de sílica, com a finura apropriada e com a eficácia de ser produzida no estado amorfo, pode ser utilizada como adição mineral. Outro agente expressivo referente às adições minerais tem de se à sua composição física, na condição de apresentar reatividade em meio aquoso o Ca(OH)_2 (hidróxido de cálcio), ocorrendo endurecimento, pode ser utilizado como adição mineral pozolânica (JOHN et al., 2003).

O termo “adições minerais” para Mehta e Monteiro (1994) são matérias silicosos, moídos, adicionados ao concreto na faixa de 20 a 100% da massa do cimento Portland. E segundo a norma NBR 12653 (ABNT, 1992) os materiais pozolânicos são definidos como materiais silicosos ou silicoaluminosos que, por si sós, 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.

As pozolanas, natural ou artificial, devem apresentar maioritariamente a sílica, pois sua interação com a cal hidratada forma o silicato de cálcio hidratado (C-S-H), elemento fundamental para obtenção de resistência mecânica do sistema cimentício. Além de tudo, pode conter alumina e óxido de ferro, responsável por formar sílico-aluminatos e aluminatos (CINCOTTO, 2007). Quando presentes, a pozolana reage com os produtos de hidratação dos cimentos, formando silicatos de cálcio hidratados adicionais que contribuem para resistência mecânica e durabilidade. Como pode ser observado na Figura 2, que representa a diferença da hidratação de cimentos com e sem pozolanas.

Figura 2- Representação da reação pozolânica em matriz cimentícia



SIGLAS

H : água;

C₂S : silicato dicálcico;

C₃S : silicato tricálcico;

CH : hidróxido de cálcio;

C-S-H : silicato de cálcio hidratado

Fonte: Mehta e Monteiro (1994).

Quando o tamanho das partículas é extremamente pequeno, muito menor do que a de cimento, esses materiais influenciam na densificação dos materiais através da redução de capilares, e consequente, diminuição da permeabilidade e aumento da durabilidade. Essa característica das adições minerais os torna materiais denominados de filler (NEVILLE, 1997).

4.3 O CAJU

O cajueiro, de nome científico *Anacardium occidentale*, é originário do Brasil, possivelmente da Amazônia, com área de dispersão do Nordeste, onde cresceu espontaneamente no litoral. Com características como a considerável capacidade adaptativa a solos de baixa fertilidade, a temperaturas elevadas e ao estresse hídrico, o cajueiro se tornou uma importante fonte de renda para os estados do Nordeste, principalmente para aqueles que possuem regiões semiáridas. Ademais, por produzir em pleno período seco, na entressafra das culturas anuais, o cajueiro se torna importante para a geração de empregos tanto no campo quanto nas indústrias, empregando, aproximadamente, 300.000 pessoas (MCT, 2004, p. 9).

Em função do porte, o cajueiro (Figura 3) é classificado em dois tipos, o comum (gigante) e o anão (também denominado como anão-precoces). Caracterizada como uma árvore de caule tortuoso, o cajueiro-comum é o mais encontrado no Nordeste. É considerada uma planta de porte alto, cujo a copa atinge em média, 10 a 12 metros e a envergadura fica entre 14 e 16 metros. Já o cajueiro-anão é oriundo de seleções fenotípicas de cajueiros-comuns de porte baixo realizadas a partir da década de 1960, cujo altura não ultrapassa os 6 metros, e possui envergadura em torno de 6 a 8 metros (SERRANO e PESSOA, 2016).

Figura 3- Cajueiros dos tipos comum (esquerda) e anão (direita) cultivados no Ceará e Piauí, respectivamente

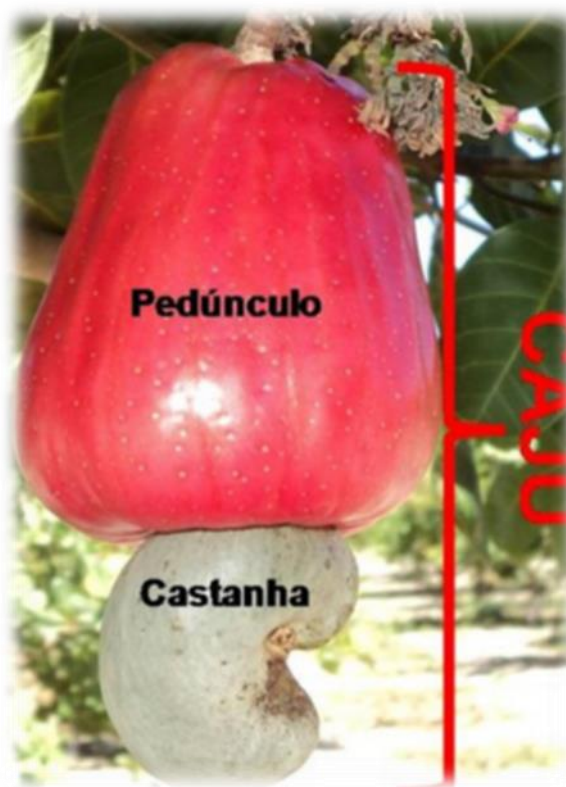


Fonte: Serrano e Pessoa (2016).

O verdadeiro fruto do cajueiro é a castanha. O que a maioria das pessoas achavam ser o fruto, na verdade, é apenas o pedúnculo (pseudofruto) que sofreu um desenvolvimento anormal. A castanha é um fruto seco de aspecto reniforme (Figura 4), de peso e tamanho variáveis, cor cinza ou verde-acinzentada e superfície lisa. O pedúnculo pode ser piriforme

(forma de pera), cilíndrico ou alongado, sendo que sua cor pode variar desde amarelo-pálido ao vermelho intenso. Seu peso e tamanho são variáveis, tendo-se observado pedúnculos com até 650 gramas e tamanho variando de 3 a até quase 20 centímetros de altura e largura de 3 a 12 centímetros (MCT, 2004, p. 22).

Figura 4- Descrição das partes do caju



Fonte: Serrano e Pessoa (2016).

Conforme Paiva et al. (2000) a castanha é constituída de três partes: casca, película e amêndoa (Figura 5). Sua casca, representa 65% a 70% do peso da castanha, sendo constituída por um epicarpo coriáceo, atravessado por um mesocarpo esponjoso, cujos alvéolos são preenchidos por um líquido cáustico e inflamável - o LCC (líquido da casca da castanha). A película, ou tegumento da amêndoa, que representa cerca de 3% do peso da castanha, é rica em tanino. A amêndoa, que é a parte comestível da castanha, formada por dois cotilédones de cor marfim, representa cerca de 28% a 30% do seu peso, porém no processo industrial a mesma apresenta um rendimento médio de apenas 21%.

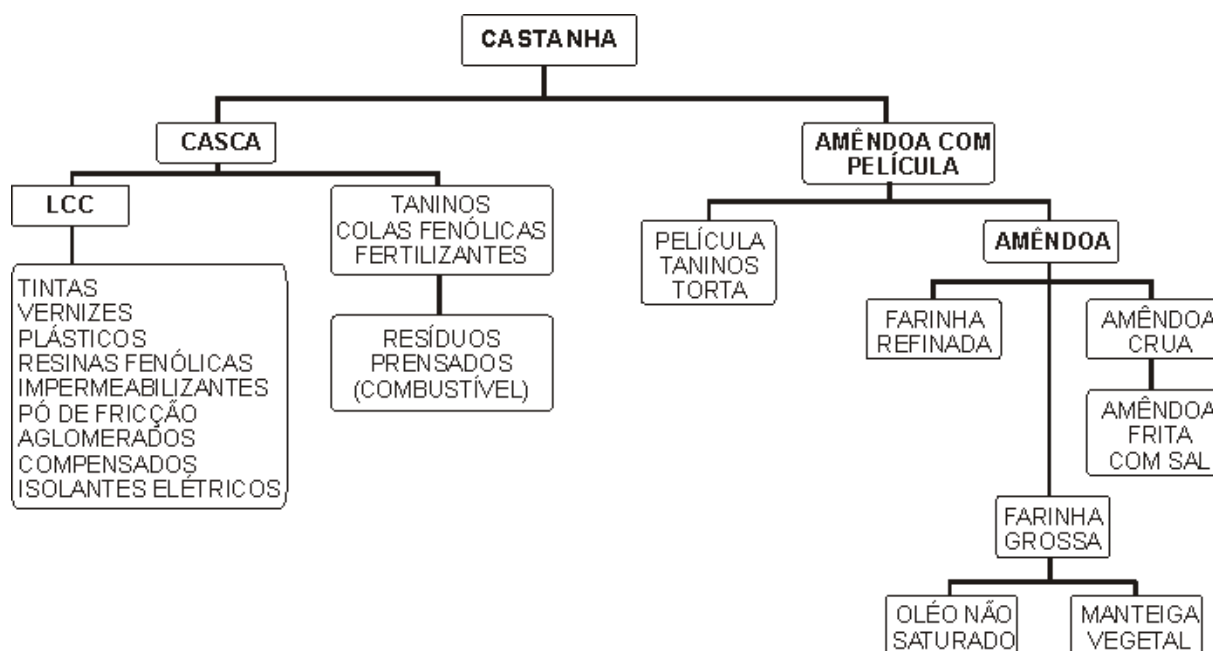
Figura 5- Corte longitudinal da castanha de caju com a descrição de suas partes



Fonte: Serrano e Pessoa (2016).

O principal produto do cajueiro é a amêndoa da castanha-de-caju, de onde também é extraída a película que reveste a amêndoa, rica em tanino e utilizada na indústria química de tintas e vernizes. Da casca da castanha, extrai-se o líquido da casca de castanha-de-caju (LCC), usado na indústria química e de lubrificantes, curtidores, aditivos, entre outros, sendo o resíduo da casca utilizado como fonte de energia nas indústrias, por meio de sua queima em fornalhas. Já o pedúnculo do caju (pseudofruto) é processado por indústrias para a obtenção do suco, polpa congelada, cajuínas e outras bebidas. Também pode ser fabricado diversos produtos (principalmente doces) e na alimentação animal, além de que o caju inteiro também é comercializado in natura em feiras e supermercados. Outras partes da planta também são utilizadas, pois os restolhos dos galhos podados, as cascas das árvores e as folhas, por serem fontes de tanino e goma, são aproveitadas na indústria química e na geração de energia (queima). A partir disso pode-se chegar a conclusão que a planta como um todo apresenta um grande potencial de aproveitamento (SERRANO e PESSOA, 2016). A figura 6 apresenta exemplos de produtos oriundos da castanha e do pedúnculo do caju.

Figura 6- Fluxograma dos produtos obtidos a partir da castanha



Fonte: A castanha (2018).

O Brasil é o segundo maior produtor e processador de castanha no mundo, sendo a região Nordeste a principal cultivadora do cajueiro. Segundo dados do IBGE (2016), o Ceará contribuiu com 38,6 % do total de castanha de caju produzida no Brasil, sendo seguido pelos estados do Rio Grande do Norte (25,9 %) e Piauí (14 %), os quais juntos representam cerca de 78,5 % do total produzido no país. A Tabela 1 mostra dados referentes a área colhida, produtividade e produção referente ao Brasil e aos três principais produtores.

Tabela 1- Castanha de caju in natura – Área, produtividade e produção da safra de 2016

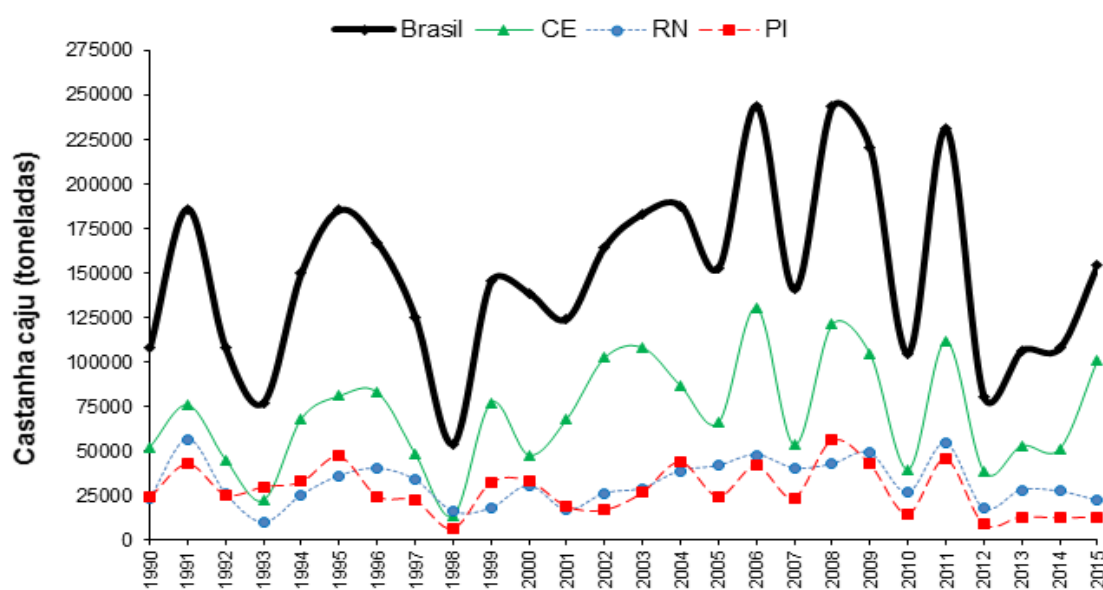
Brasil - UF	Área colhida (Hectares)	Produtividade (Hectares)	Produção (Hectares)	Participação % na produção UF/Brasil Safra 2016
	Safra	Safra	Safra	
Brasil	562426	142	79765	100
Piauí	79219	141	11189	14
Ceará	376058	82	30763	38,6
Rio Gde. do Norte	63136	327	20651	25,9

Fonte: IBGE (2015).

Vários estudos sobre o caju e seus benefícios vêm sendo realizados nas áreas de tecnologia e saúde, e em parte, alcançou resultados positivos. Por exemplo, o óleo da castanha de caju (LCC), é utilizado pela indústria para produzir inseticidas, vernizes, pinturas, entre outros. Na área da saúde, pesquisas vem sendo realizadas para utilizar uma substância lasiodiplodina a partir do ácido anacárdico, proveniente do caju, substância essa tem potencial de atuar contra a leucemia. Na área de alimentos, são produzidos pães, snacks e bolos misturando 50% de farinha de arroz e 50% de bagaço do caju. Tais produtos apresentam um alto teor de fibras (SANTOS et al. 2007)

Percebe-se que são muitas pesquisas que tratam do aproveitamento dos subprodutos derivados do caju. Como mostra o Gráfico 1 o Estado do Ceará detém a maior parte da produção de castanha de caju, no Brasil.

Gráfico 1- Evolução da quantidade de castanha-de-caju produzida no Brasil, período de 1990 a 2015 (Estimativa)



Fonte: IBGE (2015).

4.4 APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

São poucos os estudos realizados sobre a aplicação da castanha no intuito de melhorar as propriedades do concreto. Neste caso a pesquisa realizada por Lima (2008), estuda a viabilidade técnica do uso da cinza da casca da castanha de caju (CCCC), como adição mineral em matrizes cimentícias, através de análise físico-química. A obtenção dessas cinzas ocorre após a indústria da castanha de caju realizar a separação das amêndoas e das cascas em tanques com cardol. Esses tanques são aquecidos por caldeiras numa temperatura aproximada de $800 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Após a retirada das amêndoas, reutiliza-se a própria casca no sentido de gerar mais calor para a decorticação de novas castanhas. Como resultado dessa queima das cascas, originam-se as cinzas (Figura 7), que são os resíduos colhidos no fundo das caldeiras (SILVA et al., 2005).

Figura 7- Cascas de castanhas após a decorticação



Fonte: Silva et al. (2005).

As cinzas da casca da castanha de caju (CCCC) representam aproximadamente 5% do peso da castanha inicial. Considerando a produção de 2015, as cinzas podem chegar até 7.500 toneladas por ano (LIMA et al., 2005).

Com resultados obtidos em ensaios, foi possível comprovar certa viabilidade quando adicionado como microfíler às matrizes cimentícias. Entretanto, apenas um baixo percentual de adição apresentou resultados expressivos nos testes de resistência à compressão realizados

em argamassas. Sendo que na adição de 2,5% de CCCC no traço das argamassas, aos 28 dias apresentou resistência a compressão de 37 MPa, não obtendo grande diferença de resistência comparado ao traço sem adição alguma, de resistência igual a 43MPa. Os demais teores de CCCC promovem a redução significativa dos valores da resistência à compressão das argamassas (LIMA, 2008).

De acordo com John et al. (2003), na avaliação da reatividade de uma adição mineral é muito importante realizar uma análise química, devendo esse material apresentar silício como elemento predominante. Como pode ser visto na Tabela 2, a cinza em questão apresenta apenas 12,17% do teor de sílica (SiO_2), muito abaixo dos teores recomendados por outros autores para que uma cinza apresente reatividade. Também se pode observar a expressiva quantidade de álcalis presentes na CCCC, com o óxido de potássio (K_2O) em maior quantidade, 24,79%. Os álcalis podem alterar o desempenho do concreto na redução do pH, e influenciar na velocidade do aumento da resistência desse material.

Tabela 2- Análise química da CCCC

Constituintes	K_2O	MgO	SiO_2	CaO	Fe_2O_3	Na_2O	Al_2O_3	MnO	TiO_2	PF
Amostra (%)	24,79	16,34	12,17	6,54	3,06	2,15	1,37	0,19	0,087	17,9

Fonte: LIMA (2008).

Além disso, a CCCC não apresenta as exigências mínimas da NBR 12653 (ABNT, 1992), especificadas na Tabela 3, que a classifiquem como material pozolânico, salientando a alta perda ao fogo e o alto teor de álcalis. Com isso as cinzas não apresentam potencial pozolânico em matrizes cimentícias.

Tabela 3- Exigências físicas estabelecidas para materiais pozolânicos.

Propriedades	CCCC (%)	NBR 12653 - Classe "E"
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	16,6	50,00
SO_3 , % máx.	-	5,00
Teor de umidade, % máx.	-	3,00
Perda ao fogo, % máx.	17,9	6,00
Álcalis disponíveis em Na_2O , % máx.	2,15	1,50

Fonte: NBR 12653 (ABNT, 1992).

Ensaio complementares detectaram vários metais pesados na amostra de CCCC. A Tabela 4 apresenta tais substâncias, conferindo suas periculosidades aos resíduos, encontradas no extrato solubilizado da CCCC. Esses teores apresentam-se acima do limite permitido, para várias substâncias químicas, de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004). Essa contaminação por metais pesados deve-se a utilização de agrotóxicos no cajueiro.

Tabela 4- Substâncias metálicas encontradas na CCCC e os respectivos limites exigidos pela NBR 10004 (ABNT, 2004)

Parâmetro	Unidade	Resultado	Limite máximo no extrato (mg L ⁻¹)
Cádmio	mg Cd L ⁻¹	0,57	0,005
Chumbo	mg Pb L ⁻¹	1,39	0,01
Cromo total	mg Cr L ⁻¹	3,09	0,05
Fenóis totais	mg C ₆ H ₅ OH	0,042	0,01
Prata	mg Ag L ⁻¹	0,62	0,05
Manganês	mg Mn L ⁻¹	21	0,1

Fonte: NBR 10004 (ABNT, 2004).

Quanto às interações com a matriz cimentícia, Chandra (1996) destaca que a presença de metais pesados interfere no desenvolvimento das resistências e nos tempos de pega das matrizes cimentícias, como pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5- Influência dos metais pesados na reatividade hidráulica e na qualidade do cimento e concreto

Parâmetro	Influência na reatividade hidráulica	Influência na qualidade do cimento e concreto	
		Início e fim de pega	Desenvolvimento das resistências
Cádmio	não afeta	retarda	não afeta
Chumbo	↓ C ₂ S ↑ C ₃ A	retarda	diminui
Cloretos	↑ C ₃ S ↑ C ₃ A	acelera	aumenta
Cromo	↓ C ₂ S	acelera	diminui
Manganês	↑ C ₃ S ↑ C ₂ S ↑ C ₃ A ↑ C ₄ AF	depende do teor*	diminui

(*) Quando o manganês ocupa o lugar do Fe₂O₃ (F) no C₄AF em menos de 50% de substituição, a pega na matriz cimentícia é acelerada; quando este teor passa dos 50%, ocorre o fenômeno inverso.

Fonte: CHANDRA (1996).

Conclui-se que apesar da suposta viabilidade da CCCC como adição mineral em 2,5% na matriz cimentícia, de modo geral, a cinza não apresenta viabilidade técnica, por motivo dos altos teores de álcalis, do fenol e dos metais pesados detectados na cinza, entre outras características que desfavorecem sua aplicação e podem ser prejudiciais para a estrutura em que for usada. Com isso, mostra-se necessário a realização de mais pesquisas que torne possível a utilização da CCCC, já que se trata de um material bastante perigoso ao meio ambiente, além do seu descarte ser inviável em aterros sanitários comuns (LIMA, 2008).

Outra aplicação é a produção de tijolo ecológico com adição do LCC. Por não contribuir com o desmatamento, não lançar resíduos de queima no ar no processo de fabricação, além de reduzir a necessidade de transporte, pois podem ser produzidos no local da obra usando o próprio solo disponível, o tijolo solo cimento surge como uma excelente alternativa de preservação do meio ambiente no setor da construção civil (GRANDE, 2003).

A composição dos tijolos é solo, cimento e água, podendo ainda ser incorporado à mistura cal ou aditivos químicos, até que as exigências físico-químicas da norma sejam atendidas. Neste caso, ensaios laboratoriais foram realizados para analisar o comportamento da mistura do LCC na produção de tijolos ecológicos. Na primeira etapa do teste foram fabricados tijolos com a mistura binária solo-cimento na proporção 10/1 e adição de água, na segunda, foi incorporado na mistura o Líquido Composto da Castanha de Caju (LCC). Foram feitos corpos de provas submetendo-as a testes de resistência a compressão, para então compará-los (MOTTA et al., 2014).

Os resultados foram satisfatórios, a NBR 10832/2012 e NBR 8491/2012 sugerem que blocos de solo-cimento apresentem resistência mínima maior ou igual a 1,7 MPa para valores individuais e de 2,0 MPa para valores médios. Os blocos confeccionados sem a adição de LCC apresentaram resistência à compressão de 3,09 MPa. Já os tijolos com adição de LCC apresentaram um valor médio de 3,26 MPa, valor esse 38,65% maior que o estabelecido pela ABNT e ligeiramente maior que o valor obtido nos blocos sem adição do LCC. Mostrando a eficácia da mistura do solo-cimento ao líquido composto do caju, esses valores se explicam pela melhor aderência conseguida com o uso do líquido como aglomerante (MOTTA et al., 2014).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos que buscam validar o uso de resíduos agroindustriais vêm ganhando notoriedades, como no caso da revisão apresentada nesse trabalho, que reforça a utilização da castanha do caju na indústria da construção civil. Pode-se concluir que a produção de tijolo ecológico com adição do LCC foi promissora, obtendo-se resultados expressivos com relações a resistência à compressão. Já o uso da CCCC em matrizes cimentícias não foi nada satisfatório, pois a forte presença de contaminantes e o baixo teor da incorporação na construção civil a torna pouco viável na produção de argamassas e concretos.

Sendo assim, visto a grande produção da castanha de caju no Brasil, faz-se necessário a realização de novos estudos sobre sua utilização, para melhor comprovação de seu potencial. Encontrando assim, a melhor forma possível de reaproveitar os resíduos da mesma, não os jogando de maneira incorreta no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

A CASTANHA do caju. 2018. Disponível em: < <http://www.mecol.com.br/portugues/informacajuebrasil.htm> >. Acesso em: 10 abr. 2018.

AFONSO, Ariston Alves; FLEURY, Nélío. **Para Conhecimento – História da Engenharia**. 2007, p. 1. Disponibilizado em: < <https://alexronald.wordpress.com/2007/06/30/para-conhecimento-historia-da-engenharia/> > . Acesso: 02 maio 2012

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: **Tijolo Maciço de Solo-cimento**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10832: **Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com utilização de prensa manual**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12653: **Materiais Pozolânicos**. Rio de Janeiro, 1992.

BALLANTYNE, Andrew. **As mais importantes edificações da pré-história à atualidade**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BAZZO, WALTER ANTÔNIO. **Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos** / Walter Antônio Bazzo, Luiz Teixeira do Vale Pereira. - Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006.

BRAGANÇA, L. E MATEUS, R (2004). **Avaliação da sustentabilidade da construção: desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação a sustentabilidade de soluções construtivas**. Congresso sobre construção sustentável: actas. Ordem dos Engenheiros.

CHANDRA, S. **Waste materials used in concrete manufacturing**. 1996. Edited by Satish Chandra. Building Materials Science. Noyes Publications: New Jersey.

CINCOTTO, M. A (2007). **Materiais pozolânicos**. Nota de aula da disciplina "Aglomerantes de argamassas e concretos". PCC/EPUSP.

FARIA, Caroline Conceição. **Construção Sustentável**. Disponível em: <
<https://www.infoescola.com/ecologia/construcao-sustentavel/>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

GRANDE, F. M. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com adição de sílica ativa. São Carlos: EESC-USP, 2003. 165p. Dissertação Mestrado.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <
<https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadcm>>. Acesso em: 15 de fev. 2018.

JOHN, V.M. **Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos**. In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUIS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, São Paulo, 1996. São Paulo, Anais. São Paulo, Antac, 1996. p. 21-30.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113 p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. G. Cinzas e aglomerantes alternativos. In: FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L. (Coord.). Tecnologias e materiais alternativos de construção. Campinas: Unicamp, 2003. p. 145-190.

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.

MANNAN, M. A.; GANAPATHY, C. (2004). Concrete from na agricultural waste oil-palm shell (OPS). **Building & Environment**. Vol. 39, p. 441-448.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. (1994). **Concreto – estrutura, propriedades, materiais**. São Paulo: PINI, p. 290-309.

Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Produtor de caju / Instituto Centro de Ensino Tecnológico. – 2. ed. ver. – Fortaleza: Edições Demócrito Rocha; 56p.: il. Color, 2004.

Ministério do Meio Ambiente. **Efeito Estufa e Aquecimento Global**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global>> Acesso em: 27 de março de 2018.

MOTTA, J.C.S.S.; MORAIS, P.W.P.; ROCHA, G.N.; TAVARES, J.C.; GONÇALVES, G.C.; CHAGAS, M.A.; MAGESTE, J.L.; LUCAS, T.P.B. **Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis**. E-xacta, Belo Horizonte, v.7, n.1, p. 13-26, 2014. Disponível em: < <http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/1038/665> >.

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

NOLASCO, A. M. **Utilização de resíduos da indústria de papel na produção de materiais para a construção civil**. São Carlos, 1993. p. 6-100. Dissertação (M. S.) Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

PAIVA, F. F. A.; GARRUTI, D. S.; SILVA NETO, R. M. **Aproveitamento industrial do caju**. Fortaleza: Embrapa/Sebrae, 2000.

RIBEIRO, Perla. **Lixo produzido anualmente pelo Brasil encheria 206 estádios do Morumbi**. 2017. Disponível em: <<http://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/lixo-produzido-anualmente-pelo-brasil-encheria-206-estadios-do-morumbi/>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

SANTO, Vítor Matheus Ferreira. **A importância do Engenheiro Civil na Sociedade**. Disponível em: < <http://www.rieli.com.br/profissao/pb33.htm> >. Acesso em 20 fev 2018.

SANTOS, R. P.; SANTIAGO, A. A. X.; GADELHA, C. A. A.; CAJAZEIRAS, J. B.; CAVADA, B. S.; MARTINS, J.L.; OLIVEIRA, T. M.; BEZERRA, G. A.; RINALDO, P. S.; FREIRE, V. N. Production and characterization of the cashew (*Anacardium occidentale* L.) peduncle bagasse ashes. **Journal of Food Engineering**. V. 79, p. 1432-1437, 2007.

SERRANO, Luiz Augusto Lopes; PESSOA, Pedro Felizardo Adeoadato de Paula. **Sistema de Produção do Caju**: Aspectos econômicos da cultura do cajueiro. 2016. Disponível em: < https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7705&p_r_p_-996514994_topicoId=10308 >. Acesso em: 20 fev. 2018.

SILVA, A. C.; LIMA, S. A.; CID, R. 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: X Encontro de Geógrafos da América Latina – EGAL. Anais... São Paulo – SP, 2005.

SILVA, M. G; SOUZA, F. L. S. (1995). **Proposta de utilização de resíduos da indústria de celulose e papel e entulho de obra em componentes de construção**. In: VI Encontro de Tecnologia no Ambiente Construído, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: ANTAC.

VARGAS, Milton. **História da engenharia de fundações no Brasil**. In: HACHICH; FALCONI; SAES; FROTA; CARVALHO; NIYAMA (Eds). Fundações: teoria e prática. 2 ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 34.