



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



**A HIDRÓLISE ALCALINA COMO ACELERADOR DA DEGRADAÇÃO DA CASCA
DO COCO SECO**

MANOEL FERREIRA DE AMORIM NETO

RIO LARGO - ALAGOAS

2020

MANOEL FERREIRA DE AMORIM NETO

**A HIDRÓLISE ALCALINA COMO ACELERADOR DA DEGRADAÇÃO DA CASCA
DO COCO SECO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias – CECA, da Universidade Federal de Alagoas - UFAL como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Dra. Tâmara Cláudia de Araújo Gomes

RIO LARGO - ALAGOAS

2020

Catalogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana

A524a Amorim Neto, Manoel Ferreira de.

A hidrólise alcalina como acelerador da degradação da casca
do coco seco. / Manoel Ferreira de Amorim Neto. – 2020.
30 f.: il.

Orientadora: Tâmara Cláudia de Araújo Gomes
Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal
de Alagoas. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo,
2020.

Bibliografia: f. 27 – 30.

1. Cal hidratada. 2. Fibra de coco. 3. Hidróxido de sódio.
4. Resíduo agroindustrial.

CDU:634.616

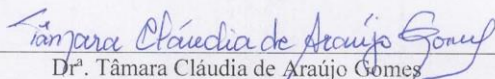
FOLHA DE APROVAÇÃO

MANOEL FERREIRA DE AMORIM NETO

**A HIDRÓLISE ALCALINA COMO ACELERADOR DA DEGRADAÇÃO DA
CASCA DE COCO SECO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à coordenação do curso de
Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias – CECA, da Universidade
Federal de Alagoas - UFAL como parte
dos requisitos para a obtenção do título
de Engenheiro Agrônomo e aprovação
em 04 de março de 2020.

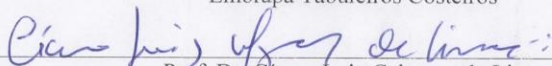
BANCA EXAMINADORA:



Dr. Tâmara Cláudia de Araújo Gomes

Orientadora

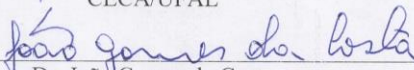
Embrapa Tabuleiros Costeiros



Prof. Dr. Cícero Luiz Calazans de Lima

Membro Titular da Banca

CECA/UFAL



Dr. João Gomes da Costa

Membro Titular da Banca

Embrapa Alimentos e Territórios

Primeiramente a Deus, nosso salvador, que me concede a vida, me protege e me guia Ao meu pai Manoel Ferreira Filho, que está com Deus me vigiando e me protegendo, minha mãe Gesilda Gomes Ferreira, minha irmã Paulangelica Gomes Ferreira e a toda minha família, que me apoiou para eu poder chegar onde cheguei.

DEDICO

Aos meus pais, a toda minha família, amigos e colegas profissionais que me ajudaram e contribuíram para a minha formação, a todos os professores e orientadores que contribuíram na construção do meu sonho.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre me protegeu e me guiou por todos os meus caminhos, senhor da vida, sempre presente na minha trajetória. À Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e ao Centro de Ciências Agrárias (CECA), e a todo corpo docente por formar cidadãos com senso crítico, pesquisadores e profissionais dedicados. A Embrapa Tabuleiros Costeiros por me proporcionar a experiência de ser um pesquisador, e a todos os ensinamentos construídos através do seu auxílio.

Aos pesquisadores Dr. João Gomes da Costa e a Dr^a. Tâmara Cláudia de Araújo Gomes em especial, por terem me dado a oportunidade de ser pesquisador, por todos os ensinamentos e conselhos que contribuíram para minha formação como profissional e como pessoa, agradeço por tudo.

Ao meu pai, Manoel Ferreira Filho, meu exemplo de caráter e integridade, que lutou e sonhou para me ver formado e que Deus o colocou em um novo plano, agradeço por tudo que sempre fez por mim, todo amor e carinho a que foi me dado! A minha mãe Gesilda Gomes Ferreira, minha rainha que batalhou e batalha para nos dar uma vida melhor, toda confiança, amor e carinho em todos os momentos, e que sempre sonhou em me ver formado, a vocês dois que são a base de tudo na minha vida. Aos dois todo meu amor, carinho e eterna gratidão.

À minha irmã, Paulangelica Gomes Ferreira, por ter me apoiado e me ajudado a construir minha vida profissional, todo meu amor e carinho.

À toda minha família, em especial minha avó Maria Angélica dos Santos Amorim, matriarca da minha família, com seus 93 anos de idade, exemplo de mulher guerreira; a meu avô Gerson Ferreira Gomes, que me apoia em minhas decisões e me aconselha; a meus tios Gilson, Genildo, Genilza, Gesilma e Geilson, por todo apoio, amor e carinho e aos meus primos Nichollas, Victor, Viviane, Vitória, Iris, Genilson, Gedilson e Ricardo, que me auxiliaram em diversas questões, me dando força em momentos difíceis, carinho e amor, agradeço.

A todos meus amigos, companheiros da vida, verdadeiros irmãos, Nyanne Narla em especial por ser minha companheira, estando em todos os momentos ao meu lado, Wallisson Carvalho, Caio César, Raphael Guedes, Mário de Oliveira, Francisco Junior, Bruno Bismarck, Rinysson Souza, Lucas Teixeira, Adelmo Machado e Valdemir, por todo amor e dedicação.

Aos meus amigos de graduação, o qual compartilhei momentos incríveis. À minha turma de Agronomia, Aleska Batista, Allan Hemerson, Allan Santana, Anderson Barcelos, Cláudio José, Clayton dos Santos, Ednaldo Barbosa, Gessyca Thays, Jessé Rafael, João Rodrigues, Khayke Fernando, Madson Correia, Manoel Mariano, Marcos Davi, Mirandy Dias, Ramon Souza, René Porciuncula, Rodney Cardoso e Romário Guimarães, obrigado. Agradeço em especial a Saniel Carlos, Fabiano Brito, Cicero Luiz e Renato Barboza por todo auxílio e todo os momentos que tivemos durante a graduação, construindo uma verdadeira amizade, obrigado.

Aos meus irmãos do 21º pelotão do Curso de Formação de Praças ano 2018 da Polícia Militar do Estado de Alagoas, o qual compartilhamos uma experiência incrível, que me fez crescer profissionalmente e como pessoa, obrigado.

A todos que contribuíram de qualquer forma para a minha formação acadêmica e profissional.

RESUMO

A cocoicultura é uma das principais atividades socioeconômicas da região do Nordeste, gerando empregos diretos e indiretos. Para fins não agrícolas, apenas parte das cascas geradas por esta grande quantidade de frutos é aproveitada e o excedente resulta em grandes problemas ambientais, causados por volumes significativos de resíduos. Nesse sentido, a reciclagem de resíduos orgânicos por meio da compostagem, constitui em uma alternativa importante para a utilização das cascas de coco na propriedade agrícola. No entanto, um dos desafios para o uso das cascas de coco seco para a obtenção de compostos orgânicos é a sua lenta degradação, resultante de sua alta relação C/N e alto teor de lignina, exigindo maior tempo de processamento. Uma estratégia potencial para a degradação das fibras do coco é o uso de agentes alcalinos, como a cal virgem, a cal hidratada ou o NaOH (hidrólise química). Tal pesquisa, tem como objetivo avaliar o efeito da hidrólise alcalina sobre o comportamento de parâmetros bioquímicos durante a incubação da casca de coco seco com cal hidratada e hidróxido de sódio. O experimento foi conduzido na Unidade de Execução e Pesquisa (UEP) da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Rio Largo, AL. Para tanto, amostras de 300 g (secas a 50 °C) de casca de coco seco trituradas, receberam 300 ml de soluções aquosas com doses crescentes de Ca(OH)_2 P.A. (0; 0,135; 0,270; 0,405 ou 0,540 mol L⁻¹) ou NaOH P.A. (0; 0,25; 0,5; 0,75 ou 1,0 mol L⁻¹) equivalentes à proporção de 0, 1, 2, 3 e 4% da massa seca de casca de coco seco. O ensaio foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com três repetições, sendo amostrado aos 0, 7, 15, 30 e 60 dias após início do ensaio. As amostras foram pesadas, secas a 50 °C, moídas e submetidas à determinação da condutividade elétrica (CE) e pH em água; matéria seca a 65 e 105°C, cinzas, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose. Para a comparação dos agentes químicos, os dados, obtidos em cada caráter avaliado, foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A avaliação do efeito das doses de Ca(OH)_2 e NaOH e tempo de incubação sobre a degradação da casca de coco, foi feita por meio de análise de regressão. Foram observados efeitos significativos tanto dos agentes alcalinos quanto das doses testadas. Ao final do período, o uso do NaOH resultou em maiores valores de pH, CE e de cinzas na CCS e a cal hidratada, foi mais efetiva em reduzir a FDN, FDA e os teores de celulose. O pré-tratamento da casca de coco seco para fins de compostagem por meio da hidrólise alcalina com Ca(OH)_2 , se mostrou mais adequado em acelerar a degradação desse resíduo que o NaOH. Seu uso permitiu significativo ataque as fibras da casca de coco seco, sem alterar características da quem possam vir a prejudicar seu uso para fins de compostagem.

Palavras-chave: cal hidratada, fibra de coco, hidróxido de sódio, resíduo agroindustrial.

ABSTRACT

Coconut cultivation is one of the main socioeconomic activities in the Northeast region, generating direct and indirect jobs. For non-agricultural purposes, only part of the skins generated by this large amount of fruit is used and the surplus results in major environmental problems, caused by significant volumes of waste. In this sense, the recycling of organic waste through composting is an important alternative for the use of coconut husks on the farm. However, one of the challenges for using dry coconut shells to obtain organic compounds is its slow degradation, resulting from its high C / N ratio and high lignin content, requiring longer processing time. A potential strategy for the degradation of coconut fibers is the use of alkaline agents, such as quicklime, hydrated lime or NaOH (chemical hydrolysis). Such research aims to evaluate the effect of alkaline hydrolysis on the behavior of biochemical parameters during the incubation of dry coconut shell with hydrated lime and sodium hydroxide. The experiment was conducted at Embrapa Tabuleiros Costeiros Research and Execution Unit (UEP), in Rio Largo, AL. For this purpose, samples of 300 g (dried at 50 °C) of crushed dry coconut shell received 300 ml of aqueous solutions with increasing doses of Ca (OH) 2 PA (0; 0.135; 0.270; 0.405 or 0.540 mol L⁻¹) or NaOH PA (0; 0.25; 0.5; 0.75 or 1.0 mol L⁻¹) equivalent to the proportion of 0, 1, 2, 3 and 4% of the dry mass of dry coconut shell. The assay was developed in a completely randomized design, in a 2 x 5 factorial scheme, with three replications, being sampled at 0, 7, 15, 30 and 60 days after the beginning of the assay. The samples were weighed, dried at 50 °C, ground and subjected to the determination of electrical conductivity (EC) and pH in water; dry matter at 65 and 105°C, ash, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (FDA) and hemicellulose. For the comparison of the chemical agents, the data, obtained in each evaluated character, were submitted to the analysis of variance and the averages, compared through the Tukey test, to 5% of probability. The evaluation of the effect of the doses of Ca (OH) 2 and NaOH and incubation time on the degradation of the coconut shell, was done through regression analysis. Significant effects were observed for both the alkaline agents and the doses tested. At the end of the period, the use of NaOH resulted in higher values of pH, EC and ash in the CCS and the hydrated lime was more effective in reducing the NDF, ADF and cellulose contents. The pre-treatment of the dry coconut shell for composting purposes by means of alkaline hydrolysis with Ca (OH) 2, proved to be more adequate in accelerating the degradation of this residue than NaOH. Its use allowed a significant attack on the fibers of the dry coconut shell, without altering the characteristics of those who may harm its use for composting purposes.

Key words: hydrated lime, coconut fibers, sodium hydroxide, agro-industrial waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fruto do coqueiro	15
Figura 2. Estrutura da fibra lignocelulósica	18
Figura 3. Modelo esquemático da lignina adaptada de Adler (1977)	20
Figura 4. Instalação física do ensaio de incubação de cascas de coco seco.	22
Figura 5. Determinação de pH em água (A), condutividade elétrica (B), fibra em detergente neutro (FDA), Fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina (C) e cinzas (D). obtidos ao longo de sessenta dias após o início da incubação de cascas de coco seco com doses crescentes de Ca(OH)_2 e NaOH , em laboratório.	23
Figura 6. Gráfico	26

LISTA DE TABELAS

Pg.

Tabela 1. Análise de variância geral dos dados obtidos aos sessenta dias após o início da incubação das cascas de coco seco (CCS) trituradas com diferentes doses de Ca(OH)_2 e NaOH em laboratório. Rio Largo, AL, outubro a dezembro de 2019. 24

Tabela 2 Valores médios dos dados obtidos aos sessenta dias após o início da incubação das cascas de coco seco (CCS) trituradas com Ca(OH)_2 e NaOH em laboratório. Médias de quinze repetições. Rio Largo, AL, outubro a dezembro de 2019..... 25

SUMÁRIO

	Pg.
1 1 INTRODUÇÃO.....	12
2 2 OBJETIVO.....	13
3 3 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 Taxonomia e aspectos botânicos	14
3.2 Origem e importância	15
3.3 Compostagem.....	16
3.4 Pré-Tratamento Químico	16
3.5 A Fibra Lignocelulósica.....	17
3.5.1 Celulose.....	18
3.5.2 Hemicelulose	19
3.5.3. Lignina	20
4 4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
5 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6 6 CONCLUSÃO.....	26
7 REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a agroindústria da polpa do coco seco, gera volumes significativos de resíduos. De acordo com a FAO (2019), a produção nacional de coco alcançou aproximadamente 2,4 milhões de toneladas na safra 2017. Para fins não agrícolas, apenas parte das cascas geradas por esta grande quantidade de frutos é aproveitada e o excedente resulta em grandes problemas ambientais. Por descascar os frutos na propriedade agrícola, são os produtores de coco seco que, em primeira instância assumem o passivo ambiental da geração das cascas decorrentes da industrialização do coco. Nos coqueirais, esse resíduo favorece a multiplicação de agentes causadores de doenças e de pragas que podem causar grandes prejuízos à própria cultura do coqueiro.

Nesse sentido, a reciclagem de resíduos orgânicos por meio da compostagem, constitui em uma alternativa importante para viabilizar a utilização das cascas de coco no âmbito da propriedade agrícola. Em anos recentes a compostagem tem sido reconhecida como uma alternativa ambientalmente sustentável para o manejo e reciclagem de resíduos orgânicos sólidos, objetivando a obtenção de produtos orgânicos de qualidade, conhecidos como compostos, usados como fertilizantes orgânicos (PAGANS et al. 2006). O processo da compostagem resulta na quebra e estabilização da matéria orgânica, redução de massa e volume por meio da evolução de CO₂ e evaporação de H₂O e destruição de patógenos e sementes de ervas espontâneas (SZANTO, et al., 2007).

No entanto, um dos desafios para o uso das cascas de coco seco para a obtenção de compostos orgânicos é a sua lenta degradação, resultante de sua alta relação C/N e alto teor de lignina, exigindo maior tempo de processamento. Quanto à relação C/N da casca de coco seco, ROSA et al. (2001) referem-se a valores que variaram de 74 a 186:1.

A fibra de coco é formada basicamente por celulose, hemicelulose e lignina além de pectina, e outras substâncias em menor proporção (ROCHA et al., 2015). A celulose é um polímero linear, contendo unidades de glicose e apresenta algumas regiões cristalinas. A hemicelulose é um polímero ramificado, feito de vários polissacarídeos. A Lignina é uma mistura amorfa e heterogênea de polímeros aromáticos condensados e monômeros de fenilpropano (DUCHESE e DANIEL, 1999). As fibras das cascas de coco têm percentual menor de celulose, entretanto a quantidade de lignina é muito grande em comparação a outras

fibras vegetais. O teor de lignina nas fibras é função da idade do fruto, sendo o percentual de cerca de 20% encontrado em fibras de coco jovem e 35% no fruto maduro (CASTRO, 2011).

Uma estratégia potencial para a degradação das fibras da casca do coco é o uso de agentes alcalinos, como a cal virgem, a cal hidratada ou o NaOH (hidrólise química) os quais solubilizam parcialmente a hemicelulose, expandem a celulose, causam a ruptura das pontes de hidrogênio, facilitando o ataque dos microrganismos à parede celular (JACKSON, 1977).

SILVA et al (2015) analisaram os efeitos de soluções aquosas alcalinas sobre a fibra de coco, em função do tempo. Esses autores verificaram modificações na superfície da fibra através da retirada dos constituintes superficiais, como cutículas, partículas globulares, cavidades e também lignina. As amostras submetidas à solução de NaOH 12,5 mol L⁻¹ sofreram uma degradação acentuada em um período de 81 dias, com a 67,95% de perda de massa das fibras de coco em relação à massa inicial.

FAVA et al. (2014) utilizaram a hidrólise alcalina com 1,6% de cal hidratada no tratamento da cama de ovinos a base de maravalha, e observaram que a técnica foi eficiente em reduzir os sólidos totais e hemicelulose durante a compostagem, aumentando a degradação de materiais ricos em fibra, e reduzindo o tempo do material nos pátios de compostagem.

2 OBJETIVO

GERAL:

- Avaliar o efeito da hidrólise alcalina sobre o comportamento de parâmetros bioquímicos e aceleração da degradação da casca de coco seco, durante sua incubação com cal hidratada e hidróxido de sódio.

ESPECÍFICOS:

- Obter indicadores que viabilizem a definição da dose, o tempo de contato da cal hidratada e NaOH e a necessidade da correção do pH ao final do período de pré-tratamento da casca de coco seco a ser utilizada para fins de compostagem.

3 REVISÃO DE LITERATURA

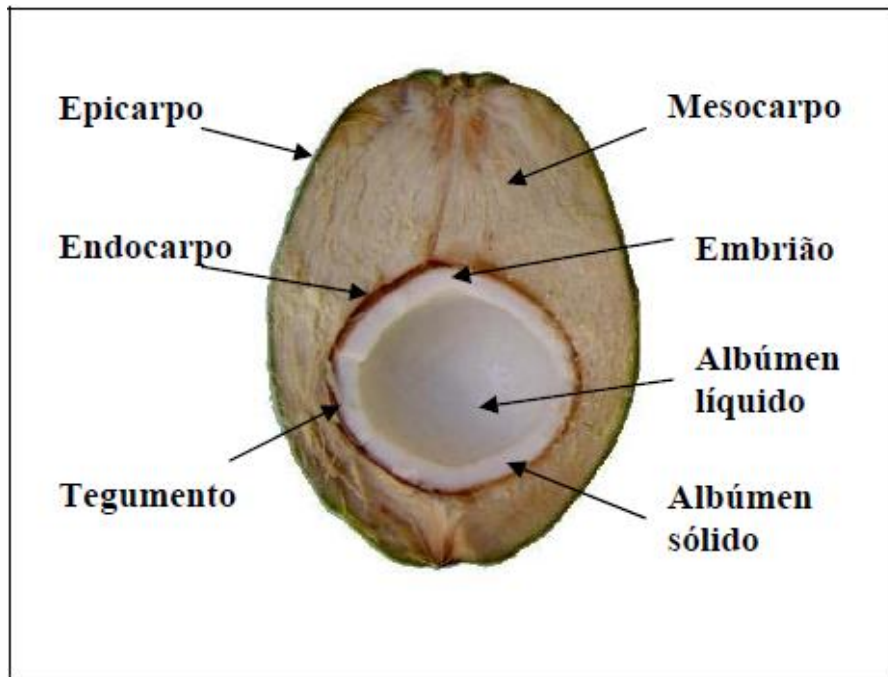
3.1 Taxonomia e aspectos botânicos

Etimologicamente, a palavra “coco” deriva do português que significa máscara ou cabeça e “nucifera”, do Latim “nucifer-a-um”, que emite nozes. Portanto, a denominação *Cocos nucifera* seria uma alusão à planta que emite nozes com aparência de cabeça. A espécie *Cocos nucifera* L., é uma entre aproximadamente 2600 espécies da família Arecaceae, que é uma das mais importantes dentro da classe Monocotyledoneae (BENASSI, 2006).

O gênero *cocus* é constituído apenas pela espécie *C. nucifera* L., a qual é uma espécie diplóide com número $2n = 32$ cromossomos. Essa espécie, por sua vez, é composta por algumas variedades, entre as quais as mais importantes, do ponto de vista agrônomo, socioeconômico e agroindustrial, são as variedades: *Typica*, chamada de variedade gigante e *Nana*, variedade anã. Os híbridos de coqueiro mais empregados atualmente são resultantes dos cruzamentos entre essas duas variedades (ARAGÃO, 2002).

O fruto do coqueiro (Figura 1) é botanicamente uma drupa monosperma, formada por uma epiderme lisa ou epicarpo de cor amarela, verde, vermelha ou ainda marrom, de acordo com a variedade considerada que envolve o mesocarpo espesso e fibroso e bem no interior, o endocarpo que é uma camada rígida. A semente, envolvida pelo endocarpo, é constituída por uma camada fina de cor marrom (o tegumento) que fica entre o endocarpo e o albúmen sólido. Este por sua vez, é uma camada carnosa, branca, muito oleosa, principalmente no fruto seco. A semente forma uma grande cavidade, onde se encontra o albúmen líquido, conhecido como água-de-coco (BITENCOURT, 2008).

Figura 1. Fruto do coqueiro.



Fonte: (BENASSI, 2006)

3.2 Origem e importância

No Brasil, o coqueiro, variedade gigante, foi introduzido por volta de 1553 no litoral, pela colonização portuguesa, oriundo da ilha de Cabo Verde que por sua vez foram originadas de plantações indianas. Desde então, a sua produção passou a ser desenvolvida em áreas litorâneas das regiões Norte, Nordeste e até mesmo Sudeste, devido às condições geoclimáticas favoráveis ao seu cultivo, tais como: taxa pluviométrica média entre 1500 a 1700 mm anuais; ocorrência de solos arenosos; e temperatura média anual em torno de 22° e 27° C (FONTES; FERREIRA, 2006).

Já o coqueiro variedade anã foi introduzido no Brasil pelos doutores Artur Neiva e Miguel Calmon, quando retornavam de uma viagem ao oriente em 1921, estimulados pela precocidade na produção e facilidade de colheita de frutos. Em termos de comercialização as variedades dos coqueiros gigantes e híbridas, o fruto é comercializado seco para a indústria de processamento. No caso do coqueiro-anão, o fruto é destinado basicamente para o mercado de coco verde, em função do consumo da água (ARAGÃO,2002).

É importante destacar o avanço desta cultura no Brasil que, em 1990 ocupava a 10ª posição no ranking mundial, com uma produção ao redor das 477 mil toneladas de coco (JESUS JUNIOR et al.,2013). Atualmente o país é o quinto maior produtor mundial com uma produção aproximada de 2,4 milhões de toneladas (FAO, 2019).

Pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, MARTINS E JESUS JR (2010), estimam que sejam descartados no Brasil cerca de sete milhões de toneladas de coco por ano. Este resíduo desencadeia um sério problema ambiental, uma vez que as cascas são encaminhadas para lixões e outras áreas consideradas inadequadas, tal material é considerado de difícil decomposição afetando a vida útil dos aterros sanitários, além de gerar desperdícios, constitui-se uma ameaça constante à qualidade de vida das populações e a contaminação ambiental, gerando possíveis contaminações do solo e lençol freático, emissões atmosféricas pelo gás metano e problemas a saúde humana pela potencial reprodução de vetores transmissores de doenças (ARAÚJO; MATTOS, 2010).

3.3 Compostagem

A compostagem é um dos métodos de gestão de resíduos sólidos que mais se destaca atualmente, devido a seu caráter sustentável e ambientalmente correto. Trata-se de um processo biológico, termofílico e controlado, no qual a matéria orgânica é biotransformada em material humificado, o qual é denominado composto orgânico, também considerado um fertilizante, podendo ser aplicado em diferentes culturas agrícolas (LOPES; VIDOTTI; MARTINS, 2017). Quando adequadamente adicionado ao solo, o composto orgânico promove vários benefícios, entre eles a adição de carbono (C) e nitrogênio (N) ao sistema e, melhora as suas características físicas, químicas e biológicas (FERREIRA, 2016).

Os resíduos utilizados na compostagem podem ser de origem urbana, industrial, agrícola e florestal (CERRI, 2008). A matéria orgânica que é transformada através de processos físicos, químicos e biológicos, efetuados em duas fases distintas. A primeira, da bioestabilização ou semi-maturação, quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termofílicas, e se eliminam as bactérias patogênicas; a segunda fase, da maturação, é quando ocorre a humificação (GOUVEIA, 2012).

A compostagem necessita de alguns fatores para garantir seu sucesso, sendo os principais: disponibilidade dos nutrientes e a composição dos materiais iniciais, temperatura, umidade, pH, tamanho das partículas e disponibilidade de oxigênio (LÓPEZ - GONZALES et al., 2015).

3.4 Pré-Tratamento Químico

Uma das formas de resolver o problema da baixa degradação de fibras das cascas de coco, seria seu pré-tratamento com agentes químicos tais como ácidos, bases e solventes

orgânicos. A resistência física que a fibra vegetal oferece a um composto é um somatório que se baseia nos seus três principais constituintes: celulose, hemicelulose e lignina. No pré-tratamento químico, as fibras vegetais sofrem degradação acelerada, com destruição parcial da sua estrutura e, conseqüentemente, diminuição drástica de suas propriedades físicas e químicas (PEREIRA et al., 2013).

Entre as opções de pré-tratamento, o alcalino tem alcançado destaque devido a possibilidade de ser realizado sob condições menos severas do que os necessários para o pré-tratamento ácido. Os métodos alcalinos utilizam, na sua maioria, produtos químicos tais como amoníaco, hidróxido de sódio, carbonato de sódio e hidróxido de cálcio.

As principais reações durante o pré-tratamento alcalino incluem a dissolução da lignina e hemicelulose, além de provocar mudanças nas propriedades físicas dos sólidos tratados. Tais modificações podem envolver a área de superfície, a porosidade e a cristalinidade (OLIVEIRA et al., 2014; KIM; LEE; KIM, 2016; SUN et al., 2016). GÓMEZ (2010) ressalta que, com o tratamento, observa-se o aumento da superfície do substrato por expansão das fibras e a modificação ou a remoção da hemicelulose e/ou da lignina faz com que a celulose se torne mais acessível para hidrólise enzimática.

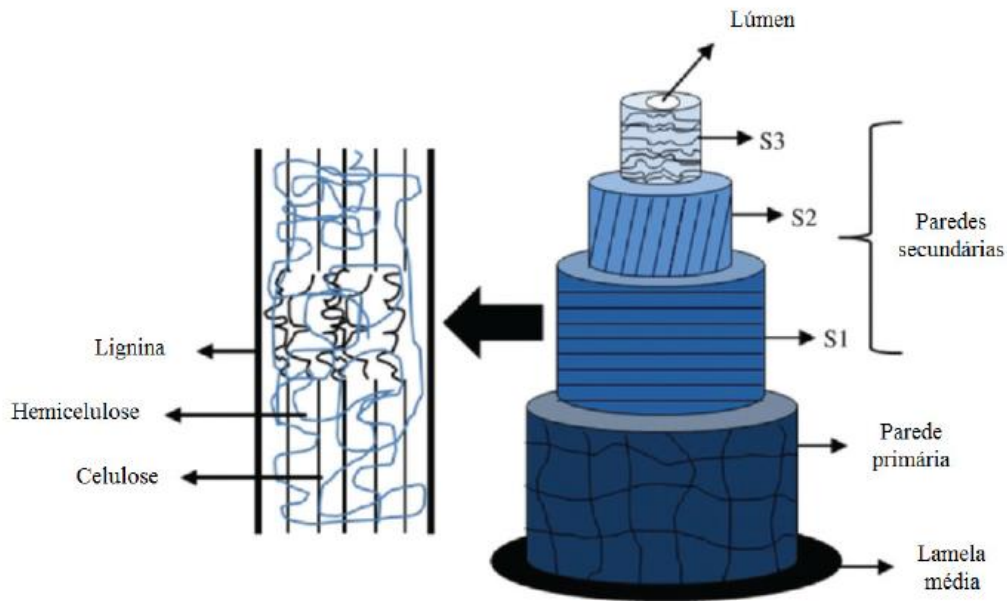
O hidróxido de sódio é um dos métodos químicos mais estudados. Sua aplicação leva à hidratação e distensão da celulose, quebra da estrutura da lignina e redução do grau de cristalinidade, aumentando a digestibilidade dos materiais celulósicos, aliado a isso a temperatura elevada quebra a lignina e hemicelulose em fragmentos solúveis e torna a celulose mais exposta às enzimas (ANDRADE et al., 2018)

3.5 A Fibra Lignocelulósica

A biomassa lignocelulósica é constituída basicamente por celulose (compreendendo 30 a 40%), hemicelulose (compreendendo 30 a 35%), caracterizada por estruturas de carboidratos complexos (xilose, arabinose, manose, glicose e galactose), e lignina (compreendendo 11 a 25%) (KOTARSKA et al., 2015).

A fibra vegetal lignocelulósica tem sua estrutura e propriedades definidas pelas células que a constituem e pela composição química das paredes celulares, que variam de acordo com a espécie a ser considerada, a estrutura vegetal de origem e com as condições do ambiente onde se desenvolveu a planta. As fibras possuem regiões cristalinas e amorfas interconectadas por lignina e hemicelulose. A parede celular é formada por diversas camadas, parede primária, parede secundária, que se divide em externa, média e interna (HENRIQUE *et al.*, 2015).

Figura 2. Estrutura da fibra lignocelulósica.



Fonte: (HENRIQUE et al., 2015)

Devido à sua heterogeneidade e cristalinidade, a utilização direta de biomassa por micróbios é extremamente lenta. A separação eficiente dos componentes da biomassa constitui um dos principais obstáculos para a utilização eficiente dos recursos renováveis (ABRAHAM *et al.*, 2011). Desta forma, o uso de pré-tratamentos de materiais lignocelulósicos aumentam as possibilidades de aplicação desses resíduos.

3.5.1 Celulose

Sendo um dos principais constituintes da parede celular e o polímero natural de maior ocorrência no mundo, a celulose provê resistência e rigidez à parede celular, assim impedindo que a célula se expanda, ocorrendo a ruptura da membrana plasmática, quando as condições osmóticas favorecem a entrada excessiva da água na célula (LEHNINGER, 2006). É representada pela fórmula molecular $(C_6H_{10}O_5)_n$, onde n representa o grau de polimerização que varia de uma espécie vegetal para outra (BRAGA, 2018).

A celulose é um polímero linear (não ramificado), que possui uma estrutura expressa em três níveis. O primeiro é definido pela sequência de resíduos β -D- glicopiranosídicos unidos por ligações covalentes, formando o homopolímero de anidroglicose com ligações β (1 \rightarrow 4) glicosídicas, de fórmula geral $(C_6H_{10}O_5)_n$. O segundo nível descreve a conformação molecular, é uma organização espacial das unidades repetitivas, e é caracterizado pelas distâncias das ligações e respectivos ângulos, bem como pelas ligações de hidrogênio

intermoleculares. O terceiro nível define a associação das moléculas, formando-se agregados com determinada estrutura cristalina. Os agregados fornecem a elevada resistência à tensão, tão importante para a celulose se tornar insolúvel em água e em grande número de outros solventes (BISPO, 2016).

Devido sua estrutura linear, suas moléculas formam ligações de hidrogênio entre os grupos OH de unidades de glicose adjacentes da mesma molécula de glicose, sendo essa ligação intermolecular responsável pela rigidez de sua estrutura. As moléculas de celulose se agregam na forma de fibrilas, originando fibras celulósicas, que estão envolvidas por uma matriz de hemicelulose e lignina (BRAGA, 2018).

A unidade repetitiva da celulose é composta por duas moléculas de glicose eterificadas por ligações β -1,4-glucosídicas, conhecidas como celobiose, que contém seis grupos hidroxila estabelecendo interações do tipo ligações de hidrogênio intra e intermolecular. Devido a essas ligações de hidrogênio há uma forte tendência de a celulose formar cristais que a tornam completamente insolúveis em água e na maioria dos solventes orgânicos. Além disso, essas ligações podem melhorar a interação entre polímero e fibra em compósitos poliméricos. Existem seis estruturas cristalinas da celulose: celulose I, celulose II, celulose III1, celulose III2, celulose IV1 e celulose IV2. Entre essas seis estruturas cristalinas, a celulose I é a mais estudada, pois sua estrutura cristalina é a forma encontrada na natureza, ou seja, é a forma nativa da celulose (SILVA et. al, 2009).

3.5.2 Hemicelulose

As hemiceluloses são heteropolissacarídeos complexos composta de cadeias menores se comparadas a da celulose, compostos por D-glicose, D-galactose, D-manose, D-xilose, L-arabinose, ácido D-glucurônico e ácido 4-O-metil-glucurônico. Sua composição química difere entre os vegetais, o tipo de tecido, o estágio, as condições de crescimento e os locais de armazenamento (TELEMAN, 2009). A hemicelulose é um polímero amorfo, classificado de acordo com os açúcares presentes em sua estrutura, como xilanas, galactanas, mananas, glucanas e galacturanas, podendo também conter outros açúcares em quantidades menos expressivas, como α -L-ramnose e α -L-fucose (CARVALHO, 2014).

A composição da hemicelulose, em termos de determinados componentes e quantidades de açúcar presentes em sua estrutura, varia muito de uma espécie de planta para outra, existindo, muitas vezes, dois ou vários tipos de hemiceluloses na mesma espécie com variações de composição nas diferentes partes macroscópicas da planta (por exemplo, ramos,

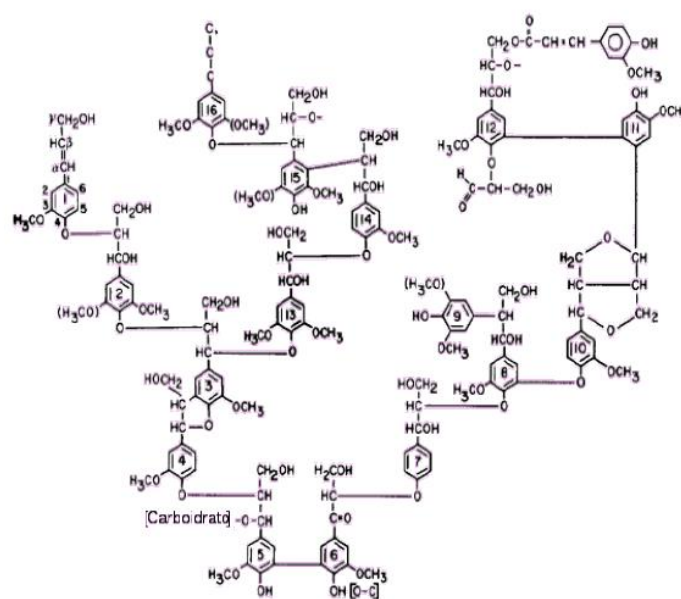
núcleo, fibras, nós e raízes), podendo também haver diferenças estruturais dentro das diferentes camadas da parede celular (BRAGA, 2018).

3.5.3. Lignina

Trata-se de um dos principais componentes dos tecidos de gimnospermas e angiospermas, ocorrendo em vegetais e tecidos vasculares. Sabe-se que a lignina tem um importante papel no transporte de água, nutrientes e metabólitos, sendo responsável pela resistência mecânica de vegetais, além de proteger os tecidos contra o ataque de microorganismos, vegetais primitivos como fungos, algas e líquens não são lignificados. A lignina é de grande interesse científico e econômica devido a sua natureza aromática e muito complexa. Existe uma grande diversidade na estrutura da lignina quando se passa de uma espécie vegetal para a outra, até mesmo dentro da mesma espécie, quando são analisadas partes diferentes do vegetal (SALIBA et al., 2001).

A lignina (Figura 3) é uma macromolécula amorfa, altamente complexa, formada pela polimerização de três álcoois precursores que dão origem às unidades fenilpropanóides denominadas siringil, guaiacil e p-hidroxifenil. Está presente na lamela média, parede primária e secundária das células diferenciadas (fibras, traqueídes, esclereídes) onde confere rigidez, resistência à compressão e o caráter hidrofóbico da matriz de polissacarídeos da parede celular (ARAÚJO, 2015).

Figura 3. Modelo esquemático da lignina adaptada de Adler (1977)



Fonte: (JESUS et al., 2015)

A constituição da lignina é difícil de ser estabelecida, pois sua formação é complexa, baseada em unidades fenilpropanides interligadas por diferentes ligações, além desse polímero sofrer modificações estruturais durante seu isolamento da parede celular. Nenhum método de obtenção e identificação da lignina é completamente fiel à estrutura da lignina *in situ* (protolignina), pois, durante o processo de preparação, ocorrem interações entre o procedimento e a molécula provocando modificação de sua estrutura (ARAÚJO, 2015).

Diferentemente da celulose e hemicelulose, sua estrutura não pode ser representada por uma combinação de unidades monoméricas ligadas pelo mesmo tipo de ligação química. É formada por moléculas de massa molar elevada que atuam como suporte para as fibras de celulose e também são constituídas por unidades básicas guaiacil e sinapil (BISPO, 2016).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foi estudada a dinâmica de parâmetros bioquímicos durante o processo de hidrólise alcalina da casca de coco seco, em ensaio de incubação em laboratório, na Unidade de Execução de Pesquisa da Embrapa Tabuleiros Costeiros, situada no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, localizado na BR 104 Norte, Km 85, em Rio Largo, AL.

Para tanto, amostras de 300 g (secas a 50 °C) de casca de coco seco trituradas (tritador de coco Laboremus, modelo TCL12) foram incubadas em bandejas de polietileno (45cm x 28 cm), onde receberam 300 ml de soluções aquosas com doses crescentes de Ca(OH)_2 P.A. (0; 0,135; 0,270; 0,405 ou 0,540 mol L⁻¹) ou NaOH P.A. (0; 0,25; 0,5; 0,75 ou 1,0 mol L⁻¹) equivalentes à proporção de 0, 1, 2, 3 e 4% da massa seca de casca de coco tratada (Figura 4). De forma a se diminuir a perda da umidade nos materiais incubados, as bandejas foram cobertas com filme plástico durante as duas primeiras semanas do ensaio, o qual foi perfurado de modo a permitir as trocas gasosas com o meio.

Após esse período, semanalmente o material incubado foi umedecido com 200 ml de água deionizada. O ensaio foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com três repetições. Durante o período de incubação de sessenta dias, de forma a se monitorar o processo, o material incubado foi amostrado ao 0, 7, 15, 30 e 60 dias após início da incubação.

Figura 4. Instalação física do ensaio de incubação de cascas de coco seco.



Fonte: (O autor. Rio Largo, AL, outubro a dezembro de 2019.)

As amostras foram pesadas, secas a 50 °C, moídas e submetidas à determinação do pH em água (relação CCS:água igual a 1:10) (Figura 5.A), condutividade elétrica (CE) (Figura 5.B) e matéria seca a 65 e 105°C e teor de cinzas por ignição em mufla a 550 °C por duas horas (Figura 5.D). As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram realizadas conforme proposto por VAN SOEST E WINE (1968), adotando-se modificações referentes ao emprego de saquinhos de TNT (tecido não-tecido) e uso de autoclave (CICHOSKI et al., 2009) (Figura 5.C).

Para a comparação dos agentes químicos (cal hidratada e NaOH), os dados obtidos em cada caráter avaliado foram submetidos à análise de variância. A avaliação do efeito das doses de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e NaOH sobre a degradação da casca de coco, foi feita por meio de análise de regressão utilizando-se o programa estatístico SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Figura 5. Determinação de pH em água (A), condutividade elétrica (B), fibra em detergente neutro (FDA), Fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose e lignina (C) e cinzas (D), obtidos ao longo de sessenta dias após o início da incubação de cascas de coco seco com doses crescentes de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e NaOH, em laboratório.



Fonte: (O autor, Rio Largo, AL, 2019.)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados obtidos mostrou (Tabela 1) que a maioria das variáveis consideradas foi modificada de modo significativo tanto pelas doses quanto pelos agentes alcalinos utilizados ($P < 0,01$). Só não foi observada distinção entre os efeitos da cal hidratada e do NaOH, sobre os teores de lignina e hemicelulose.

Tabela 1. Análise de variância geral dos dados obtidos aos sessenta dias após o início da incubação das cascas de coco seco (CCS) trituradas com diferentes doses de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e NaOH em laboratório. Rio Largo, AL, outubro a dezembro de 2019.

FV	GL	Quadrado Médio								
		Ph	CE	Cinzas	SVT ⁽¹⁾	FDN ⁽²⁾	FDA ⁽³⁾	Hemic ⁽⁴⁾	Celulose	Lignina
Doses (D)	4	4,432**	1,865**	37,407**	37,407**	33,813**	36,913**	0,225	2,843	21,439
Hidróxidos(H)	1	2,170**	4,540**	48,775**	48,775**	101,582**	70,099**	2,912	69,947**	0,0001
D x H	4	0,418**	0,438	11,461**	11,462**	2,540	0,538	0,999	11,564	12,005
Resíduo	20	0,040	0,289	1,583	1,583	5,718	5,100	2,286	7,204	8,214
CV (%)		2,93	11,92	10,51	1,43	3,00	3,24	25,20	9,18	7,08

** Significativo a 1% de probabilidade. ⁽¹⁾ SVT = sólidos voláteis totais; ⁽²⁾ FDN = Fibra insolúvel em Detergente Neutro; ⁽³⁾ FDA = Fibra insolúvel em Detergente ácido; ⁽⁴⁾ Hemic = Hemicelulose.

No início do período de incubação, o pH, a CE e o teor de cinzas da CCS eram, respectivamente, 5,25, 3,96 mS/cm e 8 %. A FDN e a FDA iniciais estiveram, respectivamente, em torno de 78,62 e 74,54 %. Os teores iniciais de celulose (38,32 %) e de lignina (36,22 %) da CCS foram menores que aqueles reportados por MOHANTY et al. (2000), os quais observaram teores de 36 a 43 % de celulose e 41 a 45% de lignina. FARUK et al. (2012) também se refere a faixas de valores de 32 a 43 % de celulose e 40 a 45 % de lignina, mas a valores muito menores de hemicelulose (0,15 a 0,25 %) que os encontrados no início do ensaio (4,08 %).

Ao final do período, o uso do NaOH resultou em maiores valores de pH, CE e de cinzas na CCS que aqueles proporcionados pelo $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Tabela 2). Por sua vez, a hidrólise alcalina resultante do uso da cal hidratada, foi mais efetiva em reduzir a FDN, FDA e os teores de celulose da CCS que o NaOH.

Tabela 2. Valores médios dos dados obtidos aos sessenta dias após o início da incubação das cascas de coco seco (CCS) trituradas com Ca(OH)_2 e NaOH em laboratório. Médias de quinze repetições. Rio Largo, AL, outubro a dezembro de 2019.

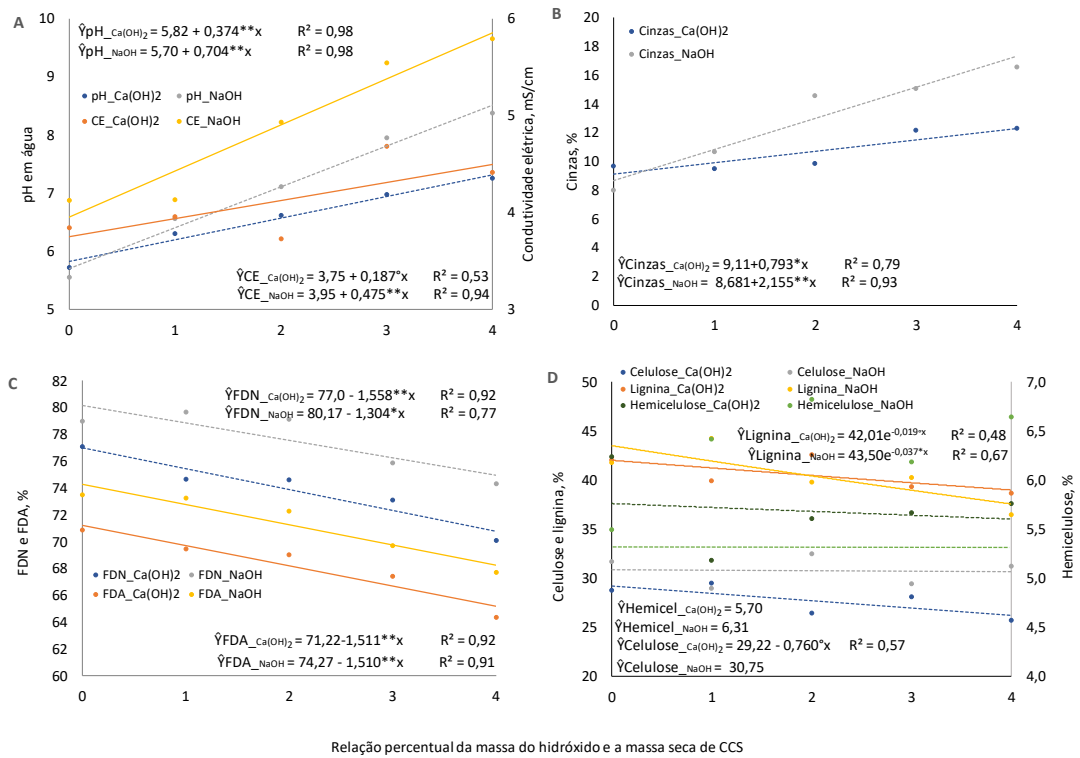
Agente alcalino	Ph	CE	Cinzas	SVT	FDN	FDA	Hemicel	Celulose	Lignina
		(mS/cm)				(%)			
Ca(OH)₂	6,57 B	4,12 B	10,69 B	89,31 A	73,88 B	68,19 B	5,69	27,70 B	40,50
NaOH	7,11 A	4,90 A	13,24 A	86,76 B	77,56 A	71,25 A	6,31	30,75 A	40,50

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($p < 0,01$). SVT = sólidos voláteis totais; FDN = Fibra insolúvel em Detergente Neutro; FDA = Fibra insolúvel em Detergente ácido; Hemicel = Hemicelulose.

Para a maioria das variáveis consideradas, os dados obtidos em função dos aumentos das doses dos agentes alcalinos, apresentaram ajuste linear (Figura 6). Ao final do período de incubação, embora o aumento do pH da casca de coco seco tenha se mostrado altamente correlacionado tanto com o aumento das doses do Ca(OH)_2 quanto do NaOH ($r = 0,9905$ e $r = 0,9919$, $P < 0,01$, respectivamente), este último proporcionou aumentos mais expressivos (Figura 6A). O acréscimo de 3 e 4 % de NaOH elevaram o pH a valores médios de 7,95 e 8,38, os quais predisporiam a maiores perdas de amônia por volatilização durante processos de compostagem, a qual pode ser particularmente alta em pH maiores que 7,5 (BERNAL et al., 2009). O aumento das doses do NaOH também influenciaram mais fortemente a condutividade elétrica e o teor de cinzas da CCS que àquelas do Ca(OH)_2 .

Embora o aumento das doses do Ca(OH)_2 e NaOH tenham fortemente influenciado a FDN ($r = -0,9969$, $P < 0,01$ e $r = -0,8795$, $P < 0,05$, respectivamente) e a FDA ($r = -0,9969$ e $r = -0,8795$, $P < 0,01$, respectivamente), o efeito foi discreto sobre a lignina ($r = -0,6885$, $P < 0,1$ e $r = -0,8100$, $P < 0,05$, respectivamente) e celulose ($r_{\text{Ca(OH)}_2} = -0,7539$, $P < 0,1$), e não influenciou os teores de hemicelulose.

Figura 6. Gráfico



Fonte: (o autor, 2019).

6 CONCLUSÃO

O pré-tratamento da casca de coco seco para fins de compostagem por meio da hidrólise alcalina com cal hidratada, se mostrou mais adequado em acelerar a degradação desse resíduo que o NaOH. Seu uso permitiu significativo ataque as fibras da casca de coco seco, sem alterar características da quem possam vir a prejudicar seu uso para fins de compostagem.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, E.; DEEPAA, B.; POTHAN, L.A.; JACOB, M.; THOMAS, S.; CVELBAR, U.; ANANDJIWALA, R. Extraction of nanocellulose fibrils from lignocellulosic fibres: a novel approach. **Carbohydrate Polymers**. v.86, p.1468–1475, 2011.
- ANDRADE, Thaysi Castro Coelho et al. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PRÉ-TRATAMENTO QUÍMICO E FÍSICO SOB A CARACTERIZAÇÃO DAS FRAÇÕES CELULOSE E LIGNINA DE DIFERENTES BIOMASSAS E SEU POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [s.l.], v. 11, n. 3, p.955-974, 27 set. 2018. Centro Universitario de Maringa.
- ARAGÃO, W. M. **Coco: pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 76 p. (Frutas do Brasil, 29).
- ARAÚJO, A. C.; MATTOS, K. M. C.; A Inserção da Logística Reversa como Fator de Competitividade Visando Melhorias do Meio Ambiente: Um Estudo em uma Indústria de Envasamento da Água do Coco Verde (Cocos Nucifera L). **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção Maturidade e Desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente**. São Carlos, SP, 2010.
- ARAÚJO, Ana Clara Caxito de. **Composição química monomérica da lignina da madeira de Eucalyptus spp. para produção de carvão vegetal**. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- _____. **Composição química monomérica da lignina da madeira de Eucalyptus spp. para produção de carvão vegetal**. 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- BERNAL, M. P., ALBURQUERQUE, J. A., & MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource technology**, v. 100, n. 22, p. 5444-5453, 2009.
- BENASSI, A.C. **Caracterizações biométrica, química e sensorial de frutos de coqueiro variedade Anã Verde**. 2006. 98 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.
- BISPO, Viviane Gomes. **Estudo de diferentes pré-tratamentos do bagaço da cana-de-açúcar para a produção do etanol de 2ª geração**. 2016. 38 f. Trabalho de Conclusão de curso - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.
- BITENCOURT, D. V. **Potencialidades e estratégias sustentáveis para o aproveitamento de rejeitos do coco (Cocos nucifera L.)**. São Cristovão, Sergipe, 2008. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Sergipe, 2008
- BRAGA, Roberta da Silva. **Desenvolvimento de filme polimérico à base de hemicelulose extraída do bagaço de cana-de-açúcar**. 2018. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Campus Universitário de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.

CASTRO, C. D. P. D. C. **Avaliação da fibra de coco verde como material de acolchoamento em sistemas de embalagens para mamão e manga**. Tese Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2011.

CARVALHO, Fernanda Machado Mendes. **Caracterização ultraestrutural e hidrólise enzimática de cana-de-açúcar e bagaço pré-tratados quimio-mecanicamente**. 2014. 159 f. Tese ((Doutorado em Ciências com ênfase em Biotecnologia Industrial) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

CERRI, C.E.P. **Compostagem**. São Paulo: Programa de Pós – Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo. 2008.19 p.

CICHOSKI, E.; SANTOS, G.T.; SILVA, G.T.; CECATO, U.; SANTOS, W.B.R.; MARTINS, E.N.; GASPARINO, E. Diferentes tipos de sacos para análise de digestibilidade in vitro de forrageiras. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 58, n. 224, p. 749-752, 2009.

DUCHESE, I.; DANIEL, G. Wood ultrastructure of wood fibre surfaces as shown by a variety of microscopical methods—a review. **Nordic Pulp Paper Research Journal**, J., v.14, n.2, p.129–38, 1999.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS/**Agricultural statistic database**. Roma. World Agricultural Information Center. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 07 de maio. de 2019.

FARUK, O.; BLEDZKI, H.; FINK, H.P.; SAIN, M. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010. **Progress Polymer Science**, v.37, p.1552-1596, 2012.

FAVA, A. F.; ORRICO, A. C. A.; PREVIDELLI, M. A.; JUNIOR, O.; SIMM, S.; DE CASTRO, A. N. **Efeito da hidrólise alcalina sobre o processo de compostagem da cama de ovinos**. ENEPEX 2014. Disponível em <http://eventos.ufgd.edu.br/enepex/anais/arquivos/237.pdf>. Consultado em 07/11/2016.

FERREIRA, D. A. C. **Compostagem de resíduos biodegradáveis e seus efeitos na produção da alfaca**. 2016. 105f. Dissertação (Mestrado em manejo de solo e água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2016.

FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S. **A cultura do coqueiro (Coleção Plantar)**. — Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 101p.

GÓMEZ, S. M. R. **Pré-tratamento e Hidrólise Enzimática do Bagaço de Cana-de-açúcar**. Campinas, SP: [s.n.], 2010.

GOUVEIA, J.G. **Diretrizes para uso de composto orgânico na agricultura: proposta para municípios com até 100.000 habitantes**. 2012. 94 p. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d’Oeste

HENRIQUE, P.; PEREIRA, F.; ROSA, M. D. F.; ODILA, M.; CIOFFI, H.; CRISTINA, K.; CARVALHO, C. DE; MILANESE, A. C.; JACOBUS, H.; VOORWALD, C.; MULINARI, D. R. **Vegetal fibers in polymeric composites** : a review. v. 25, n. 1, p. 9-22, 2015.

JACKSON, M.G. Review article: the alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v.2, n.2, p.105-130, 1977.

JESUS, R. A. et al. Aplicabilidade da lignina no tratamento de resíduos aquosos. In: **simpósio de engenharia de produção de sergipe**, 7., 2015, São Cristóvão. Anais eletrônicos... São Cristóvão: DEPRO/UFS, 2015, p. 526-538.

JESUS JUNIOR, L. A.; TOMMASI, A. C. OLIVEIRA JÚNIOR, A. M.; RUSSO, S. L. Análise da produção de coco no Estado de Sergipe frente ao crescimento da cultura no Nordeste e no Brasil. **Revista Geintec**, v. 3, p. 400-408. 2013.

KOTARSKA, K.; SWIERCZYNSKA, S.; DZIEMIANOWICZ, W. Study on the decomposition of lignocellulosic biomass and subjecting it to alcoholic fermentation. **Study on the decomposition of lignocellulosic biomass. Renewable Energy**. v.75, p.389-394, 2015.

KIM, J. S.; LEE, Y. Y.; KIM, T. H. A review on alkaline pretreatment technology for bioconversion of lignocellulosic biomass. **Bioresource Technology**, v. 199, p. 42- 48, 2016.

LEHNINGER, A. L. **Lehninger princípios de bioquímica** / coordenação de tradução Arnaldo Antonio Simões, Wilson Roberto Navega Lodi. 4. ed. São Paulo: SARVIER, 2006.

LÓPEZ - GONZALES, J.A.; SUÀREZESTRELLA, F.; VARGAS GARCIA, M.C.; LÓPEZ, M.J.; JURADO, M.M.; MORENO, J. **Dynamics of bacterial microbiota during lignocellulosic waste composting: studies upon its structure, functionality and biodiversity**. *Bioresource Technology*, v.175, p.406-416, 2015.

LOPES, I. G.; VIDOTTI, R. M.; MARTINS, A. L. M. Compostagem Orgânica: Método eficiente para a gestão de resíduos de animais da aquicultura. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 14, n. 1, Jan-Jun 2017.

MARTINS, C. R.; JESUS Jr., L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf. Consultado em: 10/11/2016.

MOHANTY, A. K., MISRA, M., & HINRICHSEN, G. Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: an overview. **Macromolecular materials and Engineering**, v.276, n.1, p.1-24, 2000.

OLIVEIRA, L.R.M.; NASCIMENTO, V.M; GONÇALVES, A.R.; ROCHA, G.J.M. Combined process system for the production of bioethanol from sugarcane straw. **Industrial Crops and Products**. v.58, p.1-7. 2014.

PAGANS, E.; BARRENA, R.; FONT, X. & SANCHEZ, A. 2006. Ammonia emissions from the composting of different organic wastes: dependency on process temperature. **Chemosphere**, 62: 1534-1542.

PEREIRA, C. L.; SAVASTANO JUNIOR, H.; PAYÁ, J.; SANTOS, S. F.; BORRACHERO, M. V.; MONZÓ, J.; SORIANO, L. **Use of highly reactive rice husk ash in the production of cement matrix reinforced with green coconut fiber**. *Industrial Crops and Products*, v. 49, p. 88-96, 2013.

ROCHA, A. M., SILVA, M. S., FERNANDES, F. M., SOARES, P. M., KONISHI, F. Aproveitamento de fibra de coco para fins energéticos: revisão e perspectivas. **10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural – AGRENERGD2**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

ROSA, M. de F.; ABREU, F. A. P. DE; FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. de V. **Processo agroindustrial: obtenção de pó de casca de coco verde**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 3p. (Comunicado Técnico, 61).

SALIBA, E. O.; RODRIGUEZ, N. M.; MORAIS, S.A.; PILÓ-VELOSO, D. Ligninas-método de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**. v.31,n.5 ,p.917-928,2001.

SILVA, E. J.; MARQUES, M. L.; VELASCO, F. G.; FORNARI JUNIOR, C.; LUZARDO, F. H. Degradação da fibra de coco imersa em soluções alcalinas de cimento e NaOH. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v.19, n.10, p.981-988, 2015.

SILVA, R., HARAGUCHI, S. K., MUNIZ, E. C., & RUBIRA, A. F. Applications of Lignocellulosic Fibers in Polymer Chemistry and in Composites. **Aplicações de fibras lignocelulosicas na quimica de polimeros e em compositos**, v. 32, n. 3, p. 661-671, 2009.

SZANTO, G.L.; HAMELERS, H.V.M.; RULKENS, W.H. & VEEKEN, A.H.M. 2007. NH₃, N₂O and CH₄ emissions during passively aerated composting of straw-rich pig manure. **Bioresource Technology**, 98: 2659-2670.

SUN, S.; SUN, S.; CAO, X.; SUN, R. The role of pretreatment in improving the enzymatic hydrolysis of lignocellulosic materials. **Bioresource Technology**, v. 199, p. 49-58, 2016.

TELEMAN, A. Hemicelluloses and Pectins. In: GELLERSTEDT, M. EK. G.; HENRIKSSON, G. **Wood Chemistry and Wood Biotechnology**. Stockholm: De Gruyter, 2009. v. 1, p. 102-120.

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal of Association of Official Agricultural Chemists**, Baltimore, v. 51, p. 780-785, 1968.