



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA E FÍSICO-QUÍMICA
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA

FRANCISCO ERIVELTON DE SOUZA MENEZES

**TRATAMENTO DA FIBRA DA CASCA DE COCO VERDE AVALIANDO A
CONCENTRAÇÃO DE H₂O₂ E A EXPOSIÇÃO DO SISTEMA REACIONAL À
RADIAÇÃO SOLAR**

FORTALEZA

2018

FRANCISCO ERIVELTON DE SOUZA MENEZES

TRATAMENTO DA FIBRA DA CASCA DE COCO VERDE AVALIANDO A
CONCENTRAÇÃO DE H₂O₂ E A EXPOSIÇÃO DO SISTEMA REACIONAL À
RADIAÇÃO SOLAR

Monografia apresentada ao Curso de Química do Departamento de Química Analítica e Físico-Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Química com Habilitação Industrial.

Orientadora: Prof. Dra. Ruth Maria Bonfim Vidal

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M511t Menezes, Francisco Erivelton de Souza.
Tratamento da fibra da casca de coco verde avaliando a concentração de H₂O₂ e a exposição do sistema reacional à radiação solar / Francisco Erivelton de Souza Menezes. – 2018.
52 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Química, Fortaleza, 2018.
Orientação: Profa. Dra. Ruth Maria Bonfim Vidal.
1. Fibra de coco. 2. Lignina. 3. Holocelulose. 4. Radiação solar. 5. Peróxido de hidrogênio. I. Título.
CDD 540
-

FRANCISCO ERIVELTON DE SOUZA MENEZES

TRATAMENTO DA FIBRA DA CASCA DE COCO VERDE AVALIANDO A
CONCENTRAÇÃO DE H₂O₂ E A EXPOSIÇÃO DO SISTEMA REACIONAL À
RADIAÇÃO SOLAR

Monografia apresentada ao Curso de Química
do Departamento de Química Analítica e
Físico-Química da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Química com Habilitação
Industrial.

Aprovada em ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Ruth Maria Bonfim Vidal (Orientadora Pedagógica)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Ana Iraidy Santa Brígida (Orientadora Profissional)
Embrapa Agroindústria Tropical

Ms. Juliana Monteiro da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais Francisco (*in memoriam*) e
Lúcia.

“Seja menos curioso sobre as pessoas e mais curioso sobre as ideias.”

Marie Curie

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ajudar a vencer cada obstáculo encontrado até aqui, por não ter desistido de mim em nenhum momento e por ter me renovado sempre que eu estava sem forças para seguir adiante.

Aos meus pais, Francisco de Assis Menezes (*in memoriam*) e Francisca Lúcia de Souza Menezes, por terem acreditado em mim desde o início, por terem me educado e cuidado de mim, além de terem me ensinado os princípios éticos para a vida em sociedade e por cada precioso conselho que me deram. Quero agradecer ainda por terem sido os primeiros a me motivar e me ajudar, e por terem contribuído imensamente na minha formação humana e profissional.

À minha noiva Vânia Reis, que esteve sempre me mostrando o lado positivo da vida. Agradeço ainda pela sua imensa compreensão e por ter me motivado a acreditar nos meus sonhos e em mim, mesmo quando eu era incapaz de acreditar. Afinal, se eu não sonhasse junto contigo, não teria chegado aqui.

À minha irmã, Eveline por me mostrar que cada pessoa ama de uma forma diferente. E que, da sua maneira, me deu apoio incondicional para que eu chegasse aqui, sempre junto do meu cunhado, Edson.

Ao meu sobrinho e afilhado Diogo, que mesmo ainda não sabendo disso, me deu forças para lutar, todas as vezes que olhou nos meus olhos com um sorriso no rosto.

À minha orientadora Ruth Vidal por cada palavra de motivação, pela disponibilidade e pela compreensão. Agradeço ainda por acreditar no meu potencial (*químico*) e por me incentivar a fazer a diferença. Agradeço ainda pela motivação diária para que pudesse fazer o meu melhor nesse meio acadêmico, que nos desafia sempre mais.

À Dra. Ana Iraidy por ter me acompanhado e mostrado durante esse processo de aprendizado que existem sempre outros caminhos a serem trilhados; além de me mostrar sempre que os desafios apresentados pela ciência servem para nosso fortalecimento.

À Jessica Almeida por ter me dado todo o suporte necessário para que esse trabalho pudesse ser concluído; tanto na parte experimental quanto na parte escrita.

Aos meus amigos Marcos, Gleiciany, Lidiane, Carine, Neilyane, Angélica, Monica, Matheus e Rodrigo. Meu muito obrigado por terem compartilhado esses “dias de luta” comigo.

Aos meus amigos mais antigos, Eric, Raildo, Felipe (meu primo mais próximo) e Lucas, por terem permanecido em minha vida, mesmo após vários anos.

À Embrapa por ter cedido um espaço incrível para o desenvolvimento desse projeto, e por ter me dado a oportunidade de vivenciar novos desafios todos os dias.

Aos companheiros do Laboratório Tecnologia da Biomassa por terem me ajudado sempre que eu precisei nesse período tão corrido da minha graduação.

Agradeço a cada um que contribuiu de forma direta ou indireta para minha formação humana e acadêmica.

RESUMO

A casca do coco verde é um resíduo volumoso e que não possuía muitas tecnologias que agreguem alto valor em seu reaproveitamento. Esse reaproveitamento pode ser a utilização da fibra como adsorvente de metais ou como imobilizador de lipases visando aplicação industrial. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da concentração de H_2O_2 e da exposição do sistema reacional à radiação solar na fibra da casca de coco verde tratada.

Para tanto, as reações de oxidação foram conduzidas com temperatura controlada em 50 °C e sob agitação, seguindo as proporções indicadas na metodologia de referência (2,0 g de fibra de coco para cada 40 mL de solução). As concentrações das soluções de H_2O_2 utilizadas foram 4,5%; 7,5%; 10,5%; 13,5% e 16,5%; realizadas com pH ajustado em 11,5. Posteriormente, avaliou-se o efeito da radiação solar (UV) no sistema reacional com concentração 4,5% de H_2O_2 .

Foram quantificados lignina, holocelulose e hemicelulose; a hemicelulose, juntamente com a α -celulose, é quantificada indiretamente através da adição de NaOH 17% (m/V) a uma massa de holocelulose. Foram quantificados também cinzas e extrativos na fibra após o tratamento de referência e após o tratamento utilizando solução 4,5% de H_2O_2 com pH 11,5.

Verificou-se que a quantidade de lignina foi 11,5% na fibra tratada com o método de referência, enquanto foi determinado um teor de 8,4% na fibra tratada com solução 4,5% de H_2O_2 em pH 11,5. A análise de termogravimetria mostrou que o T onset da análise, em temperatura referente à temperatura de degradação da lignina, mostrou que a perda de massa foi menor, sendo de 71,04% para a fibra tratada de referência, 62,65% para a fibra tratada com solução de H_2O_2 com pH ajustado em 11,5 e uma média de 61,2% para as fibras tratadas com efeito de radiação ultravioleta

Com as análises de Colorimetria observou-se um melhor branqueamento da fibra através dos processos de oxidação com exposição do sistema reacional à radiação solar em comparação aos demais sistemas. Notou-se ainda que as modificações propostas resultaram em uma melhor estabilidade térmica, em comparação com o método de referência.

Conclui-se que existe um potencial para utilização do tratamento da fibra da casca de coco verde com 4,5% em pH 11,5. Entretanto, a utilização de energia solar causou algumas variações nas composições químicas da fibra tratada, tornando o processo não tão vantajoso.

Palavras-chave: fibra de coco, oxidação lignina, hemiceluloses, holocelulose, radiação solar, peróxido de hidrogênio

ABSTRACT

Green coconut shell is bulky waste that hasn't many exploitation technologies to add high value to reuse that. This reuse may be the exploitation of the fiber as metal adsorbent or as a lipase immobilizer for industrial application.

The purpose of this work was to evaluate the effect of H₂O₂ concentration and the exposure of the reaction system to solar radiation on the treated fiber.

For that, oxidation reactions were conducted at controlled temperature at 50 °C and with agitation, following the proportions indicated in the reference methodology (2.0 g of coconut fiber for each 40 mL of solution). The concentration of the H₂O₂ solution used were 4.5%; 7.5%; 10.5%; 13.5% and 16.5%; pH adjusted to 11.5. Subsequently, the effect of solar radiation (UV) in the reaction system with concentration of 4.5% of H₂O₂ was evaluated.

Lignin, holocellulose and hemicellulose were quantified; hemicellulose, together with α -cellulose, is quantitated indirectly by the addition of 17% NaOH (w/v) to a holocellulose mass. Ashes and extractives were also quantified in the fiber after the reference treatment and after the treatment using a solution of 4.5% H₂O₂ with pH 11.5.

The amount of lignin was 11.5% in the fiber treated with the reference method, while an 8.4% content in the treated fiber was determined with 4.5% H₂O₂ solution at pH 11.5. The analysis of thermogravimetry showed that the T onset of the analysis, at the temperature related to the degradation temperature of the lignin, showed that the loss of mass was lower, being 71.04% for the reference treated fiber, 62.65% for the fiber treated with H₂O₂ solution with a pH adjusted at 11.5 and a mean of 61.2% for fibers treated with ultraviolet radiation.

With the analysis of colorimetry, it was observed a better bleaching of the fiber through the oxidation processes with exposure of the reaction system to the solar radiation in comparison to the other systems. It was further noted that the proposed modifications resulted in improved thermal stability compared to the reference method.

From the results obtained, it is concluded that there is a potential for the use of the treatment of green coconut shell fiber with 4.5% at pH 11.5. However, the use of solar energy caused some variations in the chemical compositions of the treated fiber, making the process not so advantageous.

Keywords: coconut fiber, oxidation, lignin, hemicelluloses, holocellulose, solar radiation, hydrogen peroxid

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Camadas do coco verde	17
Figura 2 - Exemplo de parede celular vegetal	18
Figura 3 - Estrutura molecular da lignina	19
Figura 4 - Estrutura molecular da celulose	20
Figura 5 - Componentes da hemicelulose.....	21
Figura 6 - Sistema para oxidação da FCCV utilizando radiação UV	27
Figura 7 - Comparação das Análises de MEV: FTR (a), 4,5% (b), 7,5% (c), 10,5% (d), 13,5% (e) e 16,5% (f).....	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Rendimento percentual de cada tratamento	35
Gráfico 2 - Comparação dos compostos detectados por CLAE em cada concentração na curva lignocelulósica	39
Gráfico 3 - Curva lignocelulósica de CLAE para reações com UV	39
Gráfico 4 - Comparação entre tratamento com e sem efeito de UV.....	40
Gráfico 5 - Comparação da estabilidade térmica da FCCV referente a cada tratamento	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre as categorias e suas respectivas faixas de IUUV	22
Tabela 2 - Reagentes utilizados nos procedimentos experimentais	25
Tabela 3 - Volumes utilizados de H ₂ O ₂ e H ₂ O para obtenção das concentrações desejadas ...	26
Tabela 4 - Variações de IUUV nas datas de realização das oxidações utilizando Raios UV como catalisador.....	27
Tabela 5 - Teor de umidade obtido por balança de IV	33
Tabela 6 - Comparação entre a composição química da FTR e da FCCV tratada com solução 4,5% de H ₂ O ₂	35
Tabela 7 - Média Obtida e Desvio Padrão das análises de Colorimetria	36
Tabela 8 - Valores de Ângulo Hue e Croma	37
Tabela 9 - Temperatura de degradação de cada amostra.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abs	Absorbância
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
FCCV	Fibra da casca do coco verde
FNT	Fibra não tratada
FTR	Fibra tratada de referência
g	Grama ou Gramas
g/L	Concentração em gramas de soluto por litro de solução
H ₂ O	Água
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
IUV	Índice Ultravioleta
M	Concentração molar (mol L ⁻¹)
m/V	Relação massa (de soluto) por volume (de solução)
MEV	Microscopia de Varredura Eletrônica
mL	Mililitro (10 ⁻³ Litros)
NaOCl ₂	Clorito de Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio
nm	Nanômetro (10 ⁻⁹ metros)
OMS	Organização Mundial de Saúde
P.A.	Para Análise
pH	Potencial hidrogeniônico
TC	Teor de cinzas
TE	Teor de Extrativos
TGA	Análise de Termogravimetria (do Inglês, Thermogravimetric Analysis)
TLI	Teor de Lignina Insolúvel
UV	Radiação Ultravioleta
UV1	Concentração de H ₂ O ₂ em 4,5% (v/v) com catálise de UV no Dia 1
UV2	Concentração de H ₂ O ₂ em 4,5% (v/v) com catálise de UV no Dia 2
UV3	Concentração de H ₂ O ₂ em 4,5% (v/v) com catálise de UV no Dia 3

UV-Vis	Ultravioleta e visível
Δ	Aquecimento
μm	Micrômetro (10^{-6} metros)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Geral	16
2.2. Específicos.....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1. Casca de coco	17
3.2. Lignina.....	19
3.3. Celulose	20
3.4. Hemicelulose	21
3.5. Tratamentos químicos da fibra da casca de coco verde:	22
3.6. Raios Ultravioleta como catalisadores de reações oxidativas:	22
3.7. Aplicabilidade para a fibra tratada:	23
3.8. Processos Oxidativos para tratamento de fibra de casca de coco verde:.....	24
4. METODOLOGIA.....	25
4.1. Materiais	25
4.2. Tratamento oxidativo de referência.....	25
4.3. Variação nas concentrações de H ₂ O ₂ com ajuste de pH para 11,5.....	25
4.4. Oxidação da FCCV catalisada por UV em solução 4,5% de H ₂ O ₂ com pH = 11,5	26
4.5. Caracterização das fibras	28
4.5.1. Análise Klason de Lignina Insolúvel e Solúvel:	28
4.5.2. Análise de cinzas	29
4.5.3. Análise de Extrativos:.....	30
4.5.4. Análise de holocelulose	31
4.5.5. Análise de α -celulose.....	31
4.5.6. Análise de Estabilidade Térmica por Termogravimetria (TGA):.....	32
4.5.7. Análise de Colorimetria:.....	32

4.5.8. Microscopia Eletrônica de Varredura.....	33
4.5.9. Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)	33
5. RESULTADOS	35
5.1. Tratamento da FCCV com H ₂ O ₂ em meio alcalino:.....	35
5.1.1. Análise de Colorimetria:.....	36
5.1.2. Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura.....	38
5.1.3. Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE):	38
5.1.4. Análise de Termogravimetria (TGA):	40
6. CONCLUSÃO.....	43
7. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

O coco é a fruta oriunda do coqueiro (*Cocos nucifera*), planta que teve suas origens no Sudeste da Ásia e que foi trazida para o Brasil pelos portugueses; sendo disseminados em várias localidades, principalmente pelo litoral nordestino. O coqueiro é uma planta que espalhou-se através dos trópicos, em particular, nas proximidades da linha costeira tropical. É uma fruta que possui valor econômico para a polpa, a fibra da casca, e também para a água de coco. Possui ainda grande valor nutritivo. É um eletrólito natural, já que possui alguns íons inorgânicos como K (Potássio), P (Fósforo), Na (Sódio), Ca (Cálcio) e que a presença desses sais nas concentrações próximas das concentrações encontradas normalmente no organismo humano, pode auxiliar em um equilíbrio com a pressão osmótica do sangue, ajudando a reduzir a hipertensão (DEBMANDAL; MANDAL, 2011).

A geração de subproduto do coco verde é proporcional à sua produção; dessa forma, com o aproveitamento da água de coco, o subproduto possui cerca de 80% de sua massa total. A decomposição da casca de coco pode ser lenta, e essa decomposição lenta, juntamente do grande volume ocupado por esse subproduto, tornam esse material difícil de se gerenciar nos aterros sanitários.

Com relação à fibra da casca de coco verde, era utilizada para tapeçaria, por exemplo, para tapeçaria; mas a indústria dos polímeros sintéticos começou a produzir utilizando fibra da casca de coco verde como matéria prima (MARTINS *et al.*, 2016).

Castilhos (2011) afirmou que a utilização da fibra da casca de coco verde pode ser aplicado, para a produção de enzimas através de processos fermentativos, já que celulose e hemicelulose, por exemplo, podem servir como indutores na produção de enzimas extracelulares, como as celulases.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo otimizar o tratamento de referência da fibra da casca de coco, para aplicações industriais como adsorver metais em efluentes, imobilizar enzimas ou produzir partículas de nanocelulose.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar o efeito da concentração de H_2O_2 e da exposição do sistema reacional à radiação solar na fibra da casca de coco verde tratada a ser utilizada futuramente como adsorvente.

2.2. Específicos

- Caracterizar a fibra tratada por oxidação com reação de referência;
- Avaliar o efeito da concentração de H_2O_2 nas características das fibras tratadas;
- Verificar a eficiência da utilização da energia solar (Radiação Ultravioleta) como catalisador da reação de oxidação da fibra.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Casca de coco

Dentre os resíduos agroindustriais, destaca-se o resíduo da casca de coco verde, por ser volumoso e por reduzir a vida útil de aterros e lixões (locais para os quais são destinadas as cascas de coco após consumo da água de coco) por conta de sua degradação lenta; podendo demorar, em média, 12 anos (SILVA, 2014).

IstoÉ (2018) afirmou que o mercado de água de coco vem se expandindo no exterior e que o Brasil é o quarto maior produtor mundial de coco (atrás da Indonésia, Filipinas e Índia). Com essa demanda, a produção deste resíduo está aumentando.

Como a redução do consumo de coco implicaria em uma redução nas atividades produtivas, torna-se necessário um aproveitamento desse material. A biomassa dos materiais lignocelulósicos é a segunda maior fonte de recursos renováveis do planeta. Por essa razão, muitos estudos de aproveitamento desses recursos em potencial vem sendo realizados (BRÍGIDA, 2006).

O coco possui camadas, sendo estas: o epicarpo, o mesocarpo fibroso (que é composto pela fibra e pelo pó), o endocarpo, o endosperma e o embrião.

Na Figura 1 pode-se observar uma secção transversal mostrando as camadas de um coco verde.

Figura 1 - Camadas do coco verde



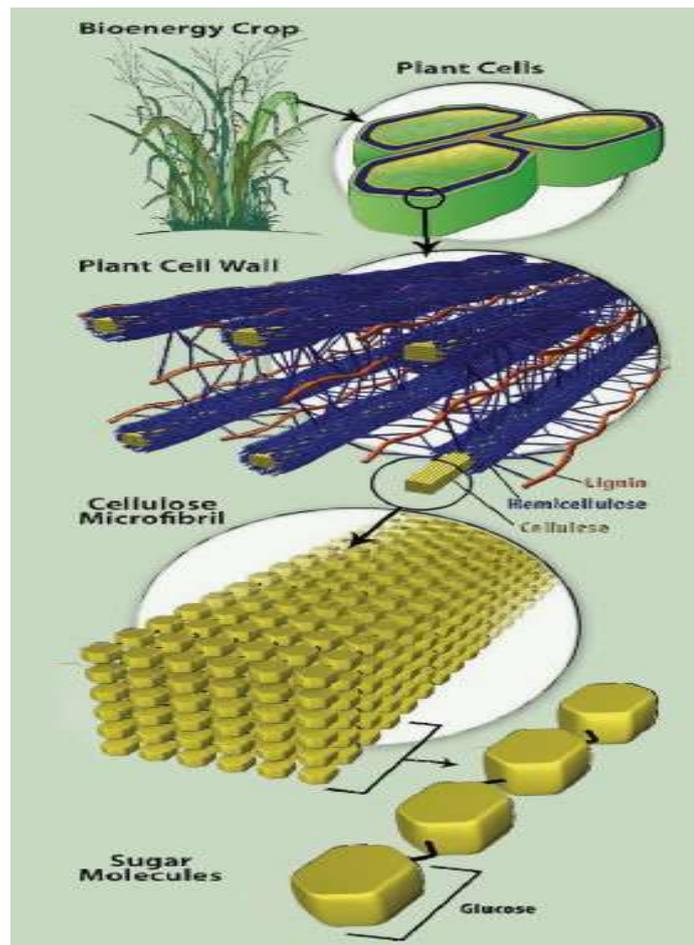
Fonte - <https://nibrajr.files.wordpress.com/2011/10/coco-fruto-semente-ou-noz.png> acesso em 02 de outubro de

A fibra é como se chama o material fibroso que possui a forma de fios; enquanto o pó é o material que ocupa o espaço entre as fibras.

Até recentemente, não havia tecnologia adequada voltada ao beneficiamento da casca do coco verde, diferentemente da casca do coco maduro, o que não permitia um aproveitamento de seu potencial como biomassa (MATTOS, 2013, p. 2).

Na Figura 2 pode-se observar uma ilustração exemplificando uma parede celular vegetal.

Figura 2 - Exemplo de parede celular vegetal



Fonte: https://www2.lbl.gov/Publications/YOS/assets/img/biofuels_evolution.jpg

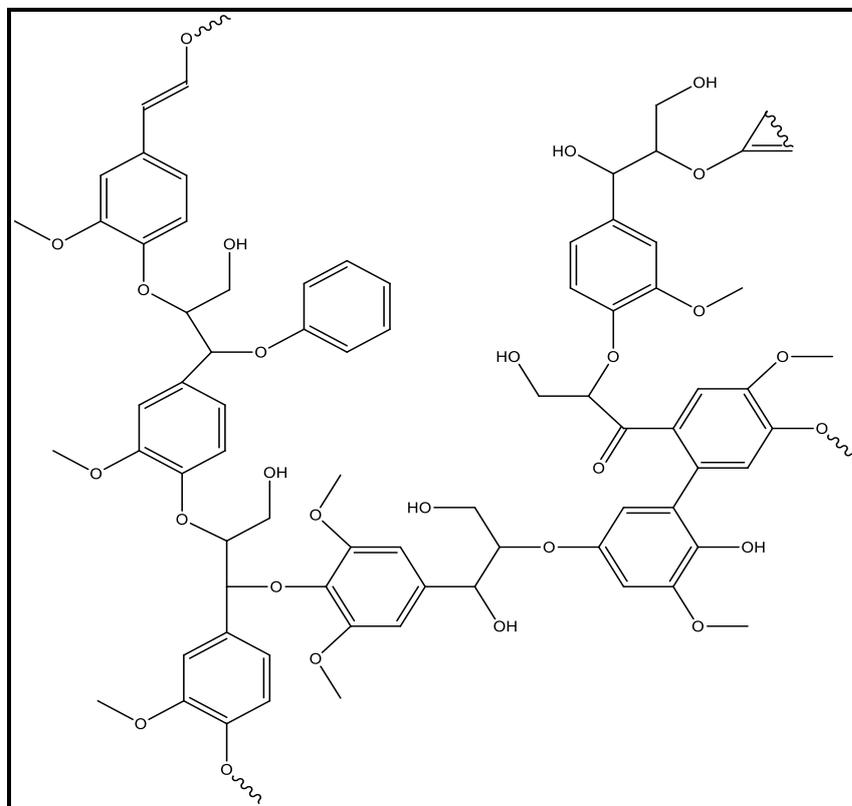
Fibras vegetais podem ser retiradas de diferentes lugares de um vegetal (no coco verde, essa fibra pode ser retirada do fruto, já na bananeira, por exemplo, a fibra pode ser retirada das folhas) (SANTOS, 2013).

3.2. Lignina

A palavra lignina tem origem no latim. A palavra *lignum* significa madeira (SALIBA *et al.*, 2001). É uma molécula amorfa (que não possui um arranjo espacial organizado) que é geralmente encontrada na parede celular das plantas terrestres em associação com a celulose e a hemicelulose (além de outros componentes presentes na parede celular das plantas em menor quantidade). É o segundo polímero natural mais encontrado na natureza. Sua finalidade é tornar essa parede celular mais rígida e impermeável.

A lignina foi descoberta em 1938 por Anselme Payen após colocar a madeira para reagir com ácido sulfúrico concentrado. Depois de mais de seis décadas, Klason disse que a lignina poderia estar relacionada com o álcool coniferílico, e posteriormente, que a lignina e o álcool coniferílico estariam unidos por ligações de éter (ZANUNCIO; COLODETTE, 2011). Na Figura 3 pode-se observar uma proposta de estrutura molecular para a lignina.

Figura 3 - Estrutura molecular da lignina



Fonte - Elaborada pelo autor

Mesmo havendo estudos há mais de 160 anos a respeito da lignina, ainda existem pontos, em especial com relação à sua estrutura, que ainda são uma dúvida, já que para cada

espécie vegetal existe uma estrutura diferente de lignina. Até quando se analisa partes diferentes da estrutura de uma mesma espécie, a lignina possui formas diferentes (SALIBA *et al.*, 2001).

A lignina possui uma vasta aplicabilidade dentro da indústria. Dentre essas aplicabilidades pode-se dar uma ênfase maior às tecnologias mais recentes, como, por exemplo, a aplicação na indústria química como dispersante (SANTOS, 2016).

3.3. Celulose

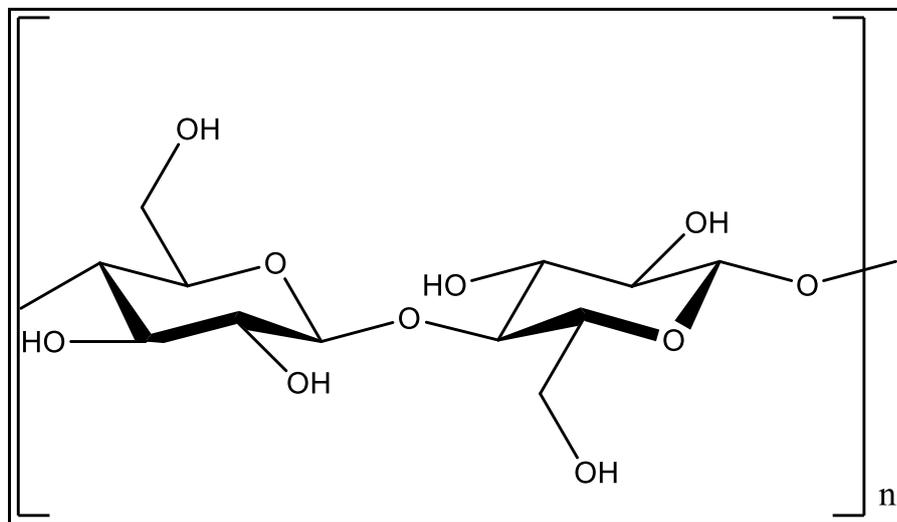
A celulose ($C_6H_{10}O_5$) é um homopolissacarídeo linear composto por várias moléculas de β -D-glicopiranosose ligadas entre si através de ligações β -1,4-glicosídicas. A principal fonte natural de celulose é a madeira, em função de grande disponibilidade e para atender a indústria do papel.

Sua função principal é dar estrutura para a madeira, de forma a torna-la mais rígida (mais dura). A celulose é a principal matéria prima para a produção de papel. No Brasil, o potencial de produção de papel é imenso, e existem florestas de eucalipto plantadas visando a extração de celulose para produção de papel. (LIMA *et al.*, 2015).

A unidade repetitiva (monômero) de celulose, também conhecido como celobiose, contém seis grupos hidroxila que interagem por meio de ligações de hidrogênio intra e intermolecular. Essas ligações são responsáveis pela resistência mecânica e tornam a celulose insolúvel em água (SANTOS, 2013).

Através da Figura 4 pode-se observar a estrutura molecular da celulose.

Figura 4 - Estrutura molecular da celulose



Fonte - Elaborada pelo autor

Mesmo sendo um material que existe em grande quantidade no planeta, a celulose possui uma limitação na quantidade de recursos e uma imensa demanda de utilização.

3.4. Hemicelulose

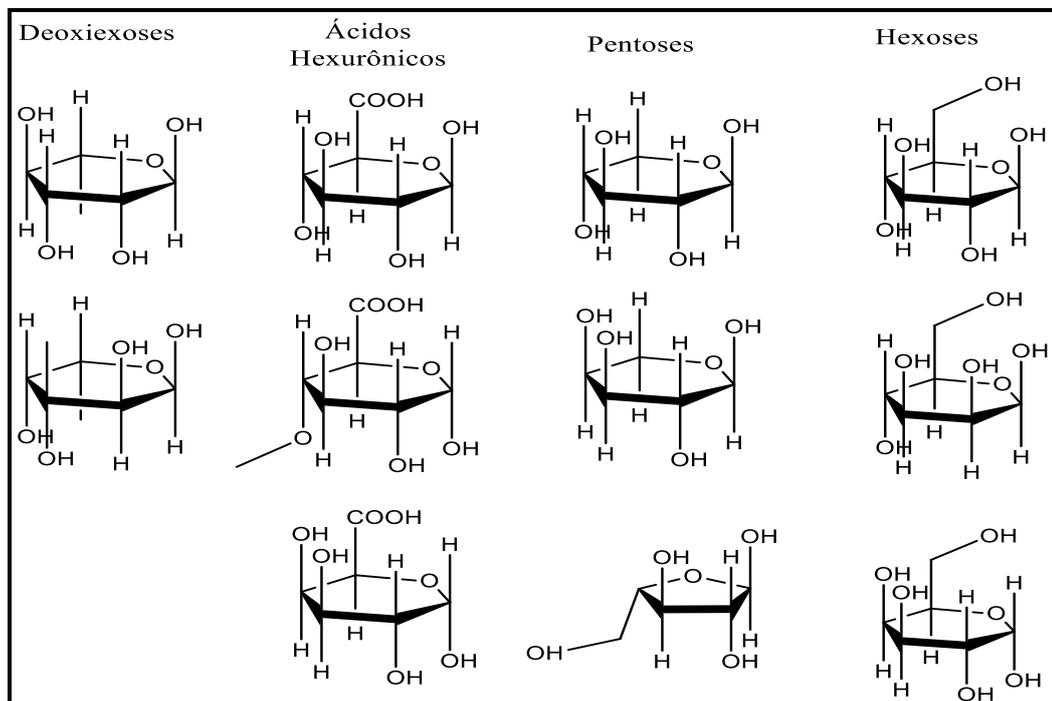
A hemicelulose é um polissacarídeo complexo composto por D-glucose; D-galactose; D-manose; D-xilose; L-arabinose; ácido D-glucurônico e ácido 4-O-metil-glucurônico. As hidrólises ácidas ocorrem com mais facilidade na hemicelulose do que na celulose; e essa característica geralmente é associada à estrutura amorfa da hemicelulose (SANTOS *et al.*, 2012).

A hemicelulose possui função estrutural, e está diretamente ligada a celulose através de pontes de hidrogênio. É um conjunto de polissacarídeos com cadeia ramificada e baixa massa molecular. Em função dos radicais hidroxila existentes na estrutura da hemicelulose, pode-se efetuar algumas reações, dentre elas a esterificação e eterização. Ribeiro *et al.* (2016).

Dentre os componentes das hemiceluloses, existe um destaque para as xilanas, já que esse é o polissacarídeo mais abundante dentre seus componentes. As xilanas são formadas por unidades de β -D-Xilose, e diferentes carboidratos em cadeias secundárias (SOUZA, 2012).

Pode-se avaliar através da Figura 5 que a hemicelulose é composta por pentoses e hexoses.

Figura 5 - Componentes da hemicelulose



Fonte – Elaborada pelo autor

3.5. Tratamentos químicos da fibra da casca de coco verde:

Brígida *et al.* (2010) avaliou o tratamento da FCCV com diferentes métodos. Esses métodos comprovaram uma maior eficiência na utilização de H_2O_2 em meio alcalino para aplicações nas quais o branqueamento da fibra é necessário e a presença de ceras e de ácidos graxos na fibra são indesejáveis. Ao mesmo tempo em que comprovou que o tratamento com NaOCl e NaOH foi mais eficiente para remoção da hemicelulose.

Almeida (2015) realizou testes nos quais obteve como respostas que a utilização de peróxido de hidrogênio foi uma alternativa eficiente como pré tratamento para obtenção de nanocristais de celulose com a melhor combinação de propriedades dentre as combinações testadas.

3.6. Raios Ultravioleta como catalisadores de reações oxidativas:

A radiação ultravioleta pode ser mensurada através do Índice Ultravioleta (IUV), uma escala que varia de 0 a 18 (sempre considerando números inteiros). Como as condições das nuvens estão sempre em mudança, os valores do IUV são expostos considerando uma situação de céu claro em tempo integral. Na Tabela 1 estão sendo expostos os valores de IUV e sua classificação em categorias levando em consideração as intensidades segundo recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Tabela 1- Relação entre as categorias e suas respectivas faixas de IUV

Categoria	Índice Ultravioleta
Baixo	< 2
Moderado	3 – 5
Alto	6 – 7
Muito Alto	8 – 10
Extremo	> 11

Fonte – <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>

Através de testes realizados por Silva (2017), a utilização da energia solar (Raios UV) mostrou-se eficiente para a oxidação de fenol em amostras de resíduos do método do fenato.

Gouvêa *et al.* (2014) mostrou algumas das aplicações possíveis para a radiação ultravioleta oriunda da radiação solar. Ainda propôs alguns mecanismos de foto-oxidação e, dentre eles, havia o mecanismo de decomposição do peróxido de hidrogênio. O mecanismo proposto para tal decomposição encontra-se a seguir na Equação 1.



Mattos et al. (2003) enfatizou o poder oxidante do peróxido de hidrogênio, sendo superior ao cloro, dióxido de cloro e permanganato de potássio. Através de catálise, o H_2O_2 pode ser convertido em radicais hidroxila ($OH\cdot$). Dentre os oxidantes mais poderosos listados por Mattos et al. (2003), o radical hidroxila (com potencial de 2,8 V) só possui um potencial menor que o flúor (3,0 V).

Observa-se um pH ótimo em 11,5 para o processo de deslignificação em processos oxidativos com H_2O_2 em meio alcalino. Entretanto, quando o pH é maior que 11,5; nota-se uma menor eficiência na deslignificação, ou seja, os intermediários formados nesse determinado pH possuem uma relação direta com a eficiência do processo oxidativo (REGO, 2017).

Rego (2017) também expôs um mecanismo proposto para a decomposição de peróxido de hidrogênio, relacionando essa decomposição à alta reatividade com biomassas em pH 11,5.

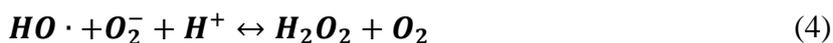
A Equação 2 mostra a dissociação do peróxido (H_2O_2) em hidroperóxido ($HOO\cdot$).



A Equação 3 afirma que em pH 11,5 o hidroperóxido pode reagir com o peróxido de hidrogênio não dissociado gerando radicais hidroxilas ($HO\cdot$) e superóxido.



E finalmente, os radicais hidroxila e peróxido reagem entre si para a formação de O_2 e H_2O , conforme Equação 4.



A Equação 5 mostra a reação global para a reação de dissociação, onde forma-se H_2O e O_2 .



3.7. Aplicabilidade para a fibra tratada:

Pereira (2012) em seu estudo definiu possíveis aplicações para a casca de coco verde como um reforço para compósitos destinados à construção demonstrou que existe uma possibilidade de aplicação futura da fibra da casca de coco neste ramo da engenharia, tendo em

vista que, em parte dos testes realizados, a fibra formou um compósito com características físico-mecânicas promissoras.

Brígida (2010) mostrou possíveis aplicações para a FCCV como suporte para imobilização de lipases. Também foi afirmado que o tratamento com H_2O_2 seguido de NaOH foi o que indicou melhores resultados.

3.8. Processos Oxidativos para tratamento de fibra de casca de coco verde:

Almeida (2015) realizou alguns processos de tratamento para a FCCV para obtenção de cristais nanocelulósicos, obtendo melhores resultados, inclusive resultados relacionados à remoção de lignina, com o tratamento utilizando H_2O_2 em meio alcalino combinado de uma polpação acetossolve. Em comparação com os processos de tratamento utilizando clorito de sódio, utilizar H_2O_2 combinado com a polpação acetossolve mostrou-se uma alternativa mais adequada para a obtenção de cristais nanocelulósicos.

A polpação organossolve é uma exposição dos materiais analisados a um solvente visando a recuperação de celulose e outros componentes lignocelulósicos, como a lignina. Esses solventes podem ser etanol, ácido acético ou acetona, por exemplo. A utilização do ácido acético como solvente caracteriza a polpação acetossolve (MARQUES NETO, 2016).

4. METODOLOGIA

4.1. Materiais

Foram utilizados os reagentes listados na Tabela 2 para realização dos procedimentos experimentais:

Tabela 2 - Reagentes utilizados nos procedimentos experimentais

Reagente	Observações
H ₂ SO ₄	P.A.
NaOH	P.A.
H ₂ O ₂	30% V/V e 35% V/V
Ácido Acético Glacial	P.A.
Clorito de Sódio	P.A.
Etanol	96 ° GL

Fonte – Elaborada pelo autor

A FCCV foi cedida pela Embrapa – Agroindústria Tropical, situada em Fortaleza – CE.

4.2. Tratamento oxidativo de referência

O tratamento de referência para oxidação foi o tratamento proposto por Brígida *et al.* (2010). Para comparar os resultados das variações propostas com os resultados de um padrão de referência, a fibra foi tratada utilizando essa metodologia. A oxidação foi realizada seguindo a proporção do método; ou seja, cada 2,0 gramas de amostra eram oxidados em 40 mL de solução. Para preparar 100 mL da solução visando uma oxidação em meio alcalino, eram necessários 18 mL de H₂O₂ 30% v/v e 0,05 g de NaOH (BRÍGIDA, 2010). A FCCV foi submersa na solução oxidante preparada seguindo essa proporção a uma temperatura de 85°C e a reação perdurou por 2 horas sob agitação.

Após concluído o processo de oxidação, a fibra foi lavada algumas vezes com água destilada visando uma neutralização do pH, ou seja, torná-lo o mais próximo possível de 7,0.

Logo em seguida a fibra foi levada para a estufa a 50°C.

4.3. Variação nas concentrações de H₂O₂ com ajuste de pH para 11,5

Para tentar obter-se um processo mais eficiente, uma solução de NaOH 60% m/V em H₂O foi preparada. O preparo dessa solução seria a alternativa para uma melhoria no processo

de oxidação da FCCV através da alteração de pH (tornando a solução mais alcalina). Foram alteradas as concentrações de H_2O_2 também; para saber a concentração que poderia gerar melhores resultados. As concentrações de H_2O_2 na solução oxidante foram 16,5%; 13,5%; 10,5%; 7,5% e 4,5%. Levando em consideração que o volume total era, em cada oxidação, 150 mL, totalizando 3,0 gramas de FCCV, foi utilizada a relação da Tabela 3.

Tabela 3 - Volumes utilizados de H_2O_2 e H_2O para obtenção das concentrações desejadas

Concentração de H_2O_2 desejada (% V/V)	Volume aproximado de H_2O_2 35% (V/V) adicionado (mL)	Volume aproximado de H_2O adicionado (mL)
16,5%	70,7	79,3
13,5%	57,9	92,1
10,5%	45	105
7,5%	32,1	117,9
4,5%	19,3	130,1

Fonte - Elaborada pelo autor

Com a solução pronta, adicionou-se NaOH 60% até o pH chegar a 11,5. Foram adicionados logo em seguida 2,0 gramas de FCCV para cada 40 mL de solução. Essas reações ocorreram durante 2 horas com agitação e com temperatura controlada a 50 °C.

Após o término do período reacional, a fibra foi lavada algumas vezes com água destilada até neutralização do pH, tornando-o o mais próximo possível de 7,0. Após a neutralização, a fibra oxidada foi levada para estufa por 24 horas a 50 °C, para posteriormente, serem realizadas as análises de Colorimetria, MEV e TGA.

4.4. Oxidação da FCCV catalisada por UV em solução 4,5% de H_2O_2 com pH = 11,5

Utilizando aproximadamente 4,0 g de FCCV para 80 mL solução de peróxido de hidrogênio 4,5% com pH = 11,5, ajustado com a utilização de solução 60% m/V de NaOH, o sistema reacional foi colocado em exposição à luz solar sob efeito de agitação e temperatura controlada a 50 °C. O béquer contendo a solução e a FCCV foi posto em banho-maria em recipiente metálico. A reação ocorreu durante 2 horas. Após o término da reação, a fibra tratada foi lavada com água destilada até obtenção de pH neutro. Em seguida, a fibra foi levada para estufa por 24 horas, submetida a temperatura de 50 °C.

Na Tabela 4 pode-se observar os dados relacionados a variação do IUV nos horários em que as reações estavam sendo realizadas. Os valores de IUV foram obtidos através do site da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) nos respectivos dias nos quais as oxidações foram realizadas.

Tabela 4 - Variações de IUV nas datas de realização das oxidações utilizando Raios UV como catalisador

Dia	Horário	Variação de IUV
1	12 - 14	$9 < \text{IUV} < 12$
2	10 - 12	$4 < \text{IUV} < 10$
3	11 - 13	$6 < \text{IUV} < 12$

Fonte – Elaborada pelo autor

Na Figura 11, pode-se observar o sistema montado para oxidação da FCCV utilizando a radiação UV.

Figura 6 - Sistema para oxidação da FCCV utilizando radiação UV



Fonte – Elaborada pelo autor

Para obtenção dos valores de rendimento de cada tratamento, utilizou-se a Equação 6.

$$Rm (\%) = \frac{m_{obtida}}{m_{utilizada}} \times 100\% \quad (6)$$

Tal que:

Rm → Rendimento percentual de fibra obtida

m_{obtida} → Massa de fibra tratada obtida

$m_{utilizada}$ → Massa de fibra utilizada para tratamento

4.5. Caracterização das fibras

4.5.1. Análise Klason de Lignina Insolúvel e Solúvel:

Utilizando a norma TAPPI T 222 om-22 (2002c) com pequenas alterações, realizaram-se os procedimentos para análise de material lignocelulósico.

A partir da FTR (fibra tratada de referência), fez-se a análise de Lignina Klason. Essa análise é iniciada com a pesagem de aproximadamente 1,0 grama de FCCV (fibra da casca de coco verde) e determinação de umidade. Essa pesagem foi realizada em balança de infravermelho. Após a pesagem, a FCCV é transferida para um almofariz e é macerada com o auxílio de pistilo por 15 minutos após a adição de 17 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 72% (m/v). O ácido estava, antes da utilização, em geladeira a aproximadamente 10 °C. Em seguida a amostra é deixada em repouso por 24 horas para a digestão completa da amostra em temperatura ambiente e em sistema fechado. Após a digestão, a amostra é transferida quantitativamente com 306 mL de água para um balão volumétrico de fundo chato visando o aquecimento. A amostra foi mantida sob aquecimento durante 4 horas a partir da fervura. Quando atingiu temperatura ambiente foi transferida para um funil de vidro sinterizado (que havia sido pesado em balança analítica anteriormente, logo após passar 3 horas em estufa a 105 °C) e com o auxílio de uma bomba de vácuo fez-se a separação da lignina sólida e do filtrado. No filtrado existia a fração solúvel de lignina; então o mesmo foi recolhido para análise de espectrofotometria no UV-Vis. Foi utilizado um espectrofotômetro da marca Shimadzu do modelo UV-2450. Utilizou-se para esta análise cubetas de quartzo, pois cubetas de vidro podem absorver luz na faixa do visível e foram definidos dois pontos para verificar a absorbância: 215 nm e 280 nm.

A lignina insolúvel (que permaneceu no funil de vidro sinterizado), foi colocada na estufa a 105 °C por 4 horas e após esfriar em dessecador sob efeito de vácuo por mais 30 minutos, foi levada para balança analítica para verificar sua massa.

Para determinação de lignina solúvel, verificou-se a absorvância da solução nos comprimentos de 215 nm e 280 nm. A referência (ou “branco”) no espectrofotômetro foi uma solução 4% de H₂SO₄. Para que a lignina pudesse ser quantificada, foi realizada uma diluição. Nessa diluição, utilizou-se 1 mL do filtrado de lignina insolúvel e aferiu-se um balão volumétrico de 10 mL com H₂O destilada. A determinação de Lignina Insolúvel foi realizada por meio da Equação 7:

$$C_{lignina (g/L)} = \frac{4,53 (A_{215} - A_{280})}{300} \quad (7)$$

Considerando que:

A₂₁₅ → Absorvância em 215 nm

A₂₈₀ → Absorvância em 280 nm

C_{lignina (g/L)} → Concentração de lignina em g/L

Através da Equação 8 mostra a relação aplicada para determinar a concentração de lignina Klason na amostra.

$$TLI = \left(\frac{MFL - MF}{MA} \right) \times (1 - TC) \times 100\% \quad (8)$$

Levando em consideração que:

TLI → Teor de lignina insolúvel em percentual

MFL → Massa do funil + lignina após secagem

MF → Massa do funil limpo e seco

MA → Massa da amostra

TC → Teor de cinzas da lignina em fração

4.5.2. Análise de cinzas

Fez-se a calcinação de 4 cadinhos durante 2 horas em mufla a 600 °C e após 30 minutos esfriando em dessecador, fez-se a pesagem dos mesmos. Logo em seguida, transferiu-se a lignina insolúvel para os cadinhos e o conjunto foi colocado em mufla para aquecimento até atingir 600 °C. Quando essa temperatura foi atingida, esperou-se 3 horas (totalizando cerca de uma hora de aquecimento até chegar a 600 °C e três horas a 600 °C) e então o equipamento foi

desligado. Após 30 minutos do desligamento da mufla, removeu-se os cadinhos (com o auxílio de pinça) para verificar a massa final de cada um deles.

Para determinar o percentual de cinzas das amostras, foi utilizada a Equação 9:

$$TC(\%) = \frac{MRAC - MR}{MA} \times 100\% \quad (9)$$

Considerando:

TC (%) → Teor percentual de cinzas

MRAC → Massa do recipiente contendo amostra calcinada (g)

MR → Massa do recipiente (g)

MA → Massa da amostra (g)

4.5.3. Análise de Extrativos:

Foram pesadas em balança analítica duas amostras de aproximadamente 6,0 g de fibra de coco. Também em balança analítica, foram pesados dois papéis de filtro, que seriam utilizados para embrulhar as amostras enquanto as mesmas estivessem passando pela extração com etanol. Em seguida, as amostras foram colocadas no papel de filtro e foi realizada a extração a quente utilizando etanol em um sistema de Soxhlet. Foram adicionados 350 mL de etanol ao sistema extrator, junto de algumas pérolas de ebulição. Esse sistema funcionou durante o período equivalente a 24 ciclos, iniciados com a condensação da primeira gota de etanol e finalizado com o retorno do solvente (etanol) para o balão volumétrico, ou seja, para o início do sistema de aquecimento. Após os 24 ciclos, o sistema foi desligado e após o resfriamento, o conjunto (papel de filtro e fibra) foi removido do sistema e colocado em estufa a 50 °C por 24 horas. Após esse período, foi verificada a massa do conjunto (papel de filtro + fibra).

Utilizando a Equação 10, foi possível determinar o Teor de Extrativos presentes na fibra.

$$TE(\%) = \frac{MRE - MRRS}{MA} \times 100\% \quad (10)$$

Sendo:

TE → Teor percentual de Extrativos

MRE → Massa do conjunto Recipiente/ Extrativos (g)

MRRS → Massa do conjunto Recipiente/ Resíduo do solvente (g)

MA → Massa da amostra (g)

4.5.4. *Análise de holocelulose*

Foram pesadas em balança analítica aproximadamente 3,0 g de FTR E 3,0 g de FCCV tratada com solução 4,5% de H₂O₂ em pH 11,5. Foi adicionado 120 mL de H₂O e o sistema reacional foi colocado em um erlenmeyer de 1000 mL e levado a aquecimento em banho-maria em temperatura constante de 70 °C. Adicionou-se 1 mL de ácido acético glacial e 2,5 g de clorito de sódio (NaOCl₂) ao sistema. Nesse momento o tempo passou a ser cronometrado e o erlenmeyer foi vedado. Após 1 hora de reação, adicionou-se mais 1 mL de ácido acético e 2,5 g de NaOCl₂. Depois de mais uma hora, repetiu-se a adição de 2,5 g de NaOCl₂ e 1 mL de ácido acético. O sistema manteve-se sob aquecimento e agitação por mais três horas; totalizando 5 horas de reação. Após esse período, o sistema foi desligado e o erlenmeyer foi colocado em banho de gelo por 15 minutos. Depois do resfriamento amostra foi filtrada com água destilada até neutralizar o pH do filtrado. Essa filtragem foi realizada em um funil de vidro sinterizado N° 2 seco, pesado e identificado. O funil ficou por 24 horas na estufa a 105 °C e posteriormente foi resfriado em dessecador por 30 minutos. Após essas operações, foi pesado novamente, dessa vez, contendo a massa de holocelulose. Essa análise foi realizada em duplicata.

O cálculo do teor de holocelulose foi realizado através da Equação 11:

$$TH(\%) = \frac{MFH - MF}{MA} \times 100\% \quad (11)$$

Onde:

TH (%) → Teor percentual de holocelulose

MFH → Massa do funil somada a holocelulose após secagem em estufa

MF → Massa do funil limpo e seco

MA → Massa de cada amostra: FCCV, FBP, FBC e FAB

4.5.5. *Análise de α-celulose*

Foram pesadas duas amostras de 1,0 g da amostra obtida na análise de holocelulose e a cada uma delas foram adicionados 15 mL de NaOH 17,5% (m/V) e a amostra ficou descansando por 2 minutos. Em seguida as amostras foram transferidas, cada uma delas para um almofariz e macerada com o auxílio de um pistilo durante 8 minutos. Após esse período, foram

adicionados 40 mL de H₂O destilada a cada almofariz. O conteúdo de cada um dos almofarizes foi transferido para um funil sinterizado N° 2. Cada um dos dois funis já havia sido previamente seco, pesado e identificado. O conteúdo foi lavado com água destilada até pH neutro. Os funis foram levados para estufa a 105 °C por 24 horas. Após esse período, os funis foram colocados em dessecador sob efeito de vácuo para esfriar. Após aproximadamente 30 minutos, os funis, com a α -celulose foram pesados.

A α -celulose foi determinada através da Equação 12.

$$T\alpha(\%) = \frac{MFA - MF}{MAH} \times 100\% \quad (12)$$

Onde:

T α → Teor percentual de α -celulose

MFA → Massa do funil somada à massa de α -celulose (g)

MF → Massa do funil limpo e seco (g)

MAH → Massa da amostra retirada do resultado da análise de holocelulose (g)

4.5.6. Análise de Estabilidade Térmica por Termogravimetria (TGA):

Para verificar a estabilidade térmica da FCCV tratada, utilizou-se a análise com um equipamento STA 6000 PERKIN ELMER. Todas as análises foram realizadas em atmosfera de nitrogênio com fluxo de gás a 40 mL/min, aquecidas na faixa de 30 °C a 650 °C com taxa de aquecimento de 10°C/minuto, sendo utilizados aproximadamente 10 mg de amostra.

4.5.7. Análise de Colorimetria:

A amostra oxidada foi colocada em uma placa de petri e um colorímetro da marca Chroma Meter, modelo CR-410, calibrado anteriormente com uma peça branca, foi colocado sobre a amostra e incidiu uma luz monocromática. O equipamento mostrou em seu display os resultados para L , a e b . A análise foi realizada cinco vezes para cada amostra; e a partir dos valores obtidos, foram calculados a média e o desvio padrão para cada parâmetro de cada amostra. O cálculo de H foi realizado segundo a Equação 13.

$$H = \arctg \left(\frac{b}{a} \right) \quad (13)$$

O valor do Cromo foi realizado por meio da Equação 14.

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (14)$$

4.5.8. Microscopia Eletrônica de Varredura

Com a utilização de um Microscópio Eletrônico de Varredura realizou-se uma análise estrutural da FTR, e da fibra tratada nas concentrações de 16,5%; 13,5%; 10,5%; 7,5% e 4,5%. Foi realizado um banho de ouro, onde átomos de ouro são depositados na superfície da amostra e as amostras foram analisadas utilizando um aumento de 133 vezes.

4.5.9. Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

Utilizando metodologia proposta por Cassales (2010), fez-se a hidrólise da FCCV tratada com a utilização de 5 mL de H₂SO₄ 72% m/m para cada 1,0 g de FCCV após pesagem em balança com infravermelho (IV) para verificar a umidade da amostra. A umidade foi estipulada através da adição de aproximadamente 1,0 grama de fibra na balança, que havia sido previamente programada para aquecimento até 100 °C. Na Tabela 5, estão expostos os dados referentes às massas hidrolisadas.

Tabela 5 - Teor de umidade obtido por balança de IV

Amostra	Massa Inicial de FCCV (g)	Umidade (%)	Massa Final de FCCV (g)
16,5%	1,050	10,20	0,940
13,5%	1,051	9,06	0,954
10,5%	1,048	9,47	0,946
7,5%	1,026	9,36	0,924
4,5%	1,010	9,20	0,915
UV1	1,010	6,81	0,939
UV2	1,013	6,73	0,942
UV3	1,015	7,31	0,937
FNT	1,010	8,70	0,922
FTR	1,011	11,22	0,895

Fonte – Elaborada pelo autor

Após a pesagem, foram adicionados 5 mL de H₂SO₄ 72% (m/m) à FCCV e o sistema foi colocado em banho-maria por 7 minutos a 50 °C. Completado o tempo, foram adicionados

137,5 mL de H₂O destilada. Essa solução foi levada para uma autoclave por 15 minutos a 121 °C para completar a hidrólise. Após resfriamento, a solução foi filtrada com auxílio de papel de filtro e colocada em balão volumétrico de 250 mL. Após esse procedimento, o balão foi aferido com água destilada.

Cada solução foi filtrada novamente, desta vez utilizando um sistema formado pelo encaixe de um filtro com diâmetro de poros igual a 45 µm em uma seringa, pois havia a possibilidade de pequenas partículas sólidas passarem pelo papel de filtro, podendo entupir a coluna cromatográfica.

No Cromatógrafo Líquido da marca Shimadzu, as amostras foram submetidas a análise com tempo de 45 minutos cada; utilizando como fase móvel uma solução de H₂SO₄ 5,0 mM.

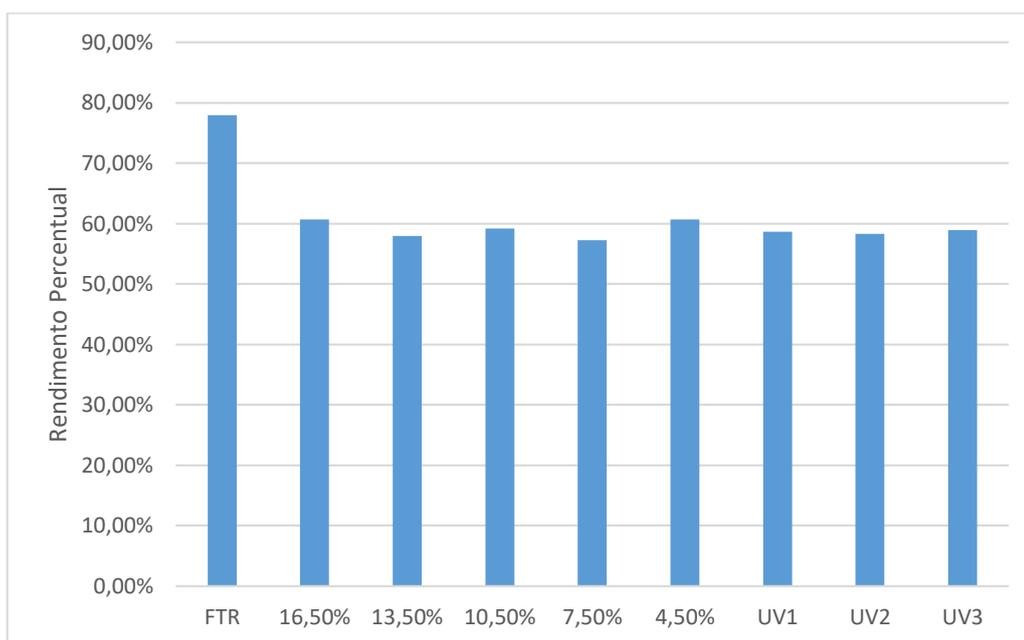
A análise de CLAE tinha por objetivo quantificar os monossacarídeos fermentescíveis (glicose e galactose) e os produtos químicos (ácido acético, ácido fórmico e furfural). Utilizou-se a coluna AMINEX HPX-87H (Bio-Rad, Hercules, CA, EUA), temperatura de 65 °C, e a fase móvel foi ácido sulfúrico 5,0 mM em água Mili-Q a uma vazão de 0,6 mL/min, usando-se o índice de refração como detecção.

5. RESULTADOS

5.1. Tratamento da FCCV com H₂O₂ em meio alcalino:

Antes e depois de cada oxidação, fez-se a verificação da massa utilizada de FCCV e a massa de fibra tratada obtida, para verificar viabilidade com relação ao rendimento percentual do tratamento. No Gráfico 1, pode-se observar os valores médios de rendimento após os tratamentos.

Gráfico 1 - Rendimento percentual de cada tratamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Com os resultados referentes à caracterização organizados, obteve-se a Tabela 6, que auxilia na comparação entre o tratamento de referência (BRÍGIDA, 2010) e o tratamento utilizando H₂O₂ 4,5% em pH 11,5 sem a presença de raios ultravioleta. A solução de 4,5% foi escolhida para comparação por conta dos resultados semelhantes em colorimetria para as diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio.

Tabela 6 - Comparação entre a composição química da FTR e da FCCV tratada com solução 4,5% de H₂O₂

	FTR (%)	4,5%
Lignina	11,5	8,4
Cinzas	5,5	0,6
Extrativos	4,6	3,8
Hemiceluloses	25,1	24,82
α-celulose	48,9	50,88

Fonte – Elaborada pelo autor

Para um tratamento ser considerado eficaz, a lignina deve ser separada dos demais compostos, visando uma maior exposição dos açúcares contidos na fibra, além de evitar eventuais perdas e degradação de carboidratos presentes na biomassa tratada (CABRAL *et al.*, 2017). Levando esses fatores em consideração, nota-se uma semelhança na composição resultante de ambos os processos.

5.1.1. Análise de Colorimetria:

Na Tabela 7, pode-se observar o tratamento estatístico dos dados obtidos através das análises de Colorimetria avaliando o desvio padrão e a média para as cinco análises realizadas para cada amostra.

Tabela 7 - Média Obtida e Desvio Padrão das análises de Colorimetria

Amostra	Média Obtida		
	L	a	b
FNT	42,88 ± 0,60	9,68 ± 0,13	22,65 ± 0,39
FTR	65,47 ± 6,30	1,80 ± 0,77	24,54 ± 2,00
16,5%	65,68 ± 8,63	1,54 ± 1,25	27,85 ± 3,84
13,5%	67,00 ± 5,87	0,27 ± 0,69	24,92 ± 9,45
10,5%	66,73 ± 6,56	1,61 ± 0,62	29,80 ± 2,97
7,5%	65,90 ± 2,31	2,08 ± 1,09	26,00 ± 2,45
4,5%	62,27 ± 7,79	0,58 ± 0,57	26,73 ± 5,62
UV1	71,16 ± 3,40	0,54 ± 0,49	29,91 ± 1,19
UV2	80,59 ± 4,82	-0,87 ± 0,62	26,84 ± 1,86
UV3	80,59 ± 5,53	-0,87 ± 0,48	26,84 ± 1,17

Fonte – Elaborada pelo autor

Esses resultados expressam semelhança na luminosidade (L) de FTR com as fibras tratadas em diferentes concentrações de H₂O₂, além de uma melhoria na luminosidade (L) das fibras tratadas com solução 4,5% de H₂O₂ expostas à radiação solar.

Os valores obtidos para Ângulo Hue e Croma estão apresentados na Tabela 8.

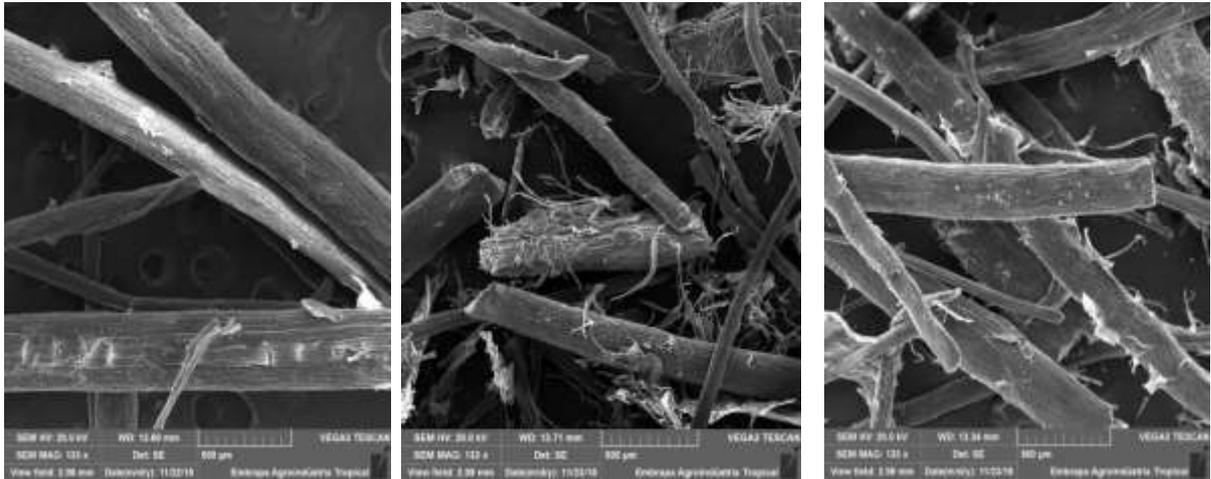
Tabela 8 - Valores de Ângulo Hue e Croma

Amostra	Tonalidade (Ângulo Hue)	Croma
FNT	1,17	116,35
FTR	1,50	27,78
16,5%	1,52	30,22
13,5%	1,56	24,99
10,5%	1,52	32,39
7,5%	1,49	30,33
4,5%	1,55	27,07
UV1	1,55	30,20
UV2	-1,54	27,60
UV3	-1,54	27,60

Fonte – Elaborada pelo autor

5.1.2. Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura

Figura 7 - Comparação das Análises de MEV: FTR (a), 4,5% (b), 7,5% (c), 10,5% (d), 13,5% (e) e 16,5% (f)



(a)

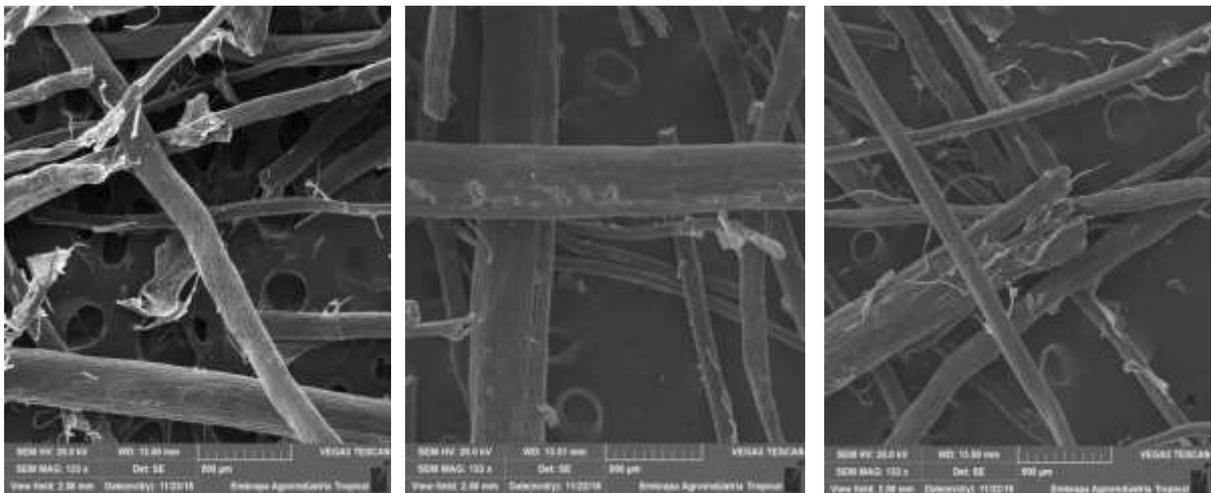
(b)

(c)

(d)

(e)

(f)



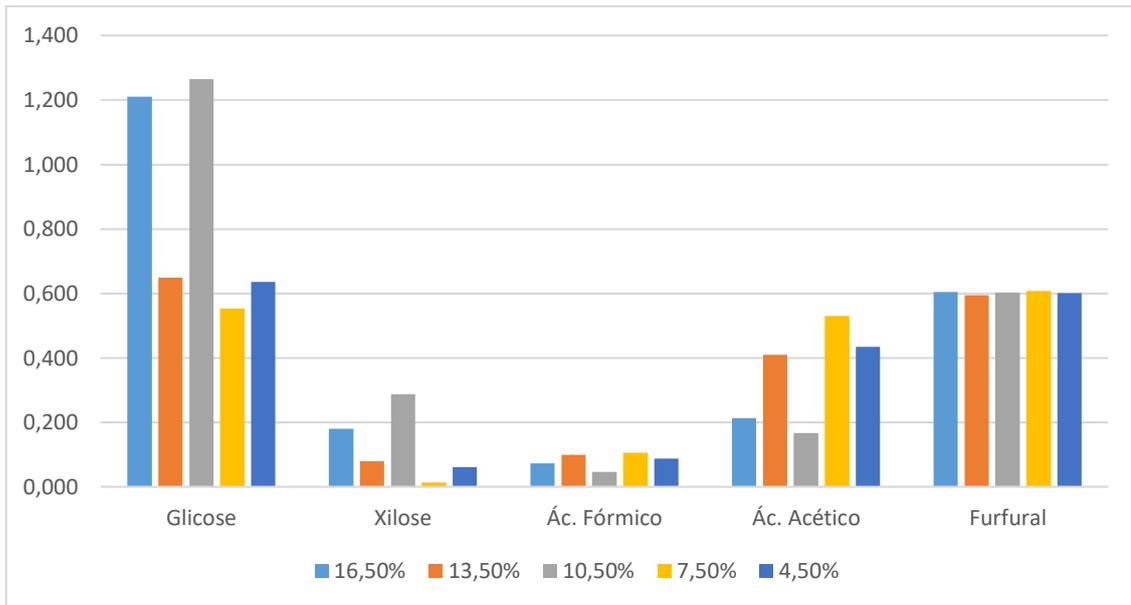
Fonte – Elaborada pelo autor

Com as análises de MEV, observou-se uma satisfatória remoção de ácidos graxos e gorduras presentes nas amostras tratadas; de forma que a alteração de concentração não relaciona-se diretamente com a capacidade de remoção de gorduras e ácidos graxos da fibra.

5.1.3. Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE):

Para efeitos de comparação entre as concentrações e o rendimento percentual de fibra tratada obtida, avaliando o Gráfico 2 observa-se uma semelhança entre os valores obtidos em todos os tratamentos.

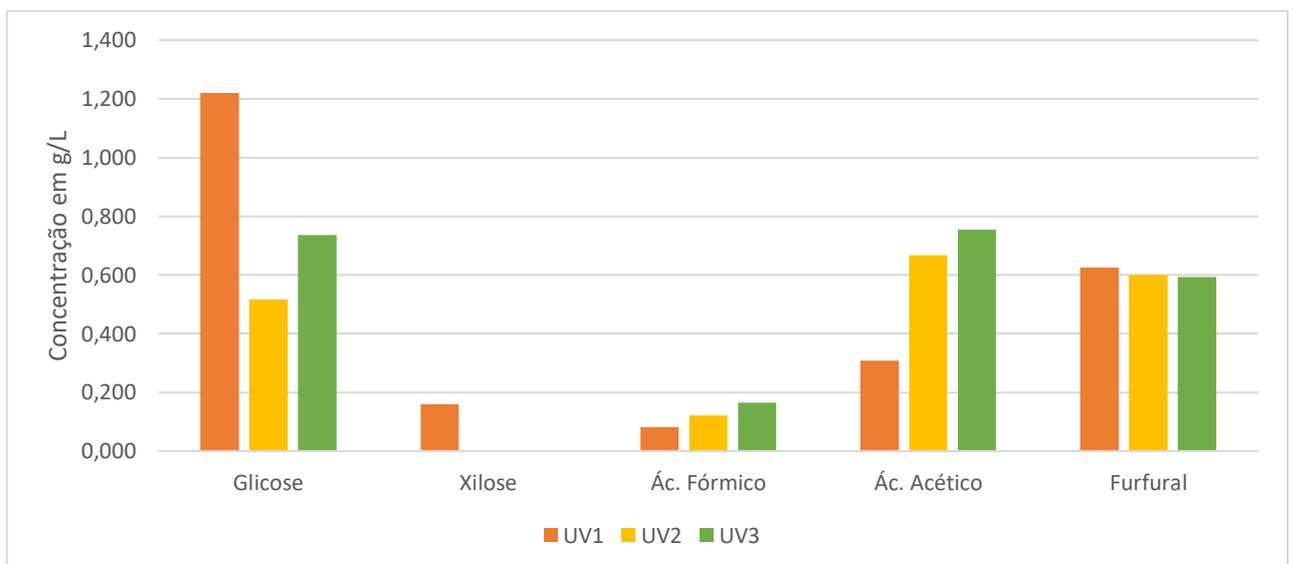
Gráfico 2 - Comparação dos compostos detectados por CLAE em cada concentração na curva lignocelulósica



Fonte – Elaborado pelo autor

O Gráfico 3 foi gerado a partir dos resultados obtidos através das análises por CLAE, expondo os componentes existentes nas amostras a partir da curva lignocelulósica.

Gráfico 3 - Curva lignocelulósica de CLAE para reações com UV

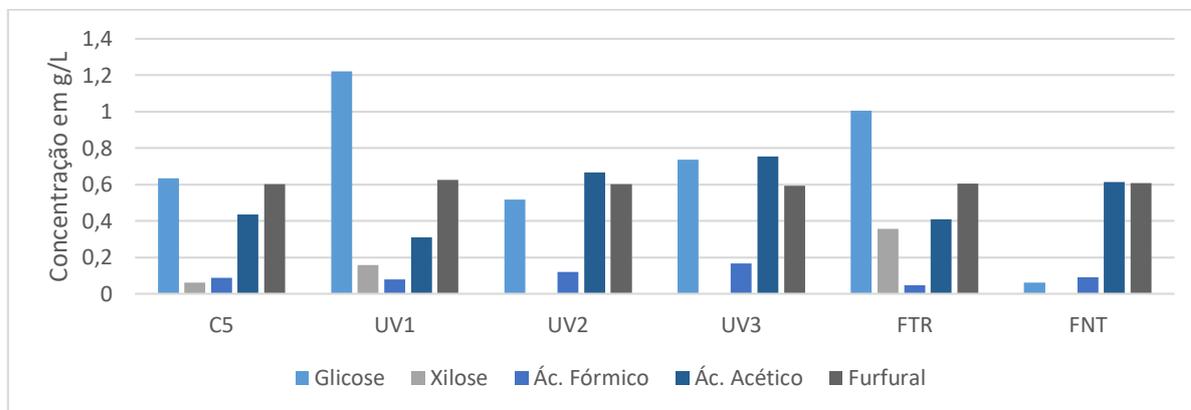


Fonte – Elaborado pelo autor

Com a união de todos os dados relacionados ao tratamento da FCCV em exposição à radiação solar, pode-se observar através do Gráfico 4, uma comparação entre a quantificação

de compostos tratados em solução de H_2O_2 de concentração 4,5% em pH controlado em 11,5 com e sem a influência da radiação Ultravioleta.

Gráfico 4 - Comparação entre tratamento com e sem efeito de UV

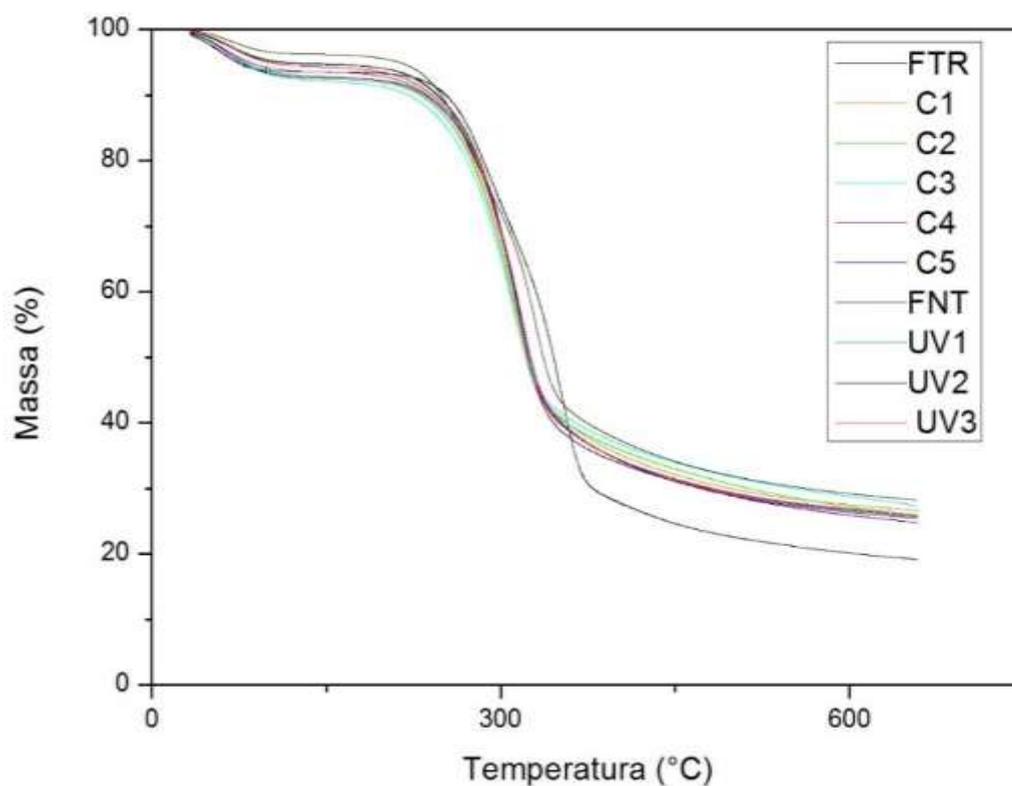


Fonte – Elaborado pelo autor

5.1.4. Análise de Termogravimetria (TGA):

Por meio das análises de termogravimetria, obteve-se o Gráfico 5, onde observa-se a comparação entre as estabilidades térmicas da FCCV sem tratamento, com o tratamento de referência e com as alterações de concentração; além dos resultados referentes à exposição do sistema à radiação solar.

Gráfico 5 - Comparação da estabilidade térmica da FCCV referente a cada tratamento



Fonte – Elaborado pelo autor

A partir dos dados obtidos com o Gráfico 6, fez-se a extrapolação linear das curvas de TGA. Esses dados obtidos pela extrapolação linear são referentes à temperatura de degradação térmica (ou T Onset) do material analisado. Foram detectados dois eventos, e para cada evento foi determinado o percentual de massa perdido em comparação com a amostra no início da análise e o T Onset. Esses dados encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Temperatura de degradação de cada amostra

Amostra	1° Evento		2° Evento	
	T onset (°C)	m (%)	T onset (°C)	m (%)
FNT	236,22	4,20	352,51	60,41
FTR	261,13	6,13	371,19	71,04
4,5%	254,70	7,99	342,13	62,65
UV1	263,22	6,32	337,97	60,31
UV2	259,06	6,66	333,82	62,31
UV3	271,52	7,70	335,89	60,98

Fonte – Elaborada pelo autor

O primeiro evento (decaimento de massa) pode ser relacionado à degradação da celulose, que ocorre aproximadamente em 200 °C; enquanto o segundo evento pode ser relacionado com a degradação da lignina, cuja faixa de temperatura para esse evento é de aproximadamente 310 °C (BRÍGIDA *et al.*, 2010).

Percebe-se que, em comparação com a FTR, que não houve diferença aparente na temperatura do 1° evento; mas houve uma diferença na temperatura do 2° evento. Essa diferença está associada a uma melhor remoção de lignina através do método com solução 4,5% com pH em 11,5.

6. CONCLUSÃO

Através das análises de colorimetria, TGA e MEV observou-se semelhança entre os resultados do método de referência e as condições avaliadas sem efeito do UV. Destaca-se uma redução na temperatura do sistema reacional de 85 °C (método de referência) para 50 °C, que mostrou-se eficaz para tratamento da fibra da casca de coco verde, dados os resultados observados. A análise de CLAE, por sua vez, mostrou algumas variações nas concentrações obtidas para alguns compostos. Não mostrando relações diretas entre os resultados obtidos.

A utilização da radiação solar aparentemente não gerou diferenças na composição química da fibra, entretanto, gerou uma melhor luminosidade na fibra em comparação à metodologia de referência e em relação às reações sem UV.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Jessica Silva de. **Extração de nanocristais de celulose da fibra de coco utilizando diferentes pré-tratamentos**. 2015. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura Plena em Química, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2015.

BRÍGIDA, A.I.S. **Imobilização de lipases utilizando fibra da casca de coco verde como suporte para aplicações industriais**. 193 f. 2010. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

BRÍGIDA, Ana Iraidy Santa *et al.* Effect of chemical treatments on properties of green coconut fiber. **Carbohydrate Polymers**, [s.l.], v. 79, n. 4, p.832-838, 17 mar. 2010.

CABRAL, Mirelle Márcio Santos *et al.* Composição da fibra da casca de coco verde in natura e após pré - tratamentos químicos. **Engevista**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.99-108, jan. 2017. Disponível em: <<http://periodicos.uff.br/engevista/article/viewFile/9089/6562>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

CASSALES, Ana Ribeiro. **Otimização da hidrólise da casca de soja (Glycine max) e avaliação da capacidade de xilitol e etanol por microrganismos sobre este hidrolisado**. 2010. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de 2010, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

CASTILHOS, Lisiane Fernanda Fabro de. **Aproveitamento da fibra de coco**. Curitiba: Tecpar - Instituto de Tecnologia do Paraná, 2011. 29 p. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY0MA==>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

DEBMANDAL, Manisha; MANDAL, Shyamapada. Coconut (Cocos nucifera L.: Areaceae). **Asian Pacific Journal Of Tropical Medicine**, [s.l.], v. 4, n. 3, p.241-247, mar. 2011. Medknow. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/s1995-7645\(11\)60078-3](http://dx.doi.org/10.1016/s1995-7645(11)60078-3)>.

DEDAVID, Berenice Anina; GOMES, Carmem Isse; MACHADO, Giovanna. **Microscopia eletrônica de varredura: Aplicações e preparação de amostras:** Materiais Poliméricos, metálicos e semicondutores. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 60 p. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/online/microscopia.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

DEGANI, A. L.; CASE, Q. L.; VIERA, P. C. Cromatografia um breve ensaio. **Química nova na escola**, São Paulo, n. 7, p. 21-25, 1998.

DENARI, Gabriela Bueno; CAVALHEIRO, Éder T. G. Princípios e Aplicações de Análise Térmica; São Carlos – SP, julho/agosto de 2012.

FIGUEIREDO, Mariele; SANTOS, Eliane Pereira dos; SCHMACHTENBERG, Natana. Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental. **Reget/UFSM: Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital**, Santa Maria - RS, p.79-91, 1 abr. 2014. Deng, Y. & Zhao, R. *Curr Pollution Rep* (2015) 1: 167. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40726-015-0015-z>>

GOLDSCHMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K.V.; LUDWIG, C.H. (Eds.) **Lignins: Occurrence, formation, structure and reactions**. New York: Wiley-Interscience, 1971. p.241-266.

GOUVÊA, Marcos M. *et al.* Application of ultraviolet radiation as a contribution to green chemistry and construction of an alternative and low-cost photochemical reactor for pre-treatment of samples. **Química Nova**, [s.l.], v. 37, n. 2, p.337-343, 2014. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140056>.

IRICK, T. J. *et al.* Comparison of colorimetric and HPLC techniques for quantitating the carbohydrate components of steam-treated wood. **Applied Biochemistry And Biotechnology**, [s.l.], v. 17, n. 1-3, p.137-149, abr. 1988. Springer Nature. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/bf02779152>>.

ISTOÉ. **A sede por água de coco estimula produção brasileira.** 2018. Disponível em: <<https://istoe.com.br/a-sede-por-agua-de-coco-estimula-producao-brasileira/>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

LIMA, Lais R. *et al.* CELLULOSE NANOCRYSTALS FROM BACTERIAL CELLULOSE. **Química Nova**, [s.l.], v. 38, n. 9, p.1140-1147, 12 ago. 2015. GN1 Genesis Network. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20150131.>>

MARQUES NETO, Francisco Pereira. **Características da lignina e da polpa celulósica de resíduos fibrosos do dendê pré-tratadas por explosão a vapor.** 2016. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

MARTINS, Adriana Pacheco *et al.* O Problema do Pós-consumo do Coco no Brasil: Alternativas e Sustentabilidade. **Sustentabilidade em Debate**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.44-57, 29 abr. 2016. Editora de Livros IABS. <http://dx.doi.org/10.18472/sustdeb.v7n1.2016.16566>.

MATTOS, Adriano Lincoln Albuquerque *et al.* Processamento da casca de coco verde para a produção de pó e fibra. **Journal Of The Interamerican Society For Tropical Horticulture**. [s.l.], 01 jan. 2011. p. 85-88.

MATTOS, Adriano Lincoln Albuquerque *et al.* **Beneficiamento da casca de coco verde.** Disponível em: <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_3830.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2018.

MATTOS, Ivanildo Luiz de *et al.* Peróxido de Hidrogênio: Importância e determinação. **Química Nova**, [s.l.], v. 26, n. 3, p.373-380, 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Embrapa Agroindústria Tropical. **Relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela Embrapa.** Ano de avaliação da tecnologia: 2012. Fortaleza, CE, 2013. 17 p. Disponível em:

<http://bs.sede.embrapa.br/2012/relatorios/agroindustriatropical_2012_cascacocoverde.pdf>. Acesso em 22 de outubro de 2018.

MORAIS, João Paulo Saraiva; ROSA, Morsyleide de Freitas; MARCONCINI, José Manoel. **Procedimentos para análise lignocelulósica**. 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42211/1/DOC11003.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

OLIVEIRA, Simone Lopes do Rêgo de. **Aproveitamento da casca do coco verde (Cocos nucifera L.) para produção de celulases**. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

PEREIRA, Camila Lúcio. **Aproveitamento do resíduo do coco verde para a produção de compósitos destinados à construção rural**. 2012. 137 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

REGO, Artur Serpa de Carvalho. **Otimização dos parâmetros da deslignização do bagaço de cana-de-açúcar com peróxido de hidrogênio alcalino através de modelo neural**. 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química e de Materiais, Departamento de Engenharia Química e de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

RIBEIRO, Elaine Angélica Mundim *et al.* Utilização de hemiceluloses catiônicas, obtidas a partir do aproveitamento da palha de milho, associadas com tanino para o tratamento de efluentes de lavanderia industrial. **Química Nova**, [s.l.], p.17-24, 19 ago. 2016. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20160147>>.

SALIBA, Eloísa de Oliveira Simões *et al.* Ligninas – Métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 5, p.917-928, 2001.

SANTOS, Durvalina Maria Mathias dos. **Célula Vegetal – Parede Celular**. 2007. 11 slides.

SANTOS, Fernando A. *et al.* Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p.1004-1010, 13 jan. 2012.

SANTOS, Larissa Carvalho; **Síntese e caracterização de adesivos lignina-fenol-formaldeído para madeira e derivados**. 2016. 55 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

SANTOS, Roni Marcos dos. **Extração e caracterização de nanocristais de celulose a partir de folhas de abacaxi**. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SILVA, Alessandro Costa da. REAPROVEITAMENTO DA CASCA DE COCO VERDE. **Revista Monografias Ambientais**, [s.l.], v. 13, n. 5, p.4077-4086, 18 dez. 2014. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/2236130815186>>.

SILVA, Juliana Monteiro da. **Gerenciamento do resíduo da análise de nitrogênio amoniacal em águas de reservatório pelo método do fenato: otimização e tratamento**. 2017. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Departamento de Química Analítica e Físico-química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SILVA, Rafael; HARAGUCHI, Shirani K.; MUNIZ, Edvani C.; RUBIRA Adley F. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. **Química Nova**, Maringá, Pr, v. 32, p.661-671, 02 abr. 2009.

SOUSA, Francisco W. *et al.* Uso da casca de coco verde como adsorvente na remoção de metais tóxicos. **Química Nova**, [s.l.], v. 30, n. 5, p.1153-1157, out. 2007. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422007000500019>>.

SOUZA, Fúlvio Rafael Bento de. **Síntese e caracterização de hemiceluloses catiônicas a partir do reaproveitamento da palha de milho**. 2012. 40 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

SOUZA, N.F. Comparação de metodologias para obtenção de polpas branqueadas a partir das fibras da prensagem do mesocarpo do dendê. *In*: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Fortaleza. **Anais...** Palmas: Instituto Federal de

Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, 2012. Disponível em:
<<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4037/2444>>

TRIGO, Juliana Moreno *et al.* Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente processados. **Brazilian Journal Of Food Technology**, [s.l.], v. 15, n. 2, p.125-133, 8 maio 2012. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1590/s1981-67232012005000005>>

Universidade Federal do Ceará (Org.). **Guia de Normalização de Trabalhos Acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. 2017. Disponível em:
<<http://www.biblioteca.ufc.br/wp-content/uploads/2015/08/guia-normalizacao-trabalhos-ufc-2013.pdf>>. Acesso em 07 de dezembro de 2018.

ZANUNCIO, Antônio José Vinha; COLODETTE, Jorge Luiz. Teores de lignina e ácidos urônicos na madeira e polpa celulósica de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p.341-347, 2011.