



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

SIMONE HOFFMANN

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO CAROÇO DO DENDÊ VISANDO
FUTURAS APLICAÇÕES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Alegrete

2016

SIMONE HOFFMANN

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO CAROÇO DO DENDÊ VISANDO
FUTURAS APLICAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia – PPEng da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Luis Ernesto Roca Bruno

**Alegrete
2016**

Hoffmann, Simone.

Caracterização físico-química do Caroço do dendê visando futuras aplicações.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Pampa.
Mestrado em Engenharia dos Materiais, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Luis Ernesto Roca Bruno

1. Dendê. 2. Caracterização. 3. Meio Ambiente

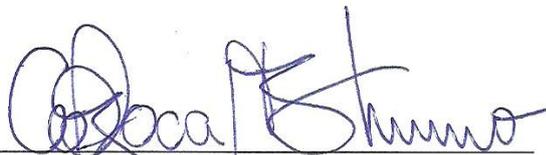
SIMONE HOFFMANN

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO CAROÇO DO DENDÊ VISANDO
FUTURAS APLICAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Engenharia – PPEng da Universidade
Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Engenharia.

Área de concentração: Tecnologia de Materiais

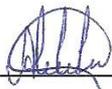
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Luis Ernesto Roca Bruno
Orientador/ UNIPAMPA



Prof. Dr. Luis Eduardo Kostascki
Examinador/ UNIPAMPA



Prof. Dr. André Carlos Cruz Copetti
Examinador/ UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o responsável por toda a minha fé, sustentação, força e coragem para chegar até aqui e concluir mais uma etapa da minha vida;

Ao meu esposo Jeferson Lemes pela paciência, compreensão e por estar ao meu lado me apoiando em todos os momentos, pelo seu incentivo e por fazer parte desta conquista;

À minha família, pelo apoio e amor, em especial à minha mãe;

Ao meu orientador Prof. Dr. Luis Ernesto Roca Bruno pela confiança, orientação e apoio para a realização deste trabalho;

Aos professores que compõem a banca examinadora por aceitarem participar da avaliação e correção do trabalho: Prof. Dr. Luis Eduardo Kostascki e Prof. Dr. André Carlos Cruz Copetti;

À Dra. Cláudia M. G. de Souza, pela presença no exame de Qualificação, por todo auxílio e disponibilidade de participar da banca;

À Prof.^a M.^a Simone Dornelles Venquiaruto por suas palavras e orientações acreditando no meu potencial. Obrigada por toda atenção e estímulo;

Aos técnicos dos Laboratórios que de algum modo me ajudaram na realização das amostras e ensaios;

Àqueles que de alguma forma me deram força para continuar, contribuindo com os seus gestos e palavras gentis de amizade, carinho e apoio, que direta ou indiretamente, contribuíram para o alcance do meu objetivo;

À FAPERGS, pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

Muito obrigada!

RESUMO

Ao longo do tempo, a preocupação da sociedade com o meio ambiente e a demanda por produtos ecologicamente corretos para serem utilizados em diferentes segmentos industriais aumentaram gradativamente. Considerando tal situação, este trabalho objetivou a caracterização do caroço do dendê (endocarpo), visando futuras aplicações, que poderá resultar em um subproduto. As análises se deram a partir de ensaios de termogravimétrica (TGA/DSC), análises físicas (massa específica e dureza), difração de raios-x, infravermelho com transformada de Fourier, espectroscopia Raman e microscopia eletrônica de varredura. O caroço do dendê apresentou boa estabilidade térmica, tendo suas degradações iniciadas na faixa de 240°C. O material evidenciou características de materiais amorfos, porém com alguns picos peculiares, identificando a presença predominante de fases específicas do óxido de silício e celulose. Os resultados obtidos de massa específica e dureza foram avaliados e comparados com resultados publicados de outros endocarpos ou materiais semelhantes. Considerando futuras aplicações, verificou-se que o material em estudo possui baixa atividade pozolânica permitindo seu emprego apenas como carga em compósitos à base de cimento Portland, não descartando a possibilidade de aplicação do mesmo em compósitos poliméricos. Todavia, é imprescindível que mais ensaios sejam realizados com investigações mais específicas para o uso do caroço do dendê como matéria-prima.

Palavras-chave: dendê, caracterização, meio ambiente.

ABSTRACT

Throughout the time, the concern of the society to the environment and the demand for ecologically friendly products for use in different industrial segments increased gradually. Considering this situation, this study aimed to characterize the palm's core, aiming future applications and may result in a byproduct. The analysis is given from thermogravimetric tests (TGA/DSC), physical analysis (density and hardness), x-ray diffraction, infrared Fourier transform spectroscopy, Raman spectroscopy and scanning electron microscopy. The palm's core showed good thermal stability, and its degradations initiated at 240°C range. The material showed characteristic of amorphous materials, but with some peculiar peaks, identifying the predominant presence of specific phases of silicon oxide and cellulose. The results of density and hardness were evaluated and compared with others results published about cores or similar materials. Considering future applications, it was found that the test material has low pozzolanic activity, allowing its use only as filler in composite cement-based Portland, not rejecting the possibility of applying in polymer composites. However, it is essential that more tests are carried out with more specific investigations into the use of palm's core as raw material.

Keywords: palm, characterization, environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da Pesquisa.....	26
Figura 2- Esquema genérico de um experimento de XRF.....	44
Figura 3 – Esquema de Fluorescência de Raios X.....	44
Figura 4 - Ilustração da difração de raios X por um cristal.....	45
Figura 5 - Representação da oscilação eletromagnética.....	48
Figura 6 - Ilustração do mecanismo de FTIR.....	48
Figura 7 - Representação esquemática de uma curva DSC.....	50
Figura 8- Esquema de um equipamento genérico a) DSC com fluxo de calor; b) DSC com compensação de potência.....	51
Figura 9 - Diagramas representando os processos de espectroscopia Raman que gera dois tipos de espalhamento.....	53
Figura 10 - Espalhamento de um fóton através de um ângulo θ em um espaço de vetor de onda q para um espaço de vetor de onda q' com (a) a emissão de um fônon do vetor de onda k (Stokes) e (b) a absorção do fônon do vetor de onda k (anti-Stokes).....	53
Figura 11 – Ilustração da indentação produzida pelo teste de microdureza de Vickers.....	55
Figura 12 – Planta de dendezeiro e frutos.....	58
Figura 13 - Fruto do dendê.....	61
Figura 14 – Esquematização da fisiologia vegetal do dendê.....	61
Figura 15 - Tipos de frutos de dendezeiro em função da espessura do endocarpo (a) Fruto do tipo dura, (b) Frutos do tipo tenera e (c) Frutos do tipo psifera.....	62
Figura 16 – Mapeamento localização Valença.....	65
Figura 17 - Caroço do dendê.....	66
Figura 18 - Caroço do dendê limpo e colocado em estufa.....	66
Figura 19 – Triturador utilizado na moagem do caroço do dendê.....	67
Figura 20 – Equipamento Difração de Raios-X- modelo ULTIMA IV.....	68
Figura 21 – Equipamento Infravermelho	69
Figura 22 – Equipamento TGA- modelo TGA-50.....	70
Figura 23 – Equipamento DSC- modelo DSC-60.....	70
Figura 24 – Equipamento Raman microscope.....	71

Figura 25 – Microdureza Vickers – A)Equipamento B)Embutimento Amostra.....	72
Figura 26 – Procedimentos determinação da Massa Específica.....	73
Figura 27 – Microscopia Eletrônica de Varreduta – A) Metalizadora B) Equipamento MEV- Modelo EVO; C) Amostra metalizada.....	74
Figura 28 – Difração de Raios-X do caroço do dendê.....	77
Figura 29 – Infravermelho caroço do dendê.....	78
Figura 30 - Análise termogravimétrica do caroço do dendê (Curva TGA).....	80
Figura 31- Análise termogravimétrica do caroço do dendê (Curva DSC).....	82
Figura 32- Espectros Raman do caroço do dendê.....	83
Figura 33 – Microscopia caroço do dendê com aumento de 500x (A) e 1500x (B)...	87
Figura 34 – Microscopia revestimento da fibra e Tricomas (Tc) no caroço do dendê x500(A), x1000(B) e x1500(C).....	88
Figura 35 – Microscopia dos corpúsculos de sílica.....	89
Figura 36 – Microscopia regiões de cera epicutilar superfície do caroço do dendê aumento de x100(A), x500(B) e x1000(C).....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação Taxonômica da família da classe liliopsida.....	60
Tabela 2 - Composição química do caroço do dendê obtida por FRX.....	76
Tabela 3 – Intervalos de temperaturas e as respectivas perdas de massa do caroço do dendê.....	81
Tabela 4 – Valores obtidos em cada endentação no ensaio de microdureza Vickers (HV).....	84
Tabela 5 – Exemplos medidas de dureza outros materiais.....	85
Tabela 6 – Massa específica real de endocarpos de dendê e compilação de dados da literatura para endocarpos de frutos de outras espécies.....	85

LISTA DE ABREVIATURAS, SIMBOLOS E SIGLAS

µm - Micrômetro

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

DRX - Difratômetro de Raios X

DSC - Calorimetria Diferencial de Varredura

EBDA - Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola

FTIR – Espectrômetros de Infravermelho com Transformada de Fourier

FRX - Fluorescência de raios-X

gf – grama força

IRHO - Institut de Recherche pour les Huiles et les Oléagineux

kgf - quilograma-força

mm - milímetro

min – minuto

ml – mililitro.

MEV– Microscopia eletrônica de varredura

POME – Palm Oil Mill Effluent

TGA – Análise Termogravimétrica

UNIPAMPA- Universidade Federal do Pampa

s – segundos

vs – versus

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 Objetivos	25
Objetivo Geral	25
Objetivos Específicos	25
1.2 Delineamento	25
1.3 Estrutura da dissertação	27
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
2.1 A sustentabilidade o Meio Ambiente e a Construção Civil	28
Agregados e Aglomerantes	32
2.2 Materiais Alternativos na Construção Civil	35
2.2.1 Bambu	37
2.2.2 Pneus	38
2.2.3 Garrafas Pet	39
2.2.4 Cinzas do Bagaço da Cana de Açúcar (CBC) e cinzas de Casca de arroz	40
2.2.5 Fibras	40
2.2.6 Caroço de Espiga de Milho	41
2.3 Técnicas de Caracterização	41
2.3.1 Fluorescência de raios X (FRX)	42
2.3.2 Difração de Raios X (DRX)	45
2.3.3 Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)	46
2.3.4 Análise Termogravimétrica (TGA)	48
2.3.5 Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)	49
2.3.6 Espectroscopia Raman	52
2.3.7 Análise de Ensaio de Microdureza Dureza Vickers	54
2.3.8 Massa Específica	55
2.3.9 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	56
2.4 Histórico do Dendê	57
2.4.1 Morfologia do dendezeiro	60
2.4.2 Potencialidades do dendê	63
2.4.3 Produtos do dendenzeiro	64
3 MÉTODO DE PESQUISA	65

3.1 Materiais	65
3.1.1 Carço do dendê (endocarpo)	65
3.1.2 Preparação da amostra	66
3.2 Metodologia	67
3.2.1 Fluorescência de Raios X (FRX)	68
3.2.2 Difração de Raios X (DRX)	68
3.2.3 Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)	69
3.2.4 Análise Termogravimétrica (TGA)	69
3.2.5 Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)	70
3.2.6 Espectroscopia Raman	71
3.2.7 Análise de Ensaio de Microdureza Dureza Vickers	71
3.2.8 Massa Específica	73
3.2.9 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	74
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	75
4.1 Características Físicas e Químicas do Carço (endocarpo) do Dendê	75
4.1.1 Fluorescência de Raios X (FRX)	75
4.2.2 Difração de Raios X (DRX)	77
4.2.3 Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)	78
4.2.4 Análises Termogravimétricas – TGA	79
4.2.5 Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)	81
4.2.6 Espectroscopia Raman	83
4.2.7 Análise de Ensaio de Microdureza Dureza Vickers	83
4.2.8 Massa Específica	85
4.2.9 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	86
5 CONCLUSÕES	91
5.1 Considerações Finais	91
5.2 Conclusões	93
5.3 Sugestões para Trabalhos Futuros	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1 INTRODUÇÃO

O dendezeiro (*Elaeis guineenses Jacq.*) é uma espécie pertencente à família *Arecaceae* (antiga família *Palmae*), com origem na África Ocidental, mais precisamente da região do Golfo da Guiné. Introduzido na América do Sul, no período colonial pelos escravos que utilizavam o óleo na sua culinária (SAVIN, 1965).

O dendê é matéria-prima para uma série de produtos, não se restringindo apenas ao azeite. Da palmeira ou dendezeiro colhem-se frutos que dão em cachos, do seu aproveitamento obtêm-se muitos subprodutos. O fruto individual que varia de 6 a 20 g, é formado por uma pele exterior (exocarpo ou epicarpo), uma polpa (mesocarpo), um anel central constituído por uma concha (endocarpo) e o anel, que por sua vez contém um óleo (POKU, 2002).

A Bahia possui uma diversidade edafoclimática excelente para o cultivo dendezeiro, com uma disponibilidade de área da ordem de 854 mil ha, em áreas litorâneas que se estendem desde o Recôncavo Baiano até os tabuleiros do Sul da Bahia, porém apenas 41.486 hectares estão sendo cultivados (CONAB, 2006).

A produção baiana concentra-se na região do Baixo Sul, em torno do município de Valença. Nesta região o fruto do dendê é um material com elevada importância econômica e destaca-se em nível estadual e nacional. Primitivamente seu processo produtivo situava-se entre artesanal e manufatureiro, sendo este pouco mecanizado ocupando muitas pessoas, o que gerou oportunidades de empregos. A extração do óleo do fruto de dendê leva em torno de alguns dias, desde o corte, transporte até seu cozimento. Porém após a quebra do caroço de dendê para uma segunda extração do óleo, o mesmo não possui uma destinação adequada o qual é descartado, gerando acúmulos desses resíduos.

Diante do exposto e do escasso conhecimento na literatura a cerca das características proveniente da moagem do caroço do dendê é notório a necessidade de pesquisas e análises que possibilite o conhecimento mais aprofundado do material em estudo. Fator este incentivador deste trabalho que tem como propósito realizar a caracterização do caroço do dendê, cedido por uma empresa localizada no município de Valença, estado da Bahia, visando futuras aplicações na engenharia.

Sabe-se que os materiais convencionais na construção civil apresentam limitações para a execução de projetos arquitetônicos, o que tem estimulado o desenvolvimento de novos produtos. Desta maneira, o progresso de pesquisas com materiais compósitos demonstram um considerável avanço no que diz respeito a esses estudos (KITAMURA, 2006).

Aliado com a crescente preocupação da sociedade com o meio ambiente e a demanda por produtos ecologicamente corretos para serem utilizados em diferentes segmentos industriais. O dendê se mostra como uma matéria-prima interessante, pois a cultura do dendê possui como diferencial o baixo impacto ambiental e possibilidade de cultivo em solos pobres (CONAB, 2006).

Compete aos pesquisadores a responsabilidade de encontrar soluções viáveis do ponto de vista econômico, ecológico (ambiental) e eficaz (tecnológico) (SILVA et al., 2015). Por outro lado é necessário o entendimento e domínio da Engenharia de Materiais, trazendo consigo a tarefa de sintetizar e empregar conhecimentos fundamentais e empíricos na acepção de desenvolver, preparar, modificar e aplicar os materiais para que atendam as exigências da sociedade (VLACK, 1984).

Faz-se necessário salientar a importância principalmente pela área de análise e caracterização de materiais devido à necessidade de seleção adequada do material baseado no desempenho do sistema em estudo (HERMAN et al., 2012). A caracterização de um determinado material visa à busca de informações e conhecimentos de maneira minuciosa, buscando resultados que determinem os principais elementos, propriedades, aptidões e até mesmo alguma insuficiência deste material em comparação aos atuais disponíveis no mercado.

Entretanto, somente a partir de ensaios mecânicos que poderão ser realizados futuramente, abrangendo a adição do endocarpo moído à argamassa cimentícia, será possível obter dados relativos às propriedades desses novos compósitos. A expectativa é que a partir deste estudo preliminar, além da caracterização de um material inédito, seja praticável a avaliação da possibilidade técnica e viabilidade econômica do empreendimento do material seguido de projetos de otimização, onde sejam criadas novas pesquisas com base na aplicação deste material, de forma a produzir um produto com melhores características quando comparado à argamassa convencional e, sobretudo, encontrando uma destinação apropriada para resíduos desta natureza.

1.1 Objetivos

Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é caracterizar o caroço do dendê (endocarpo).

Objetivos Específicos

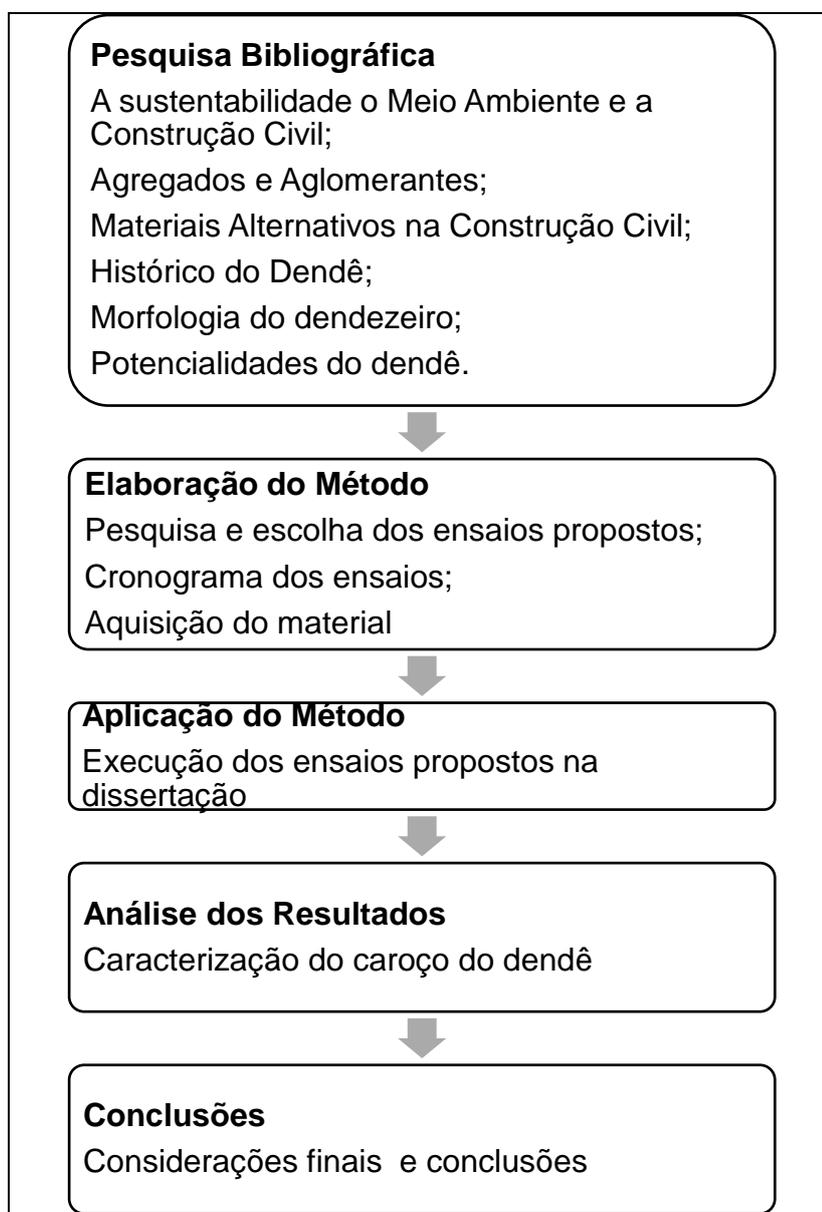
Esta dissertação tem os seguintes objetivos específicos:

- I. Identificar, analisar e quantificar a composição e estrutura dos elementos presentes na amostra (análise qualitativa e quantitativa), através de ensaios e técnicas normativas;
- II. Analisar termicamente o fluxo de energia calorífica associado a transições na amostra em função da temperatura;
- III. Realizar caracterização morfológica;
- IV. Analisar a dureza do caroço do dendê e realizar um comparativo com outros materiais utilizados na engenharia;
- V. Realizar um comparativo da massa específica do material em estudo (caroço do dendê) e a massa específica da areia e do cimento;

1.2 Delineamento

O trabalho foi desenvolvido de acordo com as etapas apresentadas no fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Etapas da Pesquisa



Fonte: Própria autora

A etapa de pesquisa bibliográfica objetiva corroborar para os conhecimentos teóricos sobre o tema da pesquisa, proporcionando um melhor entendimento do mesmo, indispensável para a definição da pesquisa e análise e interpretação dos resultados. Esta etapa estará presente durante toda a execução do trabalho.

A segunda etapa denominada elaboração do método, trata da caracterização do material que será utilizado, a definição e escolha dos ensaios adequados.

A terceira etapa, execução do método constitui-se na busca e aquisição do material e equipamentos necessários para a realização dos ensaios laboratoriais. Simultaneamente, a etapa envolve a execução das atividades laboratoriais.

A quarta etapa constitui-se da análise dos resultados e discussões, sendo efetuadas as análises qualitativas e quantitativas dos ensaios realizados neste estudo.

A quinta etapa é formada pelas conclusões acerca dos resultados obtidos, bem como as considerações e sugestões de trabalhos futuros.

1.3 Estrutura da dissertação

O texto da dissertação está organizado em cinco capítulos, cujo conteúdo será apresentado nos próximos parágrafos.

O primeiro capítulo consiste na parte introdutória do trabalho. Inicialmente é realizada a contextualização e a justificativa do tema levando-se em consideração a importância do desenvolvimento de novos materiais como uma alternativa no campo de aplicações em engenharia. Logo após são estabelecidos o objetivo geral e os objetivos específicos do estudo. E na sequência, é apresentada a estrutura do texto.

No segundo capítulo é descrito sobre sustentabilidade e meio ambiente, argamassa, bem como seu conceito, importância e seu impacto ao meio ambiente, sobre materiais alternativos na construção civil e técnicas de caracterização. Seguido de uma revisão sobre o fruto de dendê, desde seu histórico a sua morfologia enfatizando sua importância.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia e materiais adotados no presente estudo, assim como as técnicas de caracterização físicas e químicas. Posteriormente no quarto capítulo será desenvolvida a discussão e análise dos resultados.

No quinto capítulo serão especificadas as conclusões do trabalho e as sugestões para continuidade da pesquisa sobre o tema. O trabalho é finalizado com a apresentação das Referências Bibliográficas.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A sustentabilidade o Meio Ambiente e a Construção Civil

Há alguns anos atrás os economistas estavam despreocupados com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, eles mantinham a esperança que a humanidade fosse entrar no século dourado por intermédio do progresso tecnológico. Porém, logo depois despertou o discernimento de que os problemas ambientais já haviam atingido um patamar elevado, que reproduzia um desafio à sobrevivência da humanidade. Este fator ajudou para o desenvolvimento acelerado dos estudos referentes com conceito da sustentabilidade e de medidas de desenvolvimento sustentável (MIKHAILOVA, 2004).

O termo “sustentabilidade” foi diversas vezes usado para explicar qualquer atividade, desde que ela reservasse recursos para as gerações futuras. A definição vigente de desenvolvimento sustentável, que foi expresso na Cúpula Mundial em 2002, implica o conceito mais concreto do objetivo de desenvolvimento atual (o avanço da qualidade de vida de todos os habitantes) e simultaneamente enfatiza o fator que limita tal desenvolvimento e pode prejudicar as gerações futuras (o uso de recursos naturais além da capacidade da Terra).

Segundo Mikhailova (2004), uma atividade sustentável é aquela que pode ser mantida para sempre, ou seja, uma exploração de um recurso natural exercida de forma sustentável durará eternamente. A sociedade sustentável é aquela que não coloca em perigo os elementos do meio ambiente. Já o desenvolvimento sustentável é aquele que melhora a qualidade da vida do homem na Terra e simultaneamente respeita a capacidade de produção dos ecossistemas nos quais vivemos.

De acordo com Correa (2009), sustentabilidade foi o assunto de discussão iniciado na década de 80 onde se definia a sustentação das necessidades da geração existente sem atingir a habilidade das gerações vindouras de sustentar as suas. A partir de então, pesquisas e estudos em todo o mundo levariam a pontos significativos para que se obtivessem uma concepção sustentável nos parâmetros vigentes quanto às questões ambientais. A definição de sustentabilidade foi edificada na Conferencia das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente Humano em 1972, em Estocolmo e em 1992 na Conferencia das Nações Unidas para o Ambiente

e Desenvolvimento e também através do Relatório Brundtland, publicado em 1987 (ARAUJO et al., 2013).

Conforme Barros (2011), em 1997, a União Européia formulou os três pilares da sustentabilidade na Conferencia de Cúpula Copenhague e no Tratado de Amsterdã, os quais são: econômico, ecológico e social. A ONU por sua vez, relacionou a definição de sustentabilidade as noções de cooperação, participação justiça e respeito dos interesses coletivos.

Dalf (2010), afirma que a sustentabilidade é uma expressão usada para esclarecer ações e atividades humanas que aspiram atender às necessidades atuais dos seres humanos, sem prejudicar o futuro das próximas gerações. O seja, que a sustentabilidade está ligada de maneira direta ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de maneira perspicaz para que eles se mantenham no futuro. Para o autor seguir estes parâmetros é a garantia de desenvolvimento sustentável para humanidade.

Conforme Tavares (2010), a questão ambiental discutida hoje é resultante dos problemas do impacto ambiental sofridos, da crise energética e do uso desordenado dos recursos naturais. No momento presente busca-se por práticas estratégicas que minimizem a degradação e os desequilíbrios gerados no meio ambiente.

A palavra sustentável é originada do latim: “sus-tenere” e quer dizer sustentar, suportar ou manter. É usada, na língua inglesa, desde o século XIII, mas, apenas a partir dos anos 1980, o termo “sustentável” de fato começou a ser usada com regularidade (KAMIYAMA, 2011).

De modo frequente a mídia e outros meios de comunicação estão se tornando repetitivos com palavras como meio ambiente, sustentabilidade, responsabilidade social, ecologicamente correto, empresa sustentável e outros termos que, para muitos, ainda são de difícil assimilação e conceituação (FRANCISCO et al.; 2011). Há muito tempo ouvem-se os cientistas relatarem que manter os padrões de consumo e vida como nos dias atuais, seria algo impraticável, pois os recursos naturais são poucos e com o passar do tempo, poderão tornar-se insuficientes, caso não mudarmos a maneira de viver, tomando atitudes mais consciente e sustentável. Para poder adequar a vida aos princípios da sustentabilidade, é necessário assimilar melhor o conceito e a maneira de modificar os hábitos em ações sustentáveis (BARROS, 2011).

Algumas ações relacionadas à sustentabilidade se realizadas poderiam contribuir de maneira significativa. Como por exemplo, a exploração dos recursos vegetais de florestas e matas de maneira controlada, a preservação total de áreas verdes não destinadas à exploração econômica, terem ações que incentivem a produção e consumo de alimentos orgânicos, pois estes não agridem a natureza além de favorecerem a saúde dos seres humanos. Outra ação seria a exploração dos recursos minerais (petróleo, carvão, minérios) de forma controlada, racionalizada e com planejamento, o uso de fontes de energia limpas e renováveis (eólica, geotérmica e hidráulica) com o intuito de diminuir o consumo de combustíveis fósseis (ANTONIO, 2013).

Nos dias atuais existe uma necessidade de estabelecer atitudes pessoais e empresariais voltadas para a reciclagem de resíduos sólidos, assim como o desenvolvimento de uma gestão sustentável nas empresas para diminuir o desperdício de matéria-prima e desenvolvimento de produtos com baixo consumo de energia. Faz-se necessário desenvolver ações voltadas para o consumo controlado de água, evitando ao máximo o desperdício e adotar maneiras que visem a não poluição dos recursos hídricos e despoluição daqueles que se encontram poluídos ou contaminados.

Conforme Antonio (2013) todas essas ações e sustentabilidade asseguram a médio e longo prazo um planeta em condições melhores para o prolongamento das diversas formas de vida, inclusive a humana. Garante os recursos naturais necessários para as gerações futuras, propiciando a conservação dos recursos naturais (florestas, matas, rios, lagos, oceanos) e garantindo uma melhor qualidade de vida para as próximas gerações.

Outro fomentador da poluição ao meio ambiente e que possui um papel essencial para a realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável é a construção civil, empregando uma quantidade expressiva de materiais. Várias metodologias com fundamentação científica foram e estão sendo desenvolvidas para colaborar com o sistema de escolha de materiais com base sustentável e com pretensão de aumento na produtividade dos projetos (RAMALHETE et al., 2010).

O Conselho Internacional da Construção – CIB indica a indústria da construção como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e emprega a energia de maneira intensiva, causando graves impactos

ambientais. E ainda existem os impactos dos produtos associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Calcula-se que mais de 50% dos resíduos sólidos produzidos pelo conjunto das atividades humanas sejam procedentes da construção. Tais perspectivas ambientais, aliados à qualidade de vida que o ambiente construído fornece, resumem a relação entre construção e meio ambiente (NERI, 2015).

No Brasil a construção civil é um dos maiores consumidores de recursos naturais, o setor utiliza em torno de 20 a 50% do total dos recursos naturais consumidos pela sociedade (BRITO e PIKANÇO, 2015). Além do impacto gera o esgotamento de matéria prima, dano ecológico, extração exagerada provocando assim poluição de mananciais, emissões danosas à saúde humana, aquecimento global e muitos outros desperdícios. (JOHN, 2000).

Segundo Neri (2015) a construção civil é o terceiro maior responsável pela emissão de gases do efeito estufa à atmosfera. Logo, a construção sustentável se torna fundamental no desenvolvimento e incentivo de toda uma cadeia produtiva que possa alterar seus processos para um foco mais ecológico, de maneira a transformar a situação de degradação ambiental, bem como para manter os recursos naturais para futuros usos e gerações vindouras.

Os impactos, além de ambientais, também influenciam o meio social, econômico e visual. Tendo em vista diminuir este impacto no meio ambiente, a construção civil tem caminhado sentido ao desenvolvimento sustentável, considerando-se tratar de um setor importante da economia, fundamental ao desenvolvimento econômico do país. De acordo com a autora Gonçalves (2014), para a construção ser caracterizada como sustentável há de se levar em conta um conjunto de critérios como, por exemplo, uso de materiais recicláveis, orientação da implantação, eficiência energética entre outros.

A escolha dos materiais a utilizar num âmbito de construção sustentável não deve jamais ser realizada de qualquer maneira e ainda dispensando uma abordagem global de todos os impactos ambientais causados pelo material utilizado (PACHECOTORGAL e JALALI, 2007).

Agregados e Aglomerantes

Dentre os materiais mais utilizados na construção civil encontramos os aglomerantes: Cimento Portland e agregados: areia. Os aglomerantes são os principais componentes de uma argamassa ou concretos, pois são eles que possuem os compostos químicos que iniciam o processo de hidratação (BAUER, 2000). Estes são materiais pulverulentos que se hidratam com a existência de água produzindo uma pasta forte capaz de unir agregados, dando origem as argamassas e concretos (RIBEIRO et al., 2002).

Os aglomerantes mais utilizados na construção civil para a produção de argamassas e concretos são o cimento Portland e a cal hidratada. O cimento Portland é o produto obtido pela pulverização de clínquer constituído principalmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com quantidades de sulfato de cálcio natural, incluindo, possivelmente, adições de algumas substâncias que alteram suas características ou facilitam sua utilização (BORGES, 2002).

Agregado, por sua vez, é um material granular, como a areia, pedregulho pedrisco, rocha britada, escória de alto-forno ou resíduos de construção e de demolição, o qual é utilizado com um meio cimentício para originar concreto ou argamassa (MEHTA e MONTEIRO, 2008). O termo agregado miúdo refere-se às partículas de agregado menores que 4,75mm, mas maiores que 75 μ m (peneira nº 200) (NBR 52, 2009).

Cincotto e Carneiro (1999) citado em Araújo (2001) afirmam que a areia possui função de diminuir a proporção de aglomerantes na argamassa, possibilitando um maior rendimento e reduzindo os efeitos indesejáveis do cimento. O agregado miúdo participa com cerca de 80% da massa total da mistura, fato este que torna imprescindível a importância do estudo de sua influência nas propriedades das argamassas.

Santiago (2007) afirma que a participação da areia nas argamassas dá-se apenas para redução do custo da argamassa e alteração da porosidade do material resultante. Segundo Agostinho (2008) a escolha do tipo de areia e a sua composição granulométrica possui enorme relevância no desempenho das argamassas, assim como pode facilitar a adoção de soluções economicamente satisfatórias, em virtude da utilização quantidades menores de ligante. Os agregados realizam funções de

alta influencia na argamassa, pois além de ser o esqueleto da mesma, têm um papel determinante na compacidade e retração das argamassas.

Coutinho (2002), afirma que com uma granulometria contínua (partículas distribuídas uniformemente por todas as dimensões, da menor à maior) e com partículas com forma correta, é possível obter uma argamassa mais compacta e resistente para uma dosagem mais reduzida de cimento. De acordo com Sbrighi (2005) uma granulometria proporcional resulta em concretos trabalháveis e econômicos, com índice de vazios menor, que minimizam os riscos de penetração de agentes agressivos.

A distribuição granulométrica e a morfologia dos agregados têm grande impacto em relação ao desempenho das argamassas. A distribuição granulométrica da areia afeta na trabalhabilidade da argamassa e no consumo de aglomerantes e água (ANGELIM e CARASEK, 2003). Os agregados são relativamente baratos e não entram em complexas reações químicas com a água e são normalmente titulados como material de enchimento inerte do concreto (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Aglomerantes e agregados são os principais materiais constituintes de concretos e argamassas. Na construção civil as argamassas têm finalidades diversas, sendo empregadas desde a execução da edificação até a conclusão da obra. Desta forma, diversos conceitos podem ser-lhes atribuídos, a depender da finalidade que lhes for estabelecida (CARASEK, 2007).

Conforme a NBR 13281 (ABNT, 2005) a argamassa é uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Ademais se sabe que as argamassas e concretos são materiais de construção que têm seu uso cada vez maior e mais especializado nas edificações, cujos traços e características dependem do tipo de aplicação dos mesmos. Sabe-se que as argamassas, assim como o concreto, também são plásticas nas primeiras horas, e endurecem com o tempo, ganhando elevada resistência e durabilidade (RODRÍGUEZ, 1994).

Os cimentos estão presentes tanto em argamassas como em concretos, onde os produtos resultantes da hidratação auxiliam como uma ligação para os agregados. A composição química do cimento e finura, associado aos demais

componentes das argamassas e concretos, influenciam nas propriedades do material fresco como reologia, taxa de aquecimento, pega e taxa de desenvolvimento de resistência (STUTZMAN, 2004).

É fundamental avaliar o desempenho dos materiais de construção (KRUS et al.; 1997). Por isso faz-se necessário vários estudos prévios as suas aplicações, a fim de prever o desempenho dos materiais de construção quando estes estiverem expostos a intempéries. A análise da relação entre a microestrutura e as propriedades colabora de forma positiva para o desempenho dos mesmos (QUENARD et al.; 1998).

As propriedades das argamassas são influenciadas pelos materiais empregados na sua execução. Estas propriedades são importantes para o uso final da mesma. As proporções dos vários materiais utilizados na fabricação da argamassa e a mistura resultante precisam além da sua conformidade em relação ao tipo de argamassa esperada, também necessitam ser homogêneas. Estes materiais no estado inicial evidenciam boa plasticidade, porém, quando a mistura endurece, mostram rigidez, resistência e aderência (ALMEIDA, 2010).

É evidente a importância da utilização da argamassa e concreto na construção civil, porém o uso demasiado destes produzem um efeito negativo ao meio ambiente. Atualmente existem muitos estudos a fim de solucionar a diminuição da poluição advindos da fabricação da argamassa e do concreto.

Um material comum utilizado na argamassa e que proporciona alterações no ambiente é o cimento. Sendo este gerador de uma considerável quantidade de CO₂, que é liberada na atmosfera, provocando danos ao meio ambiente e à saúde humana. Souza et al (2015) destacam que o cimento é material importante para construção e o segundo produto mais vendido no mundo, sendo sua indústria responsável por 7% de emissão de gás carbônico na atmosfera, só no Brasil são lançados 22,8 milhões de toneladas por ano.

Outro material fundamental para construção civil é a areia, consumida no Brasil num volume de aproximadamente 320 milhões de m³, desse total quase 100% é extraído de rios e cavas, o que equivale à construção de 7.100 estádios como o Maracanã no Rio de Janeiro (KUCK, 2008). A extração deste material em rios modifica sua calha natural, exercendo grande efeito em sua vazão, apressando o processo de erosão de suas margens, provocando o assoreamento em algumas partes do canal. E a extração em cavas, tem como consequência a detenção da

água nestes locais, tornando estes ambientais propícios à proliferação de vetores como o Mosquito da Dengue (*Aedes aegypti*). A retirada do material dos leitos de rios é realizada de forma mecânica e sua extração é uma das grandes preocupações de autoridades ambientais em todo o planeta (SILVA et al, 2013).

Desde a década de 1970, em alguns países da Europa e Estados Unidos, já existe a troca do agregado natural por artificial. No Brasil, o uso desta técnica ainda é limitado, em São Paulo, por exemplo, onde se encontra um dos maiores mercados consumidores do país, apenas 10% da areia empregada no mercado é artificial. (KUCK, 2008).

2.2 Materiais Alternativos na Construção Civil

Desde os primórdios da humanidade, a construção civil se beneficia de um conjunto de matérias-primas advindas da natureza. São elas o barro, a madeira, a palha, as fibras vegetais, a pedra, a cal e muitos outros. Ao longo do procedimento de adaptação às circunstâncias climáticas e na busca de aperfeiçoar as suas propriedades técnicas e construtivas, os materiais foram sujeitos a modificações favoráveis ao desenvolvimento técnico. Assim, sendo substituídos diversos materiais antigos, melhorando as suas características, porém provocando muitos vários impactos ambientais negativos (toxicidade, mau comportamento na presença de umidade, difícil reutilização, transformação da paisagem nos locais de extração, entre outros) (CERVI, 2014).

Os materiais são elementos cujas propriedades podem ser utilizadas direta ou indiretamente para inúmeros fins. Metais, cerâmicas, polímeros, semicondutores, vidros, fibras, madeira, areia, pedra e vários outros compósitos podem ser citados. Sua produção e processamento visando a produção de produtos acabados absorvem alta porcentagem dos empregos e grande parcela do produto interno bruto de um país (CAIADO, 2014).

A ligação principal dos materiais com a evolução das sociedades se dá devido sua dependência a eles, em especial à sua disponibilidade, assim como seu desenvolvimento. Caiado (2014) afirma que a história dos materiais se confunde com a história das civilizações, uma vez que o avanço dos grupos ao longo das eras

exigiu o aperfeiçoamento dos materiais já conhecidos, a busca por novos, e o contínuo desenvolvimento tecnológico para obtê-los ou fabricá-los.

Segundo Callister (2008), a classificação dos materiais se dá, basicamente, em seis grupos, a saber: Metais (excelentes condutores de eletricidade e calor, muito resistentes e deformáveis), Cerâmicos (isolantes, resistentes a altas temperaturas e muito quebradiços), Polímeros (materiais de plástico e borracha, bastante flexíveis), Compósitos (mais de um tipo de material em sua constituição, por exemplo, a fibra de vidro, que possui a resistência do vidro e flexibilidade do polímero), os Semicondutores (muito presentes em componentes eletrônicos e computadores) e os Biomateriais (implantes de partes do corpo humano)

A aplicação desses materiais alternativos na construção civil não deve levar em conta somente o impacto de sua fabricação, como também se há mão-de-obra especializada no local da futura edificação, além da questão do transporte (DALVI et al, 2011). Em toda modificação das matérias-primas até o produto final, o processo deve estar aderente às boas práticas de consumo energético, respeitando o meio ambiente. Como em toda tecnologia de processamento, as fabricações dos produtos devem ter cuidados em relação ao esgotamento dos recursos naturais e qualidade de vida.

Alguns investigadores afirmam que a melhor maneira para a indústria da construção alterar-se para uma atividade sustentável, ela necessita passar pela incorporação de resíduos de outras indústrias em materiais de construção (METHA, 2001). Existem dados de investigação muito consolidado se tratando da utilização de resíduos em betões, bem como: com características pozolânicas, cinzas volantes (ROSKOVIC, 2005), escórias de alto forno (DING, 2002), sílica de fumo (KHEDR e ABOU-ZEID, 1994), cinzas de resíduos vegetais (TANGCHIRAPAT et al.; 2007), cinzas de resíduos sólidos urbanos (REDMOND et al.; 2001), resíduos de vidro (TAHA e NOUNU, 2007).

Existe igualmente investigação sobre a incorporação de resíduos em betões, como agregados ou filler, a saber: resíduos da indústria automóvel (BIGNOZZI e SANDROLINI; 2006), de plástico (MARZOUK et al.; 2007), têxteis (SCHMIDT e CIEŚLAK, 2007), pó de pedra da indústria das rochas ornamentais, de extração de agregados e da indústria cerâmica (LÓPEZ et al, 2007) e os resíduos de construção e demolição (EVANGELISTA e BRITO, 2007), onde se destaca ultimamente o caso da utilização de resíduos cerâmicos como agregados (DEBIEB e KENAI, 2007).

É evidente a necessidade do uso de materiais de construção mais sustentáveis, de origem natural e local, com menor valor de energia incorporada (energia dispendida desde a extração da matéria-prima até à forma final do material apto a ser utilizado), reutilizáveis e/ou recicláveis. Assim como pensar em planos apropriados de gestão ambiental durante a execução da obra, de maneira a diminuir desperdícios e consumos dispensáveis (CERVI, 2014).

Embora as dificuldades, há uma ampla dedicação nos estudos e na expansão de tecnologias pertinentes na construção civil. Novos materiais vêm sendo estudados buscando utilização adequada, de forma a aproveitar todas as potencialidades disponíveis (BARBOZA et al., 2008).

Para elaboração de um novo produto ou material alternativo, é preciso que no momento do processo de formação se especifique o nicho de mercado no qual este se adapte, utilizando conhecimentos multidisciplinares. Dessa forma, o estabelecimento de uma metodologia de pesquisa e criação de materiais de construção alternativos requer unir e associar as técnicas usadas para o cumprimento das diversas atividades a serem realizadas (ÂNGULO et al., 2001).

O material alternativo deve ser produzido de maneira que as propriedades físico-químicas sejam melhores exploradas, evitando os métodos convencionais. É necessário realizar vários estudos que fundamentem as vantagens do novo material, simultaneamente com a participação na elaboração de centros de pesquisa e universidades de renome onde estes por sua vez, auxiliarão na construção de um prestígio de qualidade e excelência do produto (ÂNGULO et al., 2001).

Existem muitos materiais utilizados como matéria prima em alguns setores da engenharia e especialmente na construção civil. Alguns exemplos desses materiais são: o bambu, o pneu, a garrafa pet, cinzas do bagaço da cana de açúcar (CBC) e cinzas de casca de arroz, as fibras, caroço de espiga de milho, entre outros.

2.2.1 Bambu

O bambu vem sendo apontado como um material alternativo apropriado para ser utilizado na construção de habitações de interesse social, decorrente do seu potencial de diminuir custos, proporcionando o mesmo nível de qualidade das tecnologias convencionais. É um material que em determinadas regiões é acessível

no local de implantação da obra e de fácil manuseio, de maneira a contribuir para o barateamento da obra, para a utilização de uma nova forma de construção com menor impacto ao meio ambiente (BARBOZA et al, 2008).

De acordo com Neto et al (2009), o bambu é usado na estruturação como coluna, viga e lastro entre outros. Serve como telha, forro e maçaneta e também é adequado para determinados encanamentos de água. Suas características estruturais tornam o bambu um material de excelente qualidade. Arquitetos e engenheiros de todo o mundo o utilizam para realizar criações originais e modernas.

Atualmente, o bambu tem sido objeto de estudo em universidades e institutos de pesquisas de todo o Brasil como fibra substituta de materiais não renováveis. Dentro das várias utilidades do bambu, os setores da economia têm aspectos em que o bambu pode substituir não só a madeira, mas o ferro, o cimento e outros materiais de construção, oferecendo igual resultado, desde a construção de pontes com vão livre de 80 metros, andaimes de 42 andares e, dada sua resiliência, também em várias edificações em territórios com terremotos (SANTI, 2015).

2.2.2 Pneus

A reciclagem de pneumáticos inservíveis foi estimulada, e vem crescendo anualmente no (BRASIL, 1999 e 2003). Nas regiões Sul e Sudeste, existem projetos em execução no reaproveitamento ambientalmente correto dos pneumáticos inservíveis na construção de arrecifes para criação de espécies marinhas, na construção civil, na pavimentação de rodovias, na confecção de tatames, tapetes automotivos (GOMES e FIGUEIREDO, 2007). Pneus são constituídos por cerca de 65% de borracha e o restante de metal, nylon e enchimentos, onde conseqüentemente há considerável potencial de dano ambiental, se forem descartados inadequadamente (SELLITTO et al., 2013). Quando não há mais possibilidade de renovação o pneu é classificado como inservível (BAUER, 2015).

Os pneus inservíveis podem ser coprocessados ou reciclados. Sendo o coprocessamento realizado especialmente em fornos de fabricação de clínquer, matéria-prima da indústria cimenteira. Os pneus inservíveis são triturados e misturados com outros resíduos, tais como casca de arroz e borras, e com combustíveis fósseis, tais como carvão mineral e coque de petróleo. As opções de reciclagem por sua vez, são mais bem compreendidas avaliando-as de acordo com

o formato do resíduo: lâminas, raspas, e pó de borracha. Lâminas se destinam de preferência à indústria de artefatos, tais como autopeças, pisos, palhetas, e tapetes. Raspas se destinam principalmente à indústria de construção civil. Pós de borracha se destinam especialmente à indústria de construção rodoviária e de materiais de fricção (Souza e D'Agosto, 2013).

Os pneus descartados por empresas recauchutadoras são utilizados na construção civil sem passar por transformação, reduzindo impactos causados em depósitos irregulares, redução de consumo energético, economia na extração de novos materiais e outros. Existem em grande disponibilidade, podendo ser aplicados, por exemplo, para separação de canteiros em vias urbanas. Também são usados em detalhes de jardinagem e como alternativa para estrutura de muros (DALVI et al., 2011).

2.2.3 Garrafas Pet

Tendo em vista diminuir o descarte dos polímeros reciclados é conveniente que estes sejam utilizados em aplicações de longa vida útil, como pavimentação, construção civil, indústria automobilística, eletroeletrônica, etc. (SPINACÉ & DE PAOLI, 2005). Os polímeros têm sido cada vez mais requisitados na construção civil de maneira eficiente, buscando substituir materiais considerados, até então, de maior nobreza como o aço, a madeira, o barro e o concreto, na execução de obras (SICHERI et. al., 2005). Nos dias atuais, projetistas e engenheiros trabalham com os plásticos, pois eles oferecem combinações de vantagens não encontradas em outros materiais, como baixo peso específico, resiliência, resistência à deterioração por decomposição e ataque a microrganismos, resistência à corrosão, resistência mecânica, transparência, facilidade de processamento e baixo custo de manutenção. Ademais algumas de suas propriedades podem ser melhoradas com a utilização de misturas poliméricas e adição de cargas minerais e fibras de elevado módulo de elasticidade e resistência (CANDIAN, 2007).

A utilização de garrafas de pet no lugar de tijolos pode reduzir o custo da obra em 2/3 do valor e atende os pré-requisitos necessários para ser utilizado como material de construção (NETO, 2014). Os materiais que possuem destaque à

construção civil, a partir de PET reciclado são: tubos, tintas, pisos, revestimentos, concretos com reforço de fibras, telhas plásticas (GOES, 2015).

De acordo com os autores Machado et al. (2015) o uso de garrafas pets como principal matéria-prima na construção de ambientes se torna viável e não desestabiliza a estrutura de uma residência, apresentando alta eficiência para suportar sobrepeso e uma ótima durabilidade. Sendo esta uma alternativa economicamente viável para a construção de ambientes.

2.2.4 Cinzas do Bagaço da Cana de Açúcar (CBC) e cinzas de Casca de arroz

Conforme Macedo (2009) é possível substituir o agregado miúdo pela CBC em argamassas. Obtendo acréscimos na resistência, o que pode ser atribuído ao efeito físico de preenchimento dos vazios pelos grãos finos da cinza e à ação do aditivo superplastificante.

O resíduo de CBC pode ser empregado como matéria-prima alternativa de baixo custo em substituição parcial do cimento na produção de tijolos solo-cimento. Pois, além de ser uma nova alternativa para reuso deste abundante resíduo, a incorporação resulta em vantagens técnicas promovendo uma redução no custo do produto final (AMARAL, 2014). A cinza da casca de arroz, por sua vez, tem vindo a ser estudada como sendo um substituto parcial do cimento na fabricação de argamassas (GANESAN, 2008).

2.2.5 Fibras

O propósito da utilização de fibras vegetais é melhorar as propriedades de um material de construção, basicamente as mecânicas. As fibras diminuem a fissuração da matriz e viabilizam esses compósitos como material de construção (JHON, 2005). Existem muitas fibras sendo empregada, a fibra de açaí é um exemplo de matéria-prima utilizada como reforço de fibrocimentos (JÚNIOR, 2009).

Existem vários estudos sendo realizado no país na área de aproveitamento de fibra de coco, outro exemplo a ser citado, sendo ele seco ou verde, na construção civil, como reforço na produção de compósitos de matrizes frágeis (SILVA et al, 2015). Estas fibras contribuem para a redução de fissuras nos corpos de prova quando submetidos ao ensaio de resistência à compressão, demonstrando a

capacidade do material em melhorar a tenacidade do compósito cimentício (SILVA, 2015).

As fibras de sisal brasileiras, matéria esta também utilizada, apresentam boas propriedades mecânicas mostrando-se adequadas para sua utilização em materiais compósitos poliméricos (MARTIN et al, 2009). Servem também para substituir a fibra de vidro na indústria automobilística (RAMESH et al., 2013), para conferir maior resistência, na indústria da construção civil (ARRUDA FILHO et al., 2012; FARIAS FILHO et al., 2010), para atuar como reforço na produção de compósitos poliméricos (KU et al., 2011), e para a produção de carvão ativado (Mestre et al., 2011) dentre outras aplicações).

2.2.6 Caroco de Espiga de Milho

Alguns estudos recentes evidenciam que existem construções antigas em tabique onde é visível a utilização de carocos inteiros de espiga de milho como material de construção, mais concretamente, como material de enchimento de paredes exteriores de tabique (MARTINHO, 2010). Existem também estudos para isolamento térmico e acústico à base de granulado de caroco de espiga de milho (CRUZ, 2011).

O caroco da espiga de milho é utilizado na aplicação como agregado no fabrico de betão leve não estrutural (PINTO et al, 2012). Diversos trabalhos de investigação têm sido desenvolvidos no sentido de tirar proveito deste resíduo agrícola como matéria-prima (PINTO et al., 2011).

2.3 Técnicas de Caracterização

A caracterização de materiais utiliza de técnicas instrumentais de análise visando à compreensão de diversos aspectos no que se refere à composição (massa molecular, número de oxidação, etc.) e estrutura (ligações químicas, fase cristalina, etc.) de materiais que estão diretamente ligadas as propriedades químicas e físicas dos mesmos. Desta maneira a caracterização auxilia a determinação da possível aplicabilidade dos compostos estudados (ZARBIN, 2007).

Cada técnica instrumental fornece dados diferentes em relação à composição e estrutura dos materiais. Quando empregadas em conjunto, essas técnicas fornecem uma série de informações muito proveitosas na identificação e caracterização de materiais, e podem ser julgadas complementares (GOMES, 2015).

Os instrumentos de análise química transformam dados sobre particularidades químicas e/ou físicas de um determinado analito em dados que possam ser manipulados e interpretados. As regras de funcionamento destes instrumentos são fundamentadas em estimular a amostra, por diversos meios, como incidência de energia eletromagnética, calor, entre outras, de maneira a gerar uma resposta do sistema em estudo, e que corresponde a fenômenos cuja natureza e magnitudes são orientadas pelas leis fundamentais da química e da física. Nos dias atuais existem diversos instrumentos em condições de prover informações qualitativas e quantitativas sobre a composição e estrutura da matéria, sendo imprescindível o conhecimento e compreensão dos princípios fundamentais de operação da instrumentação analítica moderna de maneira a efetuar alternativas adequadas e utilizar de maneira eficiente essas ferramentas de análise (SKOOG et al., 2009).

2.3.1 Fluorescência de raios X (FRX)

A técnica Espectroscopia de Fluorescência de Raios X tem evoluído muito nas últimas décadas (PANTAZIS et al., 2010). Possui um procedimento eficiente, de rápida execução e interpretação segura (CARVALHO et al., 2015).

Considerada uma das melhores técnicas para análises elementares em qualquer tipo de amostra, ou seja, podendo ter matriz orgânica ou inorgânica, na forma sólida, líquida ou em pó, sem precisar de tratamento exaustivo para a preparação destas matrizes e também proporcionando a primazia de ser uma técnica analítica não destrutiva (SKOOG et al., 2009).

A FRX é uma técnica analítica multielementar utilizada com o propósito de adquirir informações qualitativas e quantitativas (GAMA FILHO, 2015). Aplicada frequentemente em análises qualitativa e quantitativa dos elementos químicos evidente na amostra sob a forma de óxidos (SKORONSKI et al., 2015), conforme norma NBR 12677 (2014).

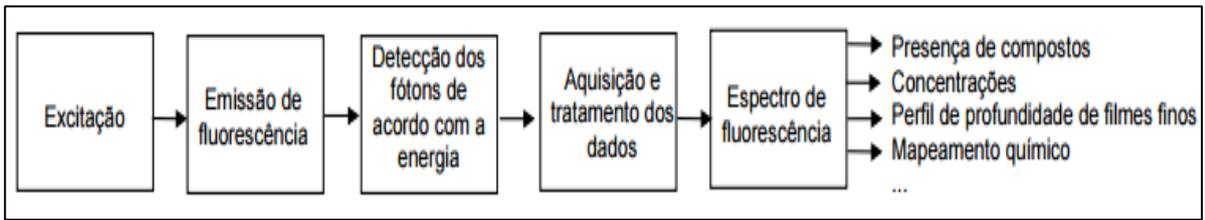
Utilizada para diversas aplicações em outras áreas da ciência como medicina (RODRIGUES et al., 2015), geologia (RENAN e BANTIM, 2015), biologia (DOUMER et al., 2016), arqueologia (FARIA e PUGLIERI, 2016), entre outras, também é responsável por solucionar determinados problemas químicos (SANTIAGO et al., 2015).

O procedimento por FRX baseia-se na medição das intensidades dos raios X característicos emitidos pelos elementos que constituem a amostra, quando excitada por partículas como elétrons, prótons ou íons produzidos em aceleradores de partículas ou ondas eletromagnéticas, além do processo mais utilizado que é através de tubos de raios X (MELO JÚNIOR, 2007). A radiação eletromagnética incidente interage com a amostra, podendo ocorrer absorção, emissão e espalhamento de radiação eletromagnética (SKOOG et al., 2009).

A técnica consiste no fato dos elementos químicos propagarem radiações peculiares quando submetidos a uma excitação adequada (PERDONÁ, 2014). Os resultados são apresentados em percentuais relativos, fornecendo-se os teores dos elementos traços até os elementos maiores (FASTOFSKI et al., 2014).

Um experimento de FRX deve proceder de acordo com o esquema mostrado na Figura 2. A amostra é excitada por um feixe primário de raios X, elementos presentes na amostra absorvem os fótons de raios X decaem e emite fluorescência característica, esta fluorescência emitida (feixe secundário) é detectada e “classificada” conforme com sua energia, o sistema de aquisição de dados modifica os pulsos elétricos oriundos da etapa de detecção em um espectro de fluorescência (comprimento de onda vs. Intensidade). A partir do espectro de fluorescência conseguem-se informações sobre concentrações de elementos na amostra, presença ou não de determinado elemento, perfis de profundidade de filmes finos, mapeamento químico (análise localizada da concentração de elementos na amostra) e diversos outros dados. Existem várias maneiras de efetuar um experimento de XRF, cada qual busca aperfeiçoar uma medida, minimizar efeitos indesejados, realizar análise localizada, entre outros. Existem três formas de realização de um experimento de XRF: convencional, por reflexão total (TXRF) e com microfeixe (μ -XRF) (OLIVEIRA, 2000).

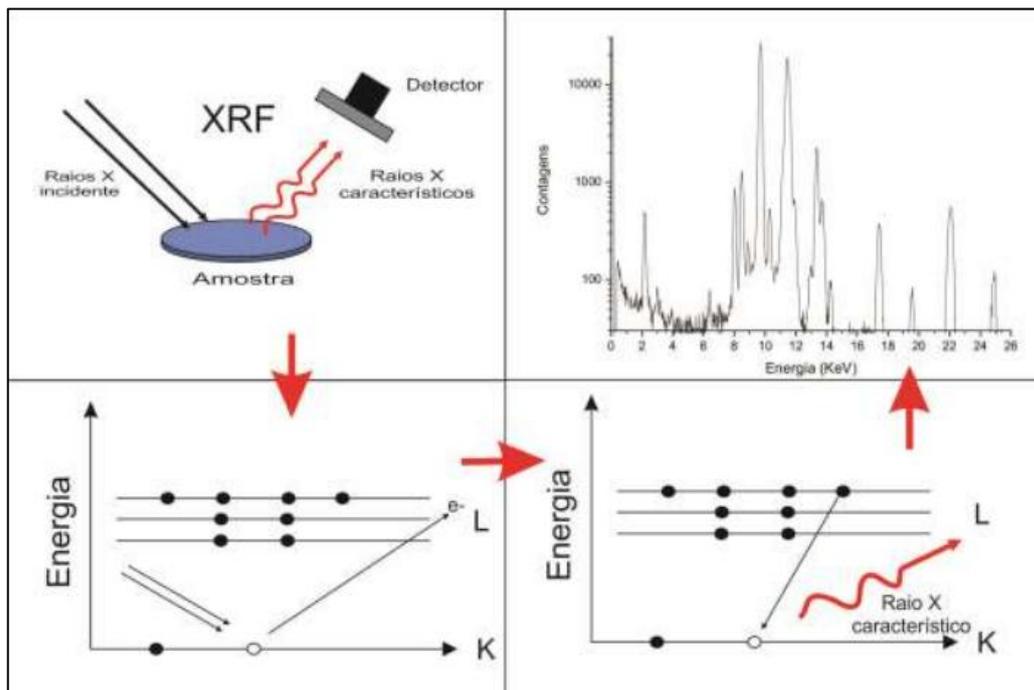
Figura 2 - Esquema genérico de um experimento de XRF



Fonte: Oliveira (2000)

Conforme o autor Gama Filho (2015), quando um elemento de uma amostra é excitado com um feixe de raios X, este se inclina a ejetar os elétrons dos seus orbitais mais internos. Desse modo, elétrons dos níveis “mais afastados” efetuam uma transição quântica para completar a vacância deixada pelo elétron liberado. Cada transição eletrônica estabelece uma perda de energia para o elétron. Esta energia, que é bem precisa, é emitida na forma de raios X característicos e representam a assinatura do elemento químico na amostra estudada. Na Figura 3 pode-se verificar a representação esquemática do processo de Fluorescência de Raios X (GAMA FILHO, 2015).

Figura 3 – Esquema de Fluorescência de Raios X



Fonte: Gama Filho (2015)

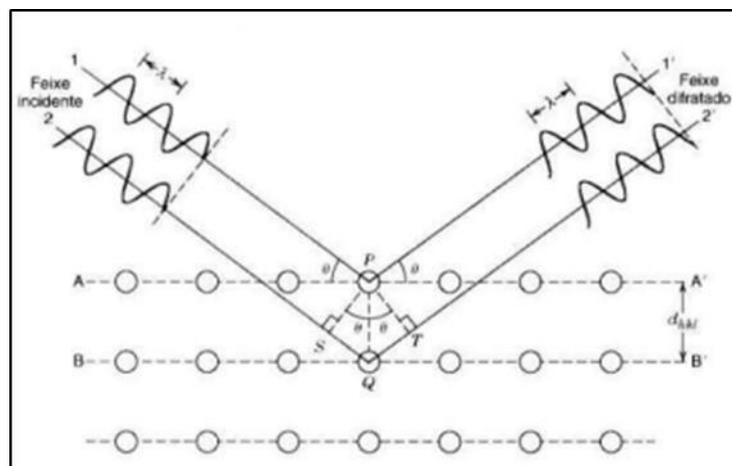
2.3.2 Difração de Raios X (DRX)

A Difractometria de Raios X assumiu papel de essencial relevância na pesquisa e crescimento de materiais desde a sua descoberta. Este método é considerado seguro, sendo visto como um procedimento padrão e fundamental na caracterização de todos os tipos de materiais (FONSECA e LOPES, 2013).

A DRX é vista como uma ferramenta de auxílio direto nas pesquisas sobre materiais, podendo ser aplicada em diversas áreas tais como construção civil, biomateriais e em diversos setores da indústria, tais como a de mineração e petróleo (MEDEIRO, 2015), na medicina (CONZ, 2010) entre outros. Considerada uma técnica não destrutiva (HINRICHS, 2014).

O fenômeno de difração de raios X acontece à medida que uma onda, ao deparar-se com uma fenda ou um obstáculo de ordem de grandeza semelhante a do seu comprimento de onda, sofre desvios. Se a interferência sofrida pelo feixe produzir uma dispersão de feixes em direções características, tem-se o fenômeno da difração (Figura 4). Nesta técnica, um feixe de raios X é incidido sob ângulos distintos na amostra e de modo parcial é refletido pelos seus planos cristalográficos, com um ângulo igual ao incidente, e detectado por um sensor. Para determinados ângulos de aplicação é gerado sinais com intensidades diferentes que apontam a posição dos planos atômicos na estrutura (Azevedo, 2010).

Figura 4 - Ilustração da difração de raios X por um cristal



Fonte: Azevedo (2010)

A difração nas redes cristalinas é regida conforme a Lei de Bragg, onde esta descreve que, para que exista a formação de um padrão de difração, é necessário que a diferença de caminho óptico seja proporcional ao comprimento de onda incidente (ERDÓCIA, 2011). A equação de Bragg é deduzida levando em consideração o espaçamento interplanar uniforme. Se os arranjos de átomos planos ou os espaçamentos entre os planos paralelos tornam-se irregulares, os padrões de difração não serão bem definidos, isso é o que ocorre nos líquidos e materiais amorfos, como por exemplo, em vidro, borracha, polietileno, entre outros (FILGUEIRAS, 2006).

Segundo a autora Azeredo (2011) o termo Difração de Raios X é melhor aplicado para amostras cristalinas que exibem picos de Bragg (lei de Bragg) bem definidos. Para materiais amorfos, que identificam picos largos, o termo mais adequado é Espalhamento Coerente de Raios X. Este espalhamento Coerente de Raios X é uma técnica analítica não destrutiva largamente empregada em diferentes áreas do conhecimento e uma das mais importantes ferramentas de análise de estruturas e caracterização de materiais empregados pela indústria e por grupos de pesquisas em todo o mundo (AMORIM, 2007).

Nos materiais amorfos os padrões de difração não geram picos estreitos como nos materiais cristalinos, e sim, poucos máximos largos, visto que os arranjos dos átomos são irregulares (BARROSO et al., 2000). A análise se dá pela avaliação dos picos presentes no difratograma e pela comparação com bancos de dados específicos, sendo possível determinar quanto uma amostra é amorfa ou cristalina (MONTANHEIRO et al., 2003; BEZERRA, 2010).

2.3.3 Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

O método ASTM E 1252 (2007) descreve o procedimento para análise qualitativa de materiais orgânicos e inorgânicos com o uso de espectroscopia no infravermelho. Têm o propósito de descrever o preparo de amostras e a obtenção de espectros, bem como de fornecer orientações básicas para a interpretação dos mesmos.

A introdução de espectrômetros de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) melhorou completamente a qualidade dos espectros no infravermelho e diminui o tempo necessário para aquisição de informações. Uma das grandes

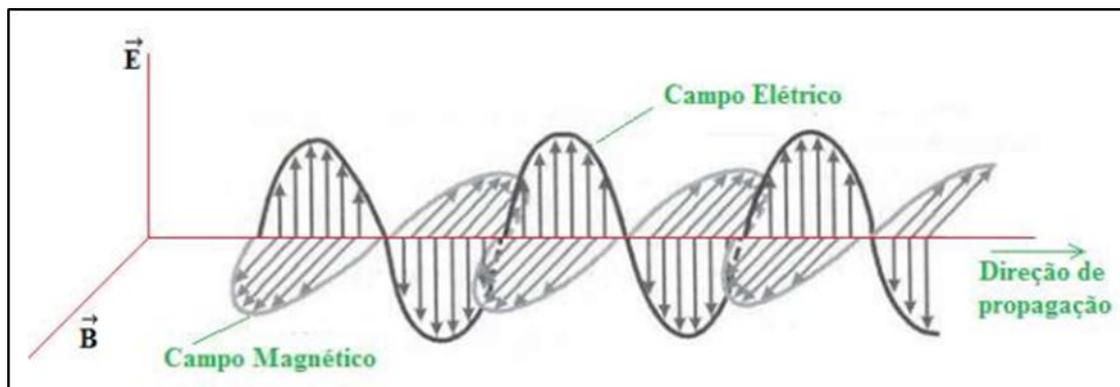
vantagens desta técnica é que grande parte das amostras, pode ser estudada em praticamente qualquer estado físico (líquido, soluções, pastas, pós, filmes, fibras, gases e superfícies) (HAACK, 2010).

A espectroscopia no infravermelho é uma das mais importantes técnicas analíticas disponíveis atualmente. A espectroscopia no infravermelho é um método analítico em condições de distinguir ligações químicas em uma molécula sobressaindo-se por obter espectros de uma gama de compostos (SANTOS, 2010).

A FTIR é um método rápido, demanda o mínimo necessário de preparo de amostras e sua ferramenta é encontrada de maneira fácil nos laboratórios. Esta técnica admite a análise qualitativa de compostos orgânicos, pois os modos característicos de vibração de cada grupo estimulam o surgimento de bandas no espectro infravermelho em frequências específicas, que também são influenciadas pela presença de grupos funcionais próximos (acoplamentos). Por conseguinte, um espectro de infravermelho comumente possui mais informação do que apenas os valores de posição ou de absorção de alguns picos, contribuindo como uma impressão digital de uma dada amostra quando utilizado integralmente. Ademais, a espectroscopia FTIR é uma surpreendente ferramenta para análise quantitativa porque as intensidades de absorção das bandas no espectro são proporcionais à concentração (SOUZA e POPPI, 2012).

A espectroscopia no infravermelho analisa a interação da radiação eletromagnética com a matéria, consistindo na absorção da radiação incidente por átomos e moléculas. Os espectros de infravermelho são obtidos incidindo uma radiação através de uma amostra e estabelecendo a fração de radiação incidente que é absorvida com uma particular energia. James C. Maxwell foi o primeiro a reconhecer que a luz era uma onda eletromagnética, composta por um campo elétrico (E) e um campo magnético (B), perpendiculares entre si e se transferindo em uma dada direção de propagação (LANGHI JUNIOR, 2009), conforme mostra a Figura 5.

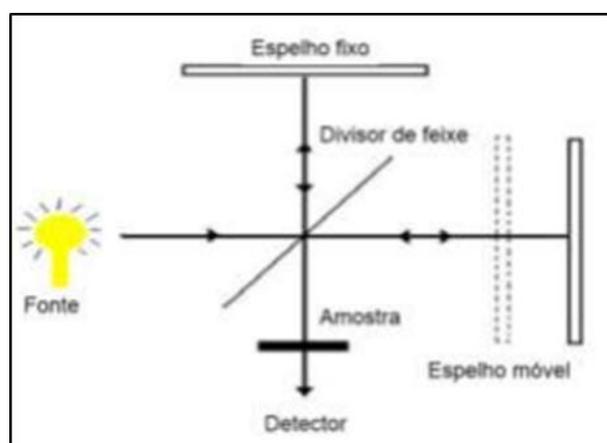
Figura 5 - Representação da oscilação eletromagnética



Fonte: Capeli (2016)

No momento que uma radiação incide sobre um material os campos elétricos e magnéticos da radiação interagem com os elétrons dos átomos ou com as moléculas do sistema resultando uma perturbação em função do tempo (Figura 6).

Figura 6 - Ilustração do mecanismo de FTIR



Fonte: Dole et al. (2011)

2.3.4 Análise Termogravimétrica (TGA)

Métodos de análises térmicas têm sido amplamente usados por proporcionar uma avaliação rápida das propriedades físicas ou química de uma substância, ou de seus produtos de reação, quando submetidos a variações de temperatura (MARTIN, 2011). A Termogravimetria (TG) consiste na análise da variação da massa de uma

amostra e é o resultado de uma transformação física (sublimação, evaporação, condensação) ou química (degradação, decomposição, oxidação) em função do tempo ou da temperatura (MENDHAM et al., 2012).

Termogravimetria ou Análise Termogravimétrica (TGA) é uma técnica onde a massa da amostra é medida em função da temperatura (IONASHIO et al., 2014). Essa medição da variação de massa é realizada por uma termobalança, ou analisador termogravimétrico. A termobalança é uma combinação de uma microbalança eletrônica com um forno, um programador de temperatura e um computador para controle, que possibilita a pesagem e aquecimento de uma determinada amostra de maneira simultânea e controlada, com registro da informação de massa, tempo e temperatura (NIAZI e BROEKHUIS, 2015).

Um aspecto relevante na análise térmica em relação a aplicações comerciais baseia-se em compreender o desempenho dos materiais, a partir de estudos de cinética e mecanismos de degradação térmica. Uma qualidade essencial de qualquer material, no que diz respeito à sua aplicação, é a sua estabilidade térmica, sendo a mesma definida pela temperatura específica, ou pelo limite de tempo a uma determinada temperatura, a qual o material possa ser submetido sem perda significativa das suas propriedades (LÓPEZ et al., 2015).

Em geral, a análise TGA pode ser aplicada tanto no controle de qualidade quanto na pesquisa de produtos como polímeros (BOTAN et al., 2015), argilas (SILVA et al., 2015), fármacos (BUNHAKA et al., 2015) e minerais (SANTOS et al., 2015), entre outros.

2.3.5 Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)

A Calorimetria Diferencial, do inglês Differential Scanning Calorimetry (DSC) é utilizada simultaneamente com o TGA e seu objetivo é medir a variação de energia que ocorre na medida em que uma amostra é aquecida, resfriada ou mantida em uma temperatura constante e a temperatura em que essas variações ocorrem. A principal propriedade medida é o fluxo de calor liberado ou absorvido pela amostra. Os cadinhos empregados podem ser de diversos materiais, como alumina, platina, ouro, zircônia, entre outros, sendo estes escolhidos adequadamente conforme sua finalidade. A taxa de aquecimento/resfriamento no período da análise pode induzir

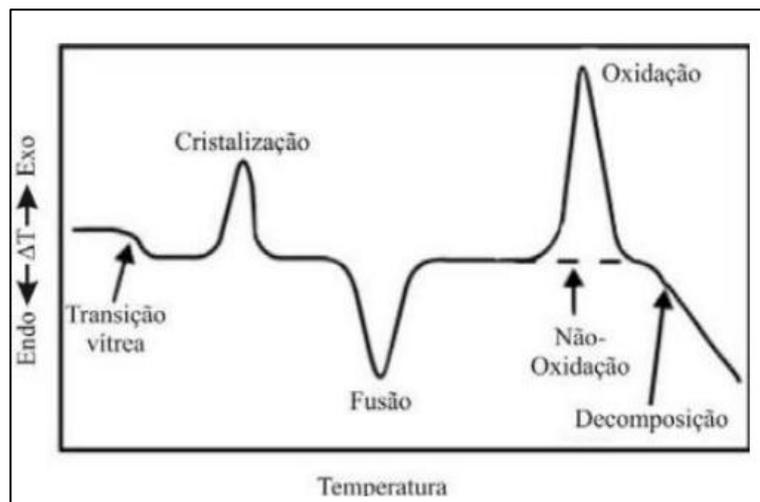
na temperatura em que um evento ocorra e na largura do pico medido. Os gases utilizados também podem ser diversos, sendo alguns mais comuns, como o nitrogênio, argônio e ar sintético (GABBOT, 2008).

Conforme Braga et al. (2009), DSC é uma técnica de análise térmica que mede a diferença de energia vinda de uma amostra e de um material de referência em função de uma temperatura controlada já programada. A varredura térmica resultante é analisada conforme a ASTM E793 e E794.

Através dessa técnica, podem-se acompanhar os efeitos de calor relacionados com modificações físicas ou químicas da amostra, tais como transições de fase (fusão ebulição, sublimação, congelamento, inversões de estruturas cristalinas) ou reações de desidratação, de dissociação, de decomposição, de óxido-redução, entre outros, em condições de provocar variações de calor. Em geral transições de fase, desidratações, reduções e certas reações de decomposição criam efeitos endotérmicos, enquanto que cristalizações, oxidações, certas reações de decomposição produzem efeitos exotérmicos (IONASHIO et al, 2014).

A Figura 7 mostra a representação esquemática de uma curva DSC. A orientação dos picos depende da convenção usada.

Figura 7 - Representação esquemática de uma curva DSC



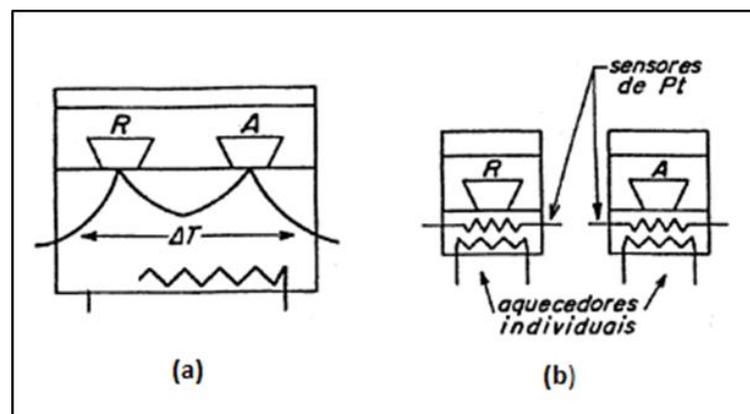
Fonte: PARK et al (2003)

De acordo com o método de medição utilizado, há duas modalidades: calorimetria diferencial de varredura com compensação de potência (DSC com

compensação de potência) e calorimetria diferencial de varredura com fluxo de calor (DSC com fluxo de calor). A primeira é uma combinação onde a referência e a amostra, são mantidas com temperaturas iguais, por meio de aquecedores elétricos individuais. A potência dissipada pelos aquecedores é relacionada como energia envolvida no processo endotérmico ou exotérmico. Já a DSC por Fluxo de Calor, a combinação mais simples é aquela na qual a amostra e a referência, contidas em seus respectivos suportes de amostra, são colocadas sobre um disco de metal. A troca de calor entre o forno e a amostra ocorre de maneira preferencial pelo disco. A temperatura da amostra é monitorada por meio de um termopar e comparada com a temperatura da referência inerte, a qual está submetida ao mesmo programa de aquecimento. A referência pode ser alumina em pó, ou simplesmente uma cápsula vazia. À medida que prosseguir o aquecimento a uma velocidade constante, a temperatura da amostra (T_a) e da referência (T_r) irão se conservar iguais até que ocorra alguma alteração física ou química na amostra. Se a variação for exotérmica, a amostra irá libertar calor e T_a será maior que T_r por um curto período de tempo. No caso da variação ser endotérmica, T_a será temporariamente menor que T_r . A diferença de temperatura num dado instante (ΔT) é dada pela temperatura da amostra (T_a) subtraída da temperatura da referência (T_r) (PARK et al., 2003).

Embora os dois sistemas forneçam informações diferentes, através de calibrações apropriadas é possível obter resultados semelhantes. A figura 8 ilustra um esquema genérico das técnicas relatadas (BERNAL et al., 2002).

Figura 8 - Esquema de um equipamento genérico a) DSC com fluxo de calor; b) DSC com compensação de potência



Fonte: Bernal et al. (2002)

2.3.6 Espectroscopia Raman

Cada material possui um conjunto singular de tais modos vibracionais, e a espectroscopia Raman pode ser usada para analisar as características químicas e estruturais dos materiais (ADO e MILDRED, 2010). É considerada uma das principais técnicas para obtenção de informações eletrônicas e estruturais de materiais (GUIMARÃES, 2011). A análise é realizada diretamente sobre o material que está sendo estudado, não sendo necessário qualquer tipo de preparação especial. O material não sofre alterações superficiais nem estruturais após a análise (FARIA, 2011). Além disso, as medidas são relativamente rápidas e de interpretação direta (HOOIJSCHUUR et al., 2013).

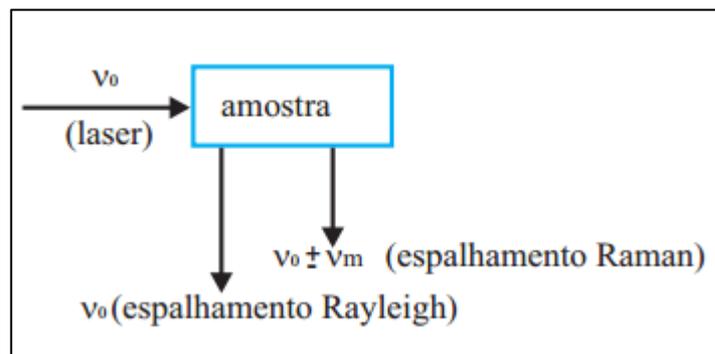
A espectroscopia Raman mede as transições vibracionais e rotacionais das moléculas e podem ser usadas para detectar ligações químicas e as suas alterações durante a reação. Ademais, a intensidade relativa dos picos de um espectro de Raman é diretamente proporcional à concentração relativa dos componentes na amostra (HARDIS et al., 2013).

Atualmente não existem normas conhecidas para espectroscopia Raman, técnicas ou métodos para realização dos ensaios. Existem apenas algumas normas para teste de desempenho (ASTM E1683), correção de intensidade relativa (ASTM E2911), teste de resolução (ASTM E2529) e um guia de padrões de deslocamento para calibração (ASTM E1840) dos espectrômetros Raman.

Na espectroscopia Raman a amostra é iluminada por um feixe de luz monocromático, ao atingir a superfície do material analisado o feixe sofre espalhamento em todas as direções. A maior parte desse espalhamento é elástica e a luz retorna para detecção sem alterações de frequência. Este é o chamado de Espalhamento Rayleigh. Apenas uma fração do feixe é espalhada de maneira inelástica, e a radiação que retorna da amostra possui uma frequência que difere da radiação incidente. A este fenômeno dá-se o nome de Espalhamento Raman (RODRIGUES e GALZERANI, 2012; BUMBRAH e SHARMA, 2015). Uma representação da medida de espectroscopia Raman é apresentada na Figura 9. É possível dividir o espalhamento Raman em Stokes: quando a radiação espalhada possui frequência menor do que a incidente, e anti-Stokes: quando a frequência da radiação espalhada é maior do que a incidente, uma representação de como ocorre os efeitos de Stokes e anti-Stokes é demonstrado na Figura 10. O espalhamento

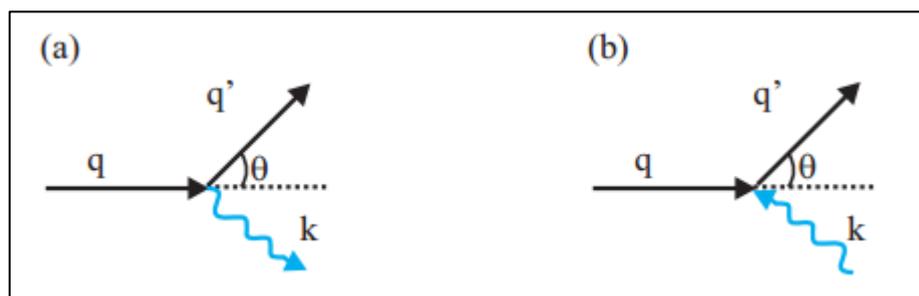
Stokes envolve a transição de uma molécula do nível de energia vibracional mais baixo (estado fundamental) para um estado excitado em consequência da colisão inelástica com o fóton incidente, de modo que o espalhamento Stokes é mais intenso que o anti-Stokes.

Figura 9 - Diagramas representando os processos de espectroscopia Raman que gera dois tipos de espalhamento



Fonte: Bumrah e Sharma (2015)

Figura 10 - Espalhamento de um fóton através de um ângulo θ em um espaço de vetor de onda q para um espaço de vetor de onda q' com (a) a emissão de um fônon do vetor de onda k (Stokes) e (b) a absorção do fônon do vetor de onda k (anti-Stokes)



Fonte: Bumrah e Sharma (2015)

Os compostos cristalinos podem ser identificados de maneira fácil pela técnica de Raman através dos seus picos bem definidos, porém em relação aos compostos amorfos essa característica é completamente diferente, pois quando submetidos na mesma análise, eles apresentam uma ondulação, embora

apresentem picos estes não são tão centrado quanto nos cristalinos. Muitos artigos e livros mencionam assinaturas espectroscópicas para compostos orgânicos (SILVERSTEIN et al., 2007).

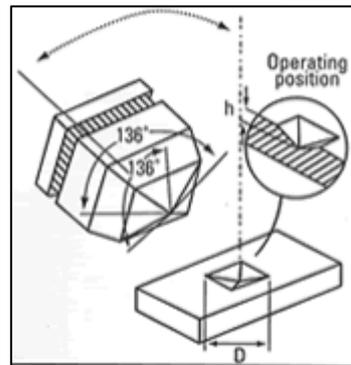
2.3.7 Análise de Ensaio de Microdureza Dureza Vickers

Para o estudo dos materiais, a dureza é uma propriedade característica de um determinado material sólido. Dessa forma, expressa a resistência, as deformações permanentes e está relacionada diretamente com a estrutura atômica do material em questão (SHACKERLFORD, 2008). Os ensaios de dureza são realizados com maior frequência do que qualquer outro ensaio mecânico, pois são simples, mais baratos e não comprometem funcionalmente a peça ensaiada (CALLISTER, 2008).

O ensaio de dureza pode ser dividido em três tipos: por penetração, por choque e por risco. Os ensaios de dureza do tipo penetração, cujos métodos mais conhecidos e utilizados nos dias atuais são: Brinell (metais), Rockwell (metais), Vickers (metais e cerâmicas) e Knoop (polímeros). Estes se diferenciam pelas seguintes avaliações: material do indentador, a sua geometria e a carga aplicada. A seleção do teste a utilizar dependerá do material a ser avaliado (ANUSAVICE et al., 2013).

O teste de dureza de Vickers foi desenvolvido no ano de 1925 por Smith e Sandland, sendo utilizado para estabelecer a dureza dos materiais, o mesmo também é referido como testes de microdureza. O teste de microdureza de Vickers consiste na resistência que o material proporciona a ser penetrado por uma pirâmide de diamante de base quadrada e ângulo de face de 136° (Figura 11) (Leta et al., 2004; REZENDE, 2012).

Figura 11 – Ilustração da indentação produzida pelo teste de microdureza de Vickers



Fonte: Leta et al. (2004)

O indutor exerce pressão, de força estabelecida e controlada, na superfície da amostra durante um período de tempo preestabelecido. Após o término desse intervalo de tempo o indutor é removido deixando uma impressão na superfície da amostra. A indentação possui vértices, que são medidos opticamente, e que determinam as diagonais da marca de impressão. Essa marca é então observada com um microscópio óptico, sendo a relação entre a força aplicada e a área impressa que delimita a dureza do material (CHUENARROM et al., 2009). São executadas diversas indentações para indicar a média do valor de microdureza de cada amostra (ARRAIS et al., 2010).

O número de microdureza de Vickers, HV ou VHN, é definido pela relação entre a força da indentação e a área da impressão (MARGHALANI, 2010; QUISPE, 2011). Este método é fácil, rápido e apenas requer uma pequena área da superfície da amostra em estudo. O teste de microdureza Vickers é adequado para utilização em materiais pequenos (REZENDE, 2012).

2.3.8 Massa Específica

A massa específica do cimento Portland e outros materiais em pó devem ser obtidos conforme o método descrito na NBR NM 23 (ABNT, 2001), o qual emprega o frasco volumétrico de Le Chatelier. Quanto aos reagentes necessários, deve ser utilizado um líquido que não reaja quimicamente com o material e que possua densidade igual ou superior a $0,731\text{g/cm}^3$ a 15°C , e que seja inferior à dos materiais a serem ensaiados. Para execução do método é necessário o uso de frasco

volumétrico de Le Chatelier, balança digital de precisão (gramas), recipiente, funis, termômetro e banho termorregulador. O cálculo dos resultados obtidos deve ser executado através da Equação 1 (massa específica por Le Chetelier),

$$p = \frac{m}{V} \quad (\text{Equação 1})$$

p = massa específica do material, expressa em g/cm³.

m = massa do material ensaiado, expressa em gramas (g).

V = volume deslocado pela massa do material ensaiado ($V_2 - V_1$).

V_1 e V_2 = valores corrigidos de V_1 e V_2 , respectivamente, a partir da calibração da escala do frasco volumétrico, expressa em cm³.

2.3.9 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

O MEV comumente usado para observar a superfície das amostras é a ferramenta de investigação mais recente e extremamente útil. Possui poder de alta resolução e de grande profundidade de foco, resultando em imagens tridimensionais. É uma ferramenta muito utilizada, fornecendo informações rápidas sobre a morfologia e identificação de elementos químicos de uma amostra sólida, logo, sua utilização é comum em biologia, odontologia, farmácia, engenharia, química, metalurgia, física, medicina e geologia. Existem muitos modelos e com diferentes aplicações (DEDAVID et al., 2007). As normas aplicáveis a esta técnica são as seguintes: ASTM E175-82 (2010), ASTM E766-98 (1998), BS 3406: Part 4 (1998), NFXII-661, NFXI1-696, ISO/CD 13322 (1996) (JILLAVENKATESA et al., 2001).

A técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) admite analisar e caracterizar diversos tipos de materiais, a partir da emissão e interação de feixes de elétrons sobre uma amostra, sendo possível caracterizá-lo do ponto de vista de sua morfologia e sua organização estrutural (CALLISTER, 2012). É uma técnica utilizada para examinar e analisar as características microestruturais de objetos sólidos. Em um microscópio eletrônico de varredura, elétrons são emitidos termoionicamente a partir de um cátodo e acelerados através de ânodo por efeito de emissão de campo. Quando o feixe interage com a amostra, os elétrons perdem energia e como

resultados são emitidos elétrons secundários, elétrons retroespalhados, elétrons Auger, raios X, radiação eletromagnética na região do infravermelho, visível e ultravioleta e fônons (MONTEIRO e BUSO, 2013).

Utilizando-se elétrons de baixa energia (50eV) podem ser obtidas informações topográficas, e com elétrons de alta energia se obtém informações sobre o número atômico ou orientação. Em amostras magnéticas pode se obter informações sobre o domínio ou caracterizar falhas em dispositivos semicondutores com os sinais obtidos devidos a condutividade induzida pelo feixe e luz catodoluminescente (MONTEIRO e BUSO, 2013).

2.4 Histórico do Dendê

No Brasil, o dendezeiro foi provavelmente introduzido pelos escravos no século XVI, por ocasião do tráfico negreiro (SAVIN, 1965). Na época, os escravos oriundos, principalmente, de Angola, Benin e Moçambique transportavam sementes dentro dos navios, as quais deram origem possivelmente aos primeiros dendezais no litoral do Estado da Bahia (CHAVEZ, 1984).

É um gênero de apenas duas espécies, sendo uma mais frequente nas Américas e a outra no continente africano. A espécie americana é o caiaué (*Elaeis oleifera*) e, a africana é a palma ou dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq).

A mesma é uma planta oleaginosa com até 15 m de altura, de ciclo perene, monocotiledônea (FERWERDA, 1975; CORLEY e TINKER, 2003; RIBEIRO e JUNIOR, 2010). Por ser cultura perene de ciclo longo e de cultivo manual apresenta alta contribuição para o desenvolvimento social com a geração de empregos (PÁDUA, 2012).

Cientificamente o dendezeiro é conhecido por *Elaeis guineensis*, Jacq, *Monocotyledonae*, *Palmae* (MORCILLO et al., 2007). Esta também é conhecida como palma-de-guiné, demdem (Angola), coqueiro-de-dendê, sendo o seu fruto conhecido como dendê (Figura 12). No Brasil, a planta habituou-se devidamente ao clima tropical úmido do litoral baiano. Esta boa capacidade de adaptação colaborou para a dispersão desta cultura em outras partes do mundo, passando a constituir a flora local tanto através da elaboração dos dendezais subespontâneos quanto na maneira de exploração comercial.

Figura 12 – Planta de dendezeiro e frutos



Fonte: Virboga (2013)

Originária da Costa Ocidental da África (Guiné Bissau), a planta de dendezeiro foi inserida no Brasil pelo sul da Bahia no século XVI (MULLER et al. 1992; VALOIS, 1997; CARVALHO, 2009). No momento presente, é plantado no sul da Bahia, na Amazônia Ocidental e assim como perto de Belém do Pará (CLEMENT et al., 2005).

Foi na Bahia que se iniciou a exploração industrial do dendezeiro na década de 1960, objetivando atender a demanda de óleo para uso no resfriamento de lâminas de aço do parque siderúrgico nacional e, mais tarde, ampliou-se para o Estado do Pará (HOMMA, 2001). Em 1967, ocorreu o começo do cultivo em escala no Estado do Pará, com a implantação de 3.000 hectares advinda de um acordo de cooperação entre a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA) e o IRHO da França, instituição com conceituado conhecimento em dendeicultura e disposição de material genético melhorado (SANTOS et. al., 1998).

Na década de 1970, houve por parte da iniciativa privada uma incorporação dinâmica da atividade na cultura do dendezeiro, onde este até então tinha

participação ativa de órgãos governamentais (SANTOS et. al., 1998). No início da década de 1980, o país possuía 11.000 hectares de dendezais plantados, no ano de 2007 esse número cresceu para mais de 60.000 hectares, 80 % no Estado do Pará (ALVES, 2007).

Na safra de 2011/2012 o Brasil gerou 275 mil toneladas métricas de óleo extraído da palma no tempo em que a Indonésia produziu 25.400 mil toneladas. Com relação ao óleo extraído da semente em 2011/2012 a demanda nacional do óleo não foi suprida, sendo necessária a importação de 220 mil toneladas (AGRIANUAL, 2012).

Além do óleo de palma bruto, que representam a 20% de toda a matéria-prima inicial, o processamento de dendê gera óleo de palmiste (1,5%), torta de palmiste (3,5%), cachos vazios (22%), fibras do mesocarpo (12%), casca (5%) e ainda uma quantidade significativa de efluentes líquidos, nominados POME (REDSHAW, 2003).

Antigamente o dendê era utilizado em pilões manuais, apenas para autoconsumo doméstico. Algum restante começou a ser produzido nos rodões, sendo este o local onde ocorre o processo de produção do azeite. Após o corte, os cachos eram transportados por animais. O produto era cozido em um tacho, por um dia, e depois levado para uma prensa artesanal, onde se realizava a extração do azeite.

Com o passar do tempo e com o crescimento dos mercados, houve uma exigência regular no abastecimento, logo alguns rodões passaram a ser parcialmente mecanizado ou semi-industrializado. Os frutos eram cozidos em caldeirões, em seguida macerados, e levados à prensa, responsável pela separação do óleo dos resíduos. A substituição do rodão pelo macerador a diesel começou nos anos 1960. Essa inovação está diretamente relacionada com o aumento de produtividade e redução de mão-de-obra (COUTO et al apud DIAS, 2007).

Na história da produção observam-se diferentes idades tecnológicas. Com a chegada da energia elétrica, em 1975, foram substituídos motores a diesel, sem alteração considerável na estrutura produtiva, evidenciando uma inovação incremental. A troca de motores não modificou a base tecnológica da produção. O seu uso (diesel e elétrico) fez aumentar em 86% a produção em comparação à tração animal. Novamente, aumenta a dimensão de produção com diminuição da mão-de-

obra, em especial a feminina, responsável pela lavagem do óleo, que passou a ser realizado pela máquina. (DIAS 2007). Houve então uma alteração considerável na eficiência técnica do pilão à prensa, último estágio tecnológico da produção do azeite comestível, a produção diária passou de 2,5 a 504 litros.

2.4.1 Morfologia do dendezeiro

O dendezeiro está relacionado à família das palmeiras, Arecaceae, primeiramente nominada Arecaceae (Palmae). As arecáceas vinculam-se à Ordem Arecales (Palmales) subfamília Arcoideae, tribo Cocoseae (Cocoinaea), subtribo Elaeidinae. O dendezeiro integra umas das principais famílias da classe liliopsida. Sua classificação taxonômica é estabelecida conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação Taxonômica da família da classe liliopsida

Classificação Taxonômica	
Reino	Plantae
Filo	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Ordem	Arecales
Família	Arecaceae
Gênero	Elaeis
Espécie	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq

Fonte: Adaptado de ALVES (2007)

O gênero *Elaeis* tem sua origem em palmeiras introduzidas na Martinica, e o dendezeiro recebeu seu nome botânico de Jacquin (1763). *Elaeis* é derivado da palavra grega *elaion*, que significa óleo, enquanto o nome específico *guineensis* demonstra que Jacquin atribuía sua origem à Costa da Guiné (BARCELOS, 1986).

Para Poku (2002), o dendê possui influência econômica como fonte de alto lucro de óleos comestíveis e técnico, sendo o óleo de palma nos dias de hoje cultivado como plantação na maior parte dos países com elevados índices pluviométricos e em climas tropicais. A palma produz seus frutos (Figura 13) em cachos variando em peso 10 – 40 g.

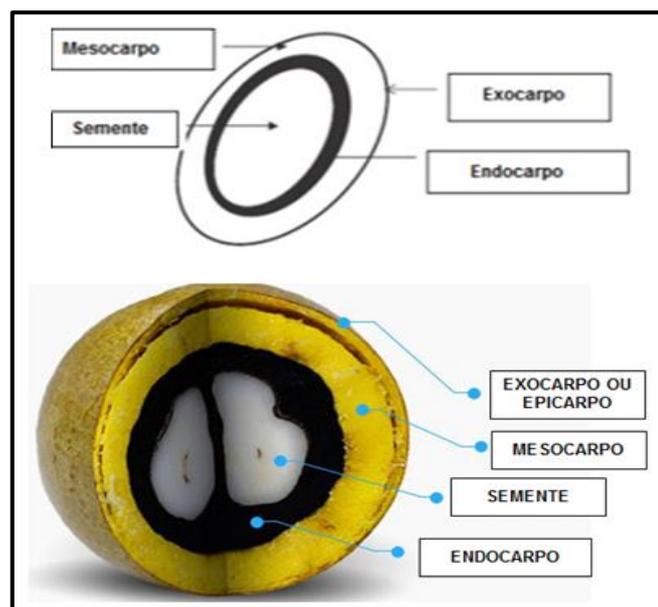
Figura 13 - Fruto do dendê



Fonte: AGROPALMA (2007)

Já o fruto individual que varia de 6 a 20 g, é formado por uma pele exterior (exocarpo ou epicarpo), uma polpa (mesocarpo), contendo o óleo de palma numa matriz fibrosa, um anel central constituído por uma concha (endocarpo) e o anel, que por sua vez contém um óleo, bastante diferente para o óleo de palma, como mostra a Figura 14 demonstrando a estrutura de um fruto de *Elaeis Guineensis* (POKU, 2002). Ou seja, a histologia da parede do fruto, chamada também de pericarpo se divide em: epicarpo ou exocarpo (casca do fruto), o mesocarpo (polpa, parte carnosa do fruto) e o endocarpo (nem sempre visível localizado muito próximo à semente).

Figura 14 – Esquematização da fisiologia vegetal do dendê



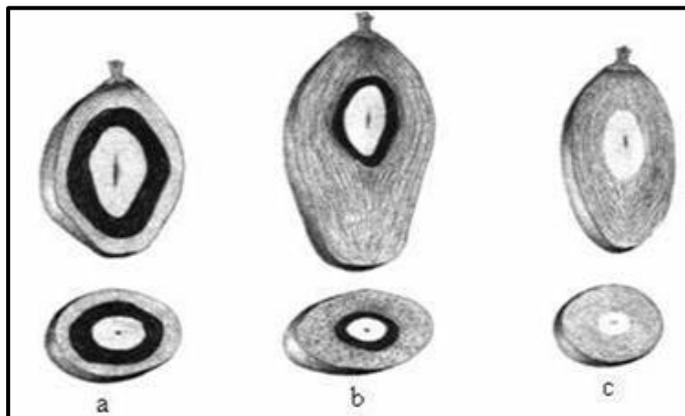
Fonte: Adaptado de AGROPALMA (2007)

Esta planta apresenta sistema radicular fasciculado, fator este primordial para sua adaptação em solos profundos, além de possuir textura argilosa, boa drenagem e com pH entre 4,5 e 6 (FERWERDA, 1975; LODY, 2009; RAMALHO FILHO, 2010). O fruto do dendezeiro é especificado como drupa do tipo séssil e elipsado, tendo sua espessura de endocarpo expressa por um gene específico, que classifica o fruto como Psífera, Dura e Tenera (BARCELOS et. al., 2000; SAMBANTHAMURTHI et. al., 2000). Ou seja, o fruto é classificado conforme a espessura do endocarpo. Sendo a Dura (endocarpo com espessura entre 2 a 6mm), Psífera (frutos sem endocarpo separando polpa da amêndoa), Tenera (híbrido do cruzamento Psífera e Dura, endocarpo entre 0,5mm e 2,5mm).

A híbrida, que tem vida econômica mais curta (20 a 30 anos), é tecnicamente recomendada para plantios comerciais, mas há controvérsia. A variedade Dura, embora mais resistente a doenças, não apresenta o mesmo rendimento físico que a Tenera (CEPLAC, 2000).

Portela (2007), por sua vez, também relata as três variedades de dendê que a literatura traz, definindo assim cada uma de acordo com a espessura do endocarpo, conforme Figura 15, onde representa o fruto do tipo dura, frutos do tipo Tenera e frutos do tipo Psífera. Sendo a primeira a Psífera, onde esta possui fruto marcante pela ausência de casca protetora da amêndoa. A Dura, que apresenta casca com pelo menos 2mm de espessura e a Tenera que possui espessura da casca inferior a 2mm, resultante do intercruzamento das variedades anteriores.

Figura 15 - Tipos de frutos de dendezeiro em função da espessura do endocarpo (a) Fruto do tipo dura, (b) Frutos do tipo Tenera e (c) Frutos do tipo Psífera



Fonte: Alves (2007)

2.4.2 Potencialidades do dendê

Souza (2000) ressalta o processo de beneficiamento o qual deve ser executado logo após a colheita seguindo os seguintes procedimentos: primeiro é feito a esterilização com o propósito de inativar enzimas que causam acidez, favorecer o desprendimento dos frutos dos cachos e promover a ruptura das células que contém óleo. Em seguida a debulha, cujo objetivo é desassociar os frutos do cacho. A digestão, onde é executada a quebra da sustentação das células da polpa, propiciando a liberação do óleo e a prensagem, na qual a massa saída do digestor é sujeitada à prensagem, separando óleo e uma mistura de fibras e sementes que, logo depois, passa pelo desfibrador, que por ventilação, separa as fibras das sementes. As fibras são usadas como combustíveis nas caldeiras, as sementes são carregadas para os secadores.

Após a secagem são conduzidas para os quebradores e, seguidamente, são separadas as cascas e amêndoas que, brevemente são triturados, por prensagem ainda se extrai o óleo de palmiste, o resíduo excedente denota a torta que contém 14% a 18% de proteína e pode ser empregado para componente de ração animal.

Em termos ambientais, as plantações de dendê dispõe elevada capacidade para fixar carbono e preservar o solo contra erosão, sendo uma considerável opção para a ocupação das áreas desmatadas. Ademais, seu óleo é renovável não contribuindo para o efeito estufa (HOMMA et. al., 2000). Considerada uma planta perene e porte grande, o dendê, quando adulto, apresenta ótimo recobrimento do solo, podendo ser visto como um sistema de considerável estabilidade ecológica e de pequenos impactos negativos ao ambiente.

A produção da planta inicia 3 anos depois do plantio e sua produtividade é partilhada no decorrer do ano, por mais de 25 anos consecutivos, sendo julgada como ótima atividade para a criação de emprego perdurável e de boa qualidade, ou seja, a dendeicultura por ser uma cultura perene e de cultivo unicamente manual contribui, em termos sociais, com o crescimento do país, criando empregos efetivos ao longo de todo ano.

A produção mundial do óleo de dendê é de 22 milhões de toneladas e o consumo de 21,8 milhões. A Malásia é o primeiro produtor, com uma área cultivada

de 3 milhões de hectares e produção de 11 milhões de toneladas, seguida da Indonésia, com uma produção de 6,8 milhões de toneladas.

A área de plantio de dendê no Brasil superou de 28.160 ha em 1985 para 117.689 ha em 2011, e esse aumento pode ser ainda mais eloquente, pois a Amazônia Brasileira dispõe de um potencial de cerca de 70×10^6 ha cultiváveis para essa categoria de plantio (BARCELOS, 1993; BARCELOS et. al., 2004). Segundo Muller et. al. (1992) o dendezeiro gera pequeno impacto ambiental quando plenamente definido, protege o solo contra erosão e expressivo nível de “sequestro de carbono”, bem como a alternativa de investigação a um prazo demorado, 20 a 25 anos, e ao elevado potencial de produção de óleo (entre 4.400 a 6.600 litros por ha/ano).

2.4.3 Produtos do dendezeiro

O dendê é matéria-prima para uma série de produtos, não se limitando ao azeite, popular na culinária baiana. Em suma, notam-se dois grandes usos específicos: matéria prima para produtos medicinais, industriais e oleoquímicos e gêneros alimentícios. Entre os primeiros, ressaltam-se sabões, detergentes, amaciantes, combustíveis, e uso na siderurgia. Entre os alimentos são elaborados pães, bolos, tortas, biscoitos finos e cremes e, no caso específico do azeite de dendê, há o diferencial de conservar importantes características nutritivas, como a presença de vitaminas e antioxidantes (SOUZA, 2000).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo descreve as bases do programa experimental para ser alcançado o objetivo principal do trabalho: a caracterização físico-química do caroço do dendê bem como seus procedimentos laboratoriais.

3.1 Materiais

Neste item será apresentado o material empregado no programa experimental desta pesquisa.

3.1.1 Caroço do dendê (endocarpo)

O material utilizado na pesquisa foi fornecido por uma empresa localizada em Valença, município do interior da Bahia (Figura 16).

Figura 16 – Mapeamento localização Valença



Fonte: Wikipédia

O caroço do dendê (Figura 17) utilizado neste trabalho é da espécie *Elaeis guineensis*, Jacq popularmente conhecido como coqueiro-de-dendê.

Figura 17 – Caroço (endocarpo) do dendê



Fonte: Própria Autora

3.1.2 Preparação da amostra

Após a quebra do caroço de dendê para uma segunda extração do óleo, este material foi lavado em água corrente, a fim de retirar seus resíduos e obter uma superfície limpa. Em continuidade foi colocado na estufa a 100°C até obter massa constante, conforme Figura 18. Após retirar da estufa, a amostra esfriou em temperatura ambiente.

Figura 18 - Caroço do dendê limpo e colocado em estufa



Fonte: Própria Autora

Realizou-se uma moagem manual para a avaliação da sua rigidez, onde se verificou que o material de fato é duro e demanda um trabalho excessivo para que se consiga realizar sua moagem de maneira manual, sendo necessário ser moído com triturador mecanizado, conforme mostra a figura 19.

Figura 19 – Triturador utilizado na moagem do caroço do dendê



Fonte: Própria Autora

Ao término da preparação da amostra a mesma foi peneirada e separada de acordo com o material retido nas suas respectivas malhas (aberturas de 4.75mm, 2.36mm, 1.18mm, 0.60mm, 0.30mm, 0.150mm e 75 μ m).

3.2 Metodologia

Neste item é apresentada a descrição dos ensaios que foram realizados em laboratório, para a caracterização física e química do caroço do dendê. A amostra foi coletada e preparada conforme a norma NBR 26 (ABNT, 2009). O material em estudo, após sua moagem, apresentou-se sob a forma de pequenas partículas com dimensões próximas a uma areia fina.

3.2.1 Fluorescência de Raios X (FRX)

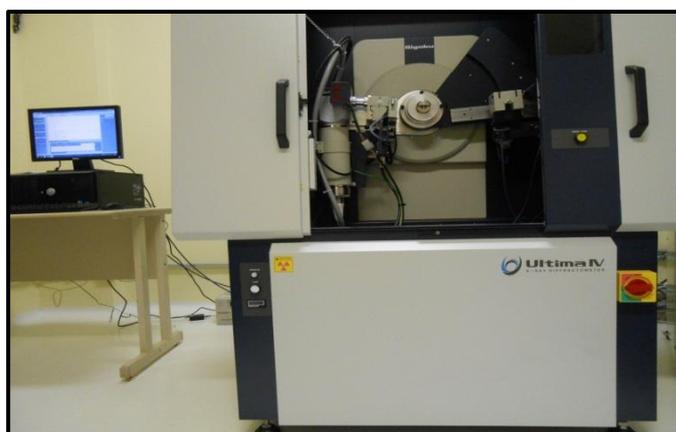
As análises da composição química das amostras foram realizadas através de espectrometria de Fluorescência de raios X, as quais foram efetuadas no laboratório de análises químicas no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em São Paulo, utilizando um espectrômetro da Philips PANalytical, modelo MagiX - PW2404. Para o ensaio empregou-se o pó do caroço do dendê, moído em um moinho de facas e um de tungstênio, objetivando uma análise qualitativa dos elementos presentes na amostra sob a forma de óxidos.

A amostra foi prensada em uma barquinha de alumínio com ácido bórico. A pastilha possui 40mm de diâmetro e 5mm de espessura, depois colocado em um suporte de inox com anel de 37mm, logo em seguida para ser analisada.

3.2.2 Difração de Raios X (DRX)

As análises com o difratômetro de raios X foram efetuadas no laboratório Institucional de Nanoestruturados na Unipampa - Campus de Bagé, método de análise de difração do pó. As amostras foram moídas e peneiradas na malha #50, posteriormente foram acondicionados em embalagens plásticas até a realização do ensaio. O difratômetro utilizado é o da marca Difratômetro Rigaku, modelo ULTIMA IV, com geometria Bragg-Brentano (Figura 20). Condições das medidas: radiação Kalfa do Cu, potência do tubo de 40KV/20mA, varredura na faixa de 5 até 70° com passo de 0,02° e tempo de integração de 1s por passo.

Figura 20 – Equipamento Difração de Raios X- modelo ULTIMA IV

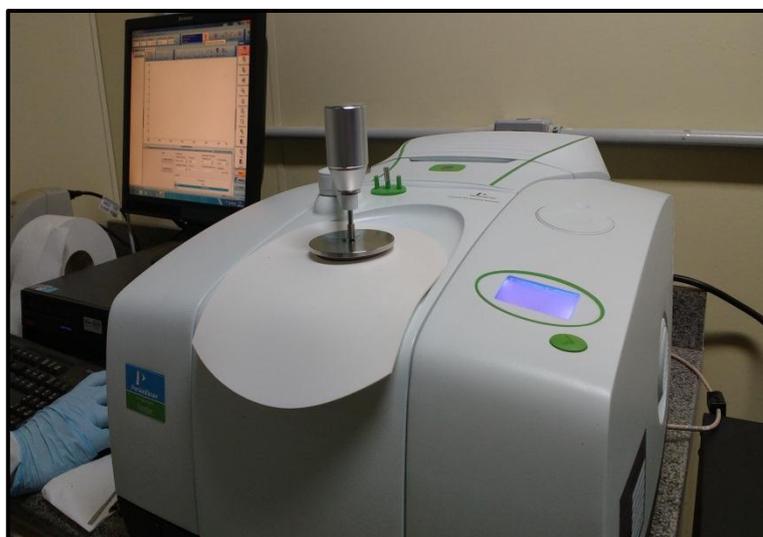


Fonte: Própria Autora

3.2.3 Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

As análises foram efetuadas utilizando o pó da moagem do caroço do dendê (material passante da peneira de $75\ \mu\text{m}$). Os ensaios foram realizados no Laboratório de estudos Físicos – Traços Químicos e naturais, na UNIPAMPA - Campus Uruguaiana. Utilizou-se o Infravermelho médio (FT-IR), conforme mostra a Figura 21, acessório: ATR com resolução de varredura de 32 scans e abrangência: $4000\ \text{a}\ 650\text{cm}^{-1}$.

Figura 21 – Equipamento Infravermelho



Fonte: Própria Autora

3.2.4 Análise Termogravimétrica (TGA)

A análise Termogravimétrica (TGA) foi executada utilizando a moagem do caroço do dendê, material este retido na peneira com malha #50 conforme a Norma Americana ASTM E 1131 (2014). O ensaio foi realizado no laboratório de estudos Físicos – Traços Químicos e naturais – UNIPAMPA - Campus Uruguaiana.

Os experimentos de termogravimetria (TGA) foram realizados com equipamento marca Shimadzu, modelo TGA-50 (Figura 22). Sob fluxo contínuo de nitrogênio gasoso de alta pureza, à taxa de $50\ \text{ml/min}$ utilizando cadinho de platina, rampa de temperatura 10°C/min . e temperatura ambiente de 1000°C .

Figura 22 – Equipamento TGA- modelo TGA-50



Fonte: Própria Autora

3.2.5 Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)

Os experimentos de DSC foram realizados com equipamento marca Shimadzu, modelo DSC-60 (Figura 23). Sob fluxo contínuo de nitrogênio gasoso, à taxa de 50 ml/min utilizando cadinho de alumínio, rampa de temperatura de 3°C/min. e temperatura ambiente de 500°C. As amostras foram executadas com a moagem do caroço do dendê, material retido na peneira com malha #50, no laboratório de estudos Físicos – Traços Químicos e naturais- UNIPAMPA- Campus Uruguaiana.

Figura 23 – Equipamento DSC- modelo DSC-60



Fonte: Própria Autora

3.2.6 Espectroscopia Raman

Para realizar o ensaio de Raman, foram utilizados caroços do dendê inteiros, onde os mesmos foram embutidos à frio com uma resina, executadas no Laboratórios de Química, Metalografia e Tratamentos Térmicos na UNIPAMPA – Campus Alegrete.

O equipamento utilizado para caracterização das amostras foi fabricado pela HORIBA Científico de Xplora PLUS Raman microscope, conforme mostra Figura 24, a lente utilizada para as análises das nossas amostras é de 50X, o tempo de aquisição do sinal foi mantido em 60s e a grade de difração de 600gr/mm, potência 0.1%, acumulação 3. Os dados dos espectros foram analisados no programa Origin.

Figura 24 – Equipamento Raman microscope



Fonte: Própria Autora

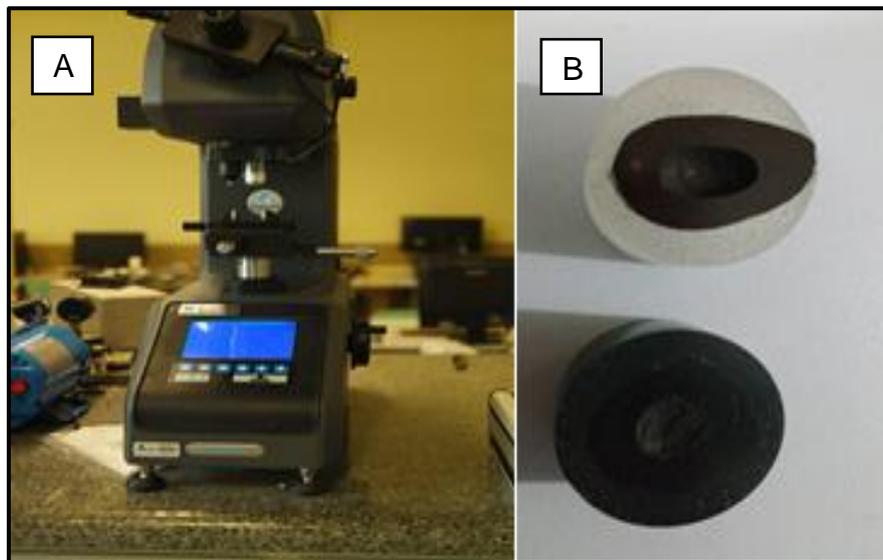
3.2.7 Análise de Ensaio de Microdureza Dureza Vickers

Para avaliar a dureza do material em estudo, optou-se pelo ensaio de microdureza, tendo em vista que o mesmo utiliza cargas baixas e são aplicados para medir a dureza em regiões menores e de camadas muito finas, sendo aplicável a todos os tipos de materiais e não apenas aos metais.

O ensaio foi efetuado conforme ASTM E-384-99 (2000), a qual define os padrões para os testes de microdureza Vickers em qualquer material. A preparação do material para análise foi executada no Laboratório de Química, Metalografia e Tratamentos Térmicos (UNIPAMPA/Alegrete), utilizando caroços do dente inteiro, onde os mesmos foram embutidos a quente e a frio (Figura 25-B). No embutimento a quente empregou-se baquelite preparado na Embutidora Metalográfica, marca Fortel e modelo Efd40. No procedimento a frio, as amostras foram embutidas na resina acrílica. Ambos foram lixados com o objetivo de nivelar sua superfície.

O ensaio de microdureza foi realizado no Laboratório de Ensino, Pesquisa e Extensão na UNIPAMPA – Campus Alegrete, utilizando o equipamento Buehler Micromet 6010 digital (Figura 25-A) com carga máxima de 1kgf e um penetrador piramidal de diamante de base quadrada, com ângulo de 136° entre as faces.

Figura 25 – Microdureza Vickers – (A) Equipamento e (B) Embutimento da Amostra



Fonte: Própria Autora

Considerando o fato de que a carga aplicada no penetrador precisa ser selecionada com cuidado, de maneira que se obtenha uma deformação com forma regular e tamanho que possa ser visualizado no mostrador do equipamento para a medida de suas dimensões, foi adotada uma carga de 200 gf e aplicada durante 15s, atendendo os requisitos estabelecidos.

3.2.8 Massa Específica

A determinação da massa específica foi realizada no Laboratório de Engenharia Civil, na Unipampa – Campus Alegrete. Utilizou-se o caroço do dendê moído, sendo o procedimento executado conforme as recomendações da NBR 23 (ABNT, 2000): Cimento Portland e Outros Materiais em Pó – Determinação da massa específica. Esta norma estabelece os procedimentos para determinação da massa específica de cimento Portland e outros materiais em pó, por meio do frasco volumétrico de Le Chatelier (Figura 26).

Figura 26 – Procedimentos determinação da Massa Específica

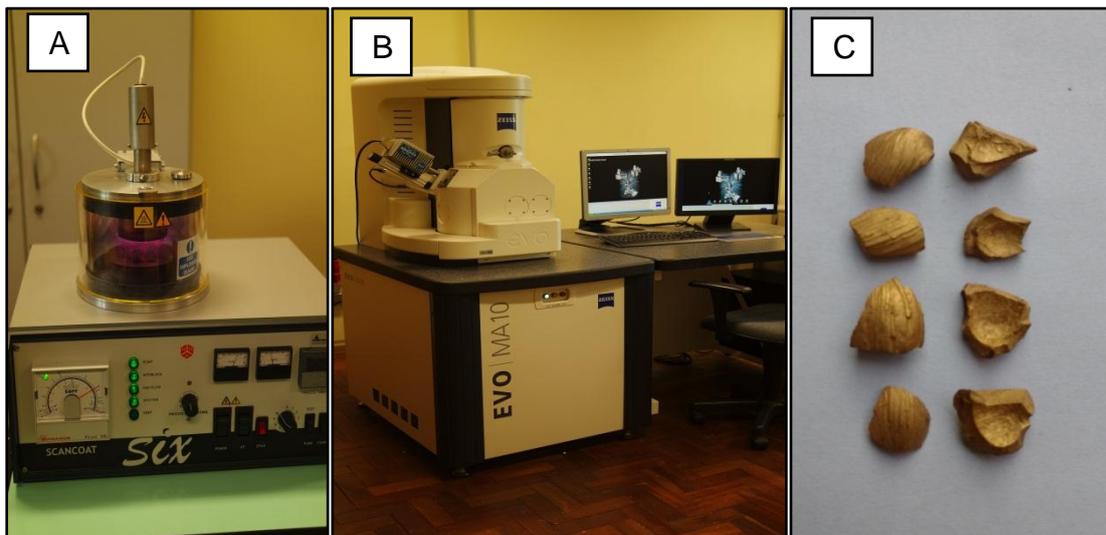


Fonte: Própria Autora

3.2.9 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As imagens da morfologia do caroço do dendê foram obtidas pelo microscópio eletrônico de varredura (MEV) no Laboratório de ensino- Unipampa. As amostras foram metalizadas com ouro (Figura 27C), em metalizadora da marca SCANCOAT SIX (Figura 27A) e coladas em uma fita adesiva de dupla face e estas por sua vez foram fixadas em *stubs* de alumínio e posteriormente visualizadas em alto vácuo com detector de elétrons secundários. O estudo foi realizado por meio de um microscópio eletrônico modelo EVO | MA10 da Zeiss, conforme Figura 27B, o objetivo é analisar sua estrutura e obter informações pertinentes sobre a mesma.

Figura 27 – Microscopia Eletrônica de Varredura – (A) Metalizadora, (B) Equipamento MEV- Modelo EVO e (C) Amostra metalizada



Fonte: Própria Autora

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do programa experimental. Ademais, discorre sobre a análise dos resultados encontrados visando atingir o objetivo principal e os objetivos específicos desta pesquisa.

4.1 Características Físicas e Químicas do Caroço (endocarpo) do Dendê

Neste item estão descritos os resultados da caracterização do caroço de dendê estudada nesta dissertação. Através destes resultados é possível estabelecer critérios de avaliação do mesmo.

4.1.1 Fluorescência de Raios X (FRX)

A moagem do caroço do dendê foi realizada por dois tipos de moinhos: faca e tungstênio. A finalidade de utilizar dois moinhos é para verificação de uma possível contaminação da amostra por ferro.

Na Tabela 2 são apresentados os valores encontrados. Os resultados da análise química por fluorescência de raios X são expressos em óxidos percentuais. Logo, é possível observar todos os componentes que foram identificados nas amostras estudadas, durante a análise da composição química por intermédio de espectrometria de FRX.

Tabela 2 - Composição química do caroço do dendê obtida por FRX

Moinho de Facas 1,8% (óxidos)		Moinho de Tungstênio 1,8%	
Componente	CONC(%)	Componente	CONC(%)
Si	0,6695	Si	0,7042
K	0,2677	K	0,2982
Ca	0,2601	Ca	0,2378
Fe	0,1884	S	0,1211
S	0,1163	Fe	0,1203
Al	0,09505	W	0,06640
Cl	0,04597	Cl	0,05724
P	0,03996	Mg	0,03833
Mg	0,03470	P	0,03540
Cu	0,02794	Al	0,02670
Na	0,01238	Cu	0,02162
Zn	0,01181	Co	0,01901
		Zn	0,01295
		Na	0,01112

Fonte: Própria Autora

Na análise qualitativa, observou-se que a sílica é o elemento preponderante e observa-se pouco alumínio. Além do que a quantidade de ferro, mesmo baixa, é alta quando comparada com o Si, o que não permitiu realizar análises por Ressonância magnética nuclear (RMN).

O óxido de silício é o composto químico muito usado em grande quantidade como um constituinte de materiais de construção (FANGMEIER e HOEHNE, 2012). A presença do óxido de alumínio e silício é bastante interessante, pois indica a possibilidade de utilização desse material como fonte de matéria – prima cerâmica que tem importantes aplicações industriais.

Constatou-se uma quantidade de cloro alta, fator este que dependendo de sua aplicação pode não ser vantajoso. A porcentagem de carbono é elevada, demonstrando ser desfavorável quando pensando em conjunto com o cimento.

Alguns elementos encontrados por meio de fluorescência nesta pesquisa também fazem parte da composição de areias e cimentos, principalmente a sílica.

Sendo este elemento, aplicável em materiais refratários, bem como: cerâmica, vidro, cimento.

4.2.2 Difração de Raios X (DRX)

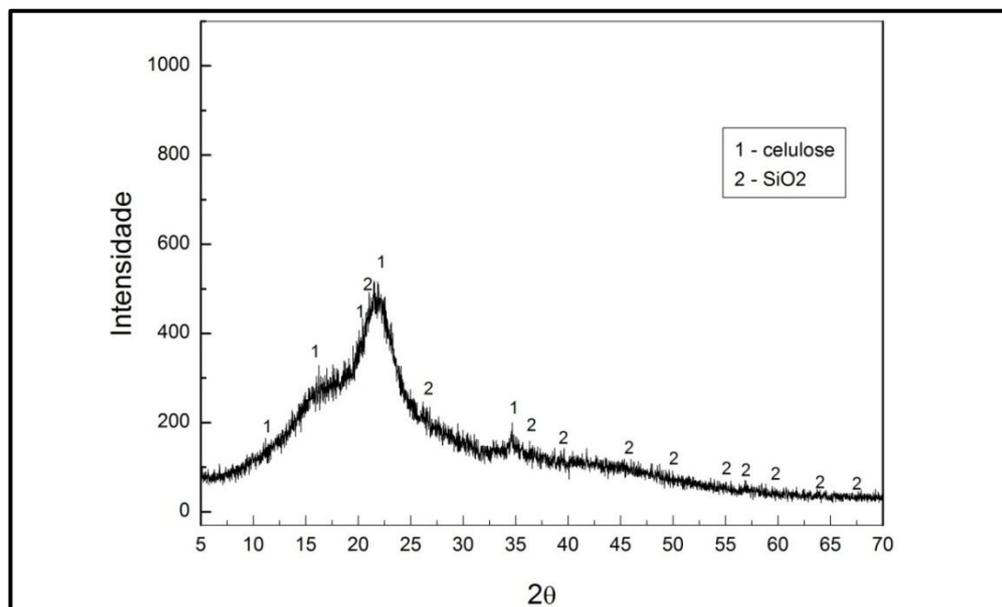
Pelos resultados obtidos no ensaio de difração de Raios X, observa-se um desvio da linha base entre 15 e 30 graus, indicando uma característica de materiais amorfos, porém os difratogramas apresentam picos cristalinos peculiares, indicando que o material analisado não é totalmente amorfo, pois apresenta alguma cristalinidade.

As amostras apresentam picos de difração em $2\theta=20^\circ$ e $2\theta=12^\circ$, da celulose II e em $2\theta=16^\circ$; 22° e 34° , que são característicos da forma cristalina da celulose I (LI e RENNECKAR, 2011).

Os difratogramas de raios X das amostras identificam a presença de fases específicas do óxido de silício (quartzo baixo - quartz low). As outras contribuições que aparecem nos difratogramas são de fases de óxidos de Cálcio e Ferro.

Os resultados do DRX estão em concordância com os resultados de fluorescência de raios X. A Figura 28 apresenta o difratograma do caroço do dente, obtido de acordo com o procedimento geral.

Figura 28 – Difração de Raios X do caroço do dente



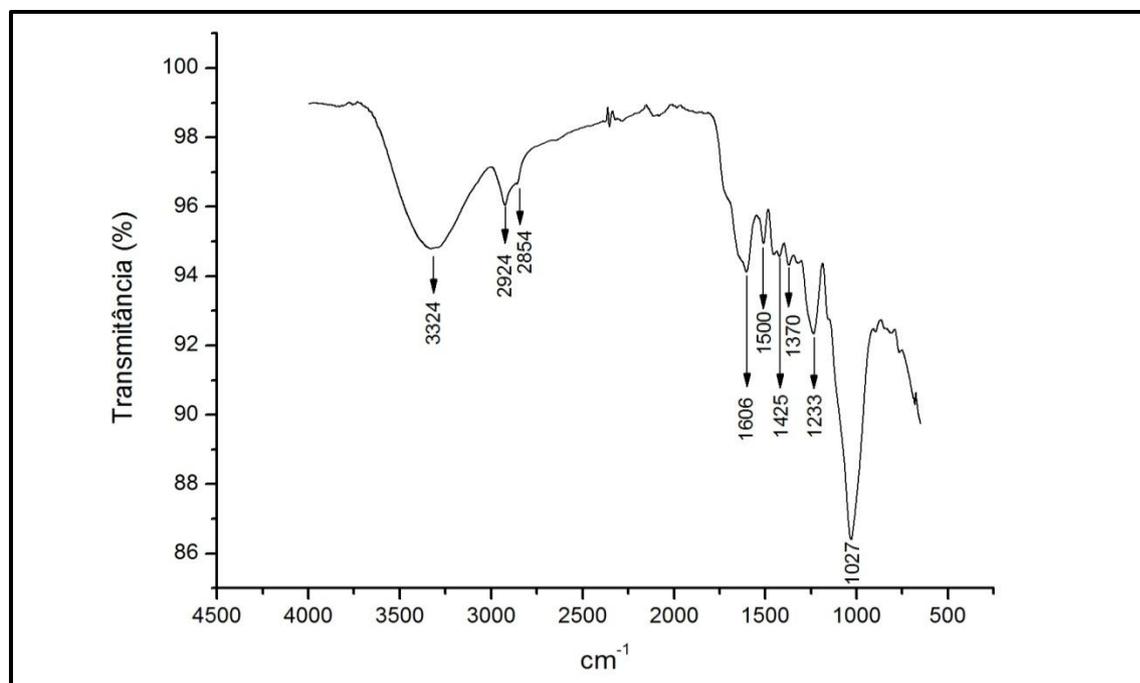
Fonte: Própria Autora

4.2.3 Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Segundo Silverstein (2006) as regiões mais importantes de um espectro de infravermelho compreendem o início e o final do espectro, e abrangem as faixas de $4000 - 1300\text{cm}^{-1}$ e $900 - 690\text{cm}^{-1}$. A região inicial, de alta energia é chamada região dos grupamentos funcionais, onde se encontra as absorções de hidroxila de álcool, ácido carboxílico, fenol, enol, vibrações de $-NH$ de amins primárias e secundárias, grupo carbonila e outros. A ausência de bandas fortes na região de $900 - 690\text{cm}^{-1}$ indica ausência de esqueleto aromático na estrutura. A região intermediária, que compreende a faixa de $1300-900\text{cm}^{-1}$ é conhecida como região de impressão digital por ser muito importante para a determinação da estrutura.

Os espectros FTIR foram obtidos na faixa de 4000 a 400cm^{-1} . De acordo com a Figura 29, o espectro de infravermelho realizado nesta pesquisa sugere a existência de grupos funcionais de hidroxila e fenóis (SILVERSTEIN et al., 2007).

Figura 29 – Infravermelho caroço do dendê



Fonte: Própria autora

Constatou-se uma vibração na região de 3324cm^{-1} onde se identifica a ligação O-H que estão relacionadas a celulose presente na amostra e pode-se

deduzir que a mesma provavelmente mostra em sua constituição outras substâncias hidroxiladas, como alguns carboidratos e compostos fenólicos (SJÖSTRÖM e ALÉN, 1998; GULLICHSEN e PAULAPURO, 2000). Na região de 1425 e 1370cm^{-1} se destacam outras vibrações atribuídas a ligação C-H no plano. Observa-se uma banda forte localizada em 1035cm^{-1} , atribuídas a ligações de C-O (PAVIA et al., 1996, SILVERSTEIN et al., 2008).

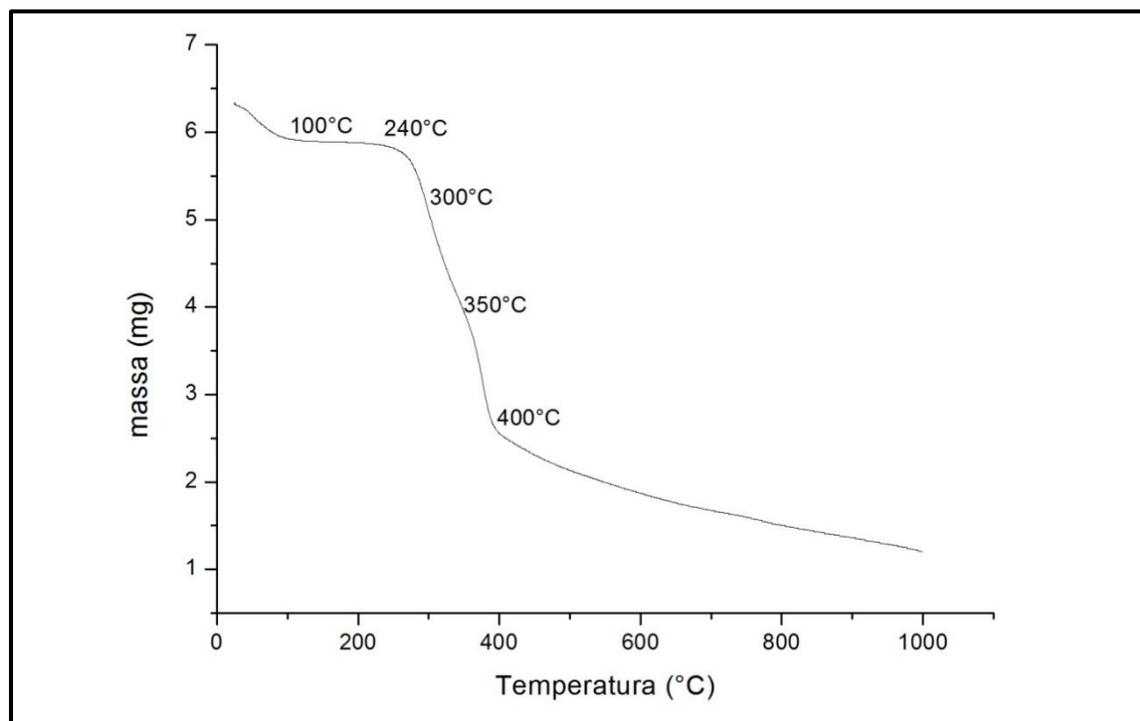
No mesmo espectro ainda pode ser observada uma banda associada com fenóis na região de 1233cm^{-1} , ligada com a vibração da ligação de C-C-O ou C-O, que se estende aos éteres de celulose (MEIRELES, 2007; SCHLUFTER e HEINZE, 2010). Entre 2924 a 2850cm^{-1} do espectro as vibrações encontradas foram identificadas como simétrico e assimétrico de ligações do tipo CH (grupos metila (CH_3) e metileno (CH_2)), características existente na maioria dos espectros de compostos orgânicos (LOPES e FASCIO, 2004; SILVERSTEIN et al., 2008; MCMURRY, 2008). Uma banda na faixa de 1650 a 1500cm^{-1} situa-se em associação com a presença de grupos CH_2 e CH_3 e/ou referente à deformação de OH proveniente de grupos fenólicos (TANG et al., 2012).

Ademais o espectro analisado possui algumas bandas muito características de um material celulósico, confirmando assim as análises de DRX (SILVA et al., 2010). De acordo com a literatura (XU, 2005; LIU et al., 2006; ZHANG et al., 2014) os picos encontrados localizam-se dentro da faixa de referência para caracterização da molécula de celulose, porém os resultados de FTIR possuíram alguns desvios, os quais podem estar associados às condições de processamento.

4.2.4 Análises Termogravimétricas – TGA

Dentre os métodos empregados para a caracterização de materiais orgânicos, a análise termogravimétrica (TGA) é um método simples e preciso para estudar o padrão de decomposição e a estabilidade térmica do material em estudo. Na Figura 30, é apresentada a curva de perda de massa para o caroço do dendê in natura.

Figura 30 - Análise termogravimétrica do caroço do dendê (Curva TGA)



Fonte: Própria autora

A partir da curva da análise TGA observa-se uma perda de massa inicial entre 22 a 100°C, atribuída especificamente a evaporação da água (grupos de hidroxila) e que precisa de energia para ser retirada. Constatou-se que na faixa de temperatura compreendida entre 100 e 200°C a perda de massa foi mínima.

Observa-se uma perda de massa significativa entre 240 a 345°C. Estas perdas expressivas estão associadas à combustão dos compostos orgânicos e a decomposição dos resíduos constituintes do material. Sabendo que o material possui celulose na sua composição, suponha-se então que este fato justifique uma perda de massa elevada (IDRIS et al., 2012).

Segundo os autores Castro (2011) e Santos et al. (2012) as perdas de massa para a celulose são iguais a 46,4 e 50% respectivamente, entre as temperaturas de 300 e 400°C. Para temperaturas superiores a 400°C a maior parte da celulose é degradada (YANG et al., 2007). Para os autores Lira et al.(2014), Os picos em temperaturas mais elevadas, acima de 400°C, são provavelmente referentes à queima do carbono fixo sendo às anteriores referentes à liberação e oxidação do material volátil.

O material em estudo atingiu uma perda de massa total de 81,1 % e massa residual de 18,85% indicando seu índice de impureza. Valor este semelhante ao estudo realizado com a casca de coco (LIRA et al., 2014).

A fim de identificar às porcentagens de perda de massa em intervalos distintos de temperatura as curvas TGA foram segmentadas e analisadas conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3 – Intervalos de temperaturas e as respectivas perdas de massa do caroço do dendê

	PERDAS DE MASSA (%)						Massa residual (%)
	25-100°C	100-240°C	240-300°C	300-350°C	350-400°C	400-1000°C	
Caroço do dendê	6,33	1,27	11,71	18,19	22,01	21,65	18,84

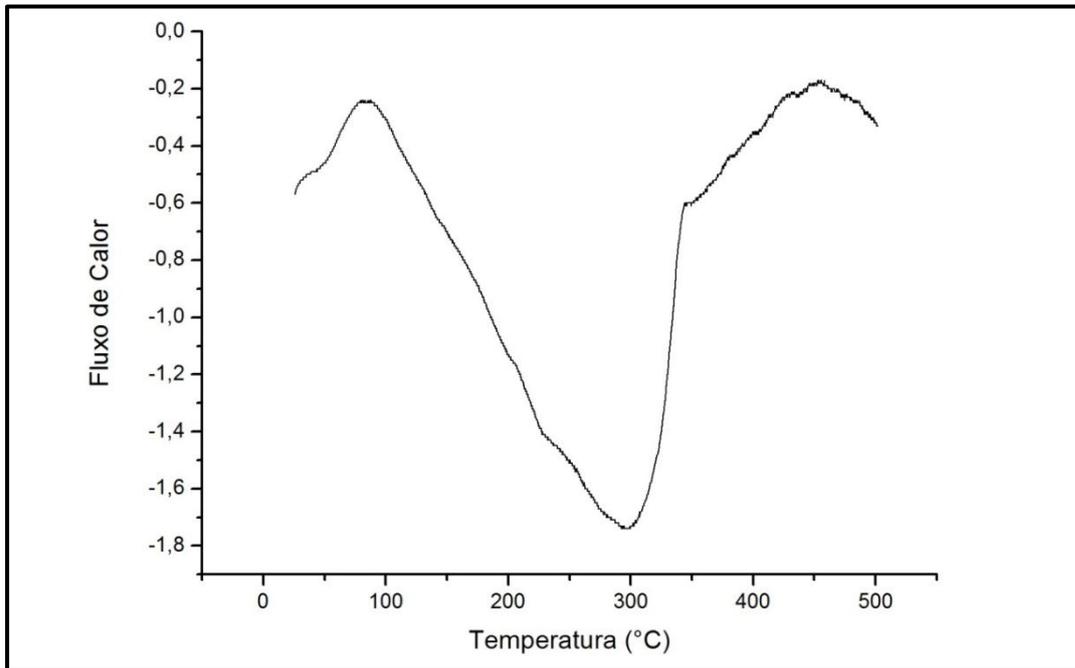
Fonte: Própria autora

Outros trabalhos na literatura apresentaram resultados similares quando analisados resíduos e/ou biomassa e seu comportamento durante processo de combustão. Os resultados mais próximos afim de comparação com o caroço do dendê são os das palmeiras (IDRIS et al., 2014). Outros exemplos atuais de estudos, utilizando a termogravimetria que possuem comportamento muito semelhante, são as misturas de linhito e resíduos de azeitona (YUZBASLI, 2011), resíduos sólidos agroindustriais (VIRMOND et al., 2012), resíduos de serragem de madeira, de casca de coco, de bagaço de caju e bagaço de cana-de-açúcar (LIRA et al., 2014).

4.2.5 Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)

De acordo com a Figura 31, podemos observar a curva de DSC do caroço do dendê in natura. Inicialmente entre a temperatura ambiente e 100°C, a curva indica uma variação que pode estar relacionado à perda de umidade do material (LIRA et al., 2014). A quantidade de energia consumida vai depender da quantidade de água contida no material.

Figura 31- Análise termogravimétrica do caroço do dendê (Curva DSC)



Fonte: Própria autora

Segundo Leroy et al. (2010), dióxido de carbono e traços provenientes de compostos orgânicos são liberados entre as temperaturas de 100 a 200°C.

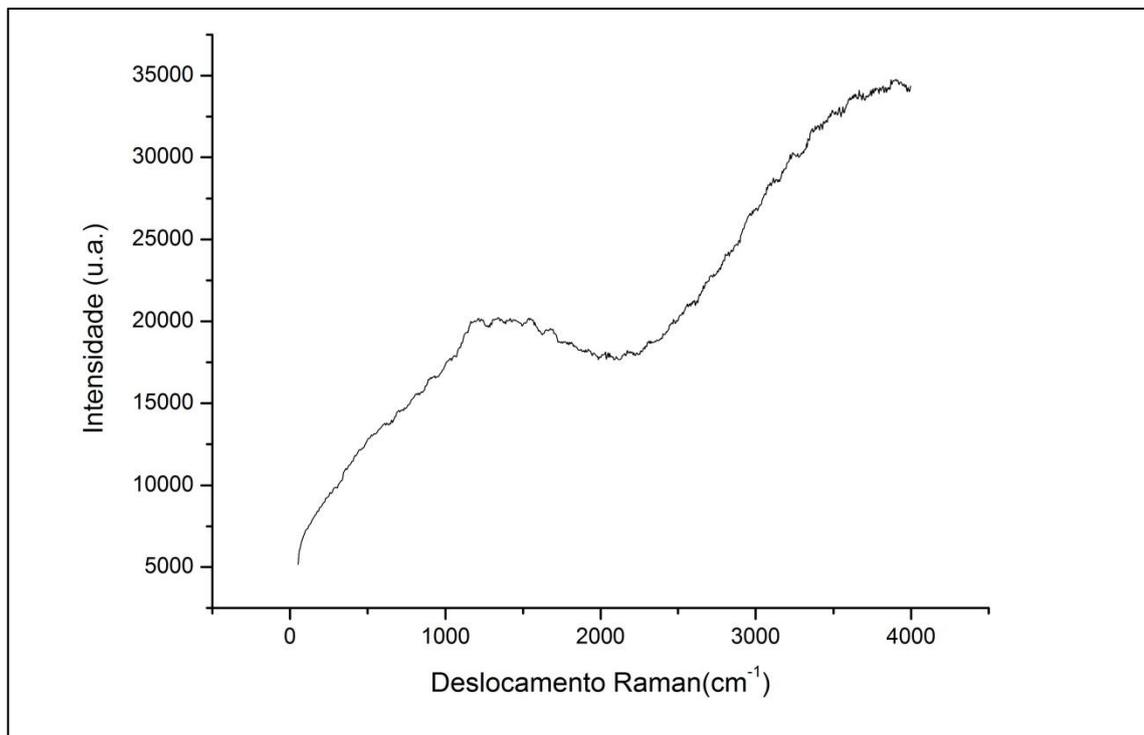
Verificou-se no intervalo entre as temperaturas de 240°C a 350°C, um pico intenso, fator este possivelmente atribuído à decomposição da celulose presente no material ensaiado (ZHANG et al., 2014).

Conforme os autores Bhaduri et. al.(1994) analisam que esta endoterma é resultante da desidratação e da despolimerização do componente celulose constituinte da amostra, levando à formação de produtos voláteis inflamáveis. Chand et. al. (1987) relacionam esta endoterma a desidratação e à quebra de grupos hidroxila da molécula de celulose, resultando na evolução de água. Fairbridge et. al.(1978) por sua vez, realizaram estudos de decomposição de celulose em atmosferas de nitrogênio e oxigênio e notaram que a degradação da celulose acontece via duas reações competitivas de primeira ordem, as quais produzem uma fração condensada, uma fração gasosa e cinzas.

4.2.6 Espectroscopia Raman

Conforme a Figura 32 pode-se identificar o material por espectroscopia Raman devido à forma das bandas. Quanto mais larga a linha do espectro Raman, mais amorfo o material se apresenta, visto que desta maneira existe menos coerência dos fótons espalhados durante o processo Raman, devido à falta de cristalinidade. Observam-se os espectros Raman na região de 1000 a 2000cm^{-1} , bem característicos de materiais amorfos, assim como é possível constatar algum grau de desordem estrutural (SILVERSTEIN et al., 2007).

Figura 32- Espectros Raman do caroço do dendê



Fonte: Própria autora

4.2.7 Análise de Ensaio de Microdureza Dureza Vickers

A caracterização é importante por ser um indicativo para a avaliação quanto ao comportamento de um material, sendo a dureza ligada à estrutura cristalina que o forma, bem como aos defeitos e impurezas relacionados a tal estrutura e à composição do material (BLANDO, 2005). É essencial destacar que, como vários

elementos estão relacionados à dureza, não é possível atribuir tal propriedade a um único fator, mas a um conjunto sendo muito difícil e complexo definir a razão pela qual um material é mais ou menos duro (KREISNER, 2009). Na Tabela 4, estão representados os valores obtidos no ensaio de microdureza Vickers, realizados em seis amostras.

Tabela 4 – Valores obtidos em cada endentação no ensaio de microdureza Vickers (HV)

Medidas	Amostras					
	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6
Microdureza Vickers (HV)						
1^a	20	19,01	15,6	19,7	23,6	17,3
2^a	19	20	16	18,4	20,1	18,02
3^a	21	19,01	19,8	19	20,4	18,3
4^a	19,01	17,9	21	18,9	21	20,9
5^a	22	20,02	18	18,5	22,5	17,6
6^a	22,5	16,6	21,9	17,9	21,7	15,8
Média	20,59	18,76	18,72	18,73	21,55	17,99
σ	1,50	1,32	2,61	0,62	1,33	1,67

Fonte: Própria autora

A técnica de microdureza é indicada para materiais como metais e cerâmicas, por ser considerada a única escala que alcança os valores de dureza dos materiais. Fazendo um comparativo com os valores encontrados com materiais cerâmicos, observa-se que o material em estudo se assemelha com o mesmo, tendo em vista que materiais cerâmicos possuem alta dureza (MAMALIS et al., 2002). Fica evidente que quando comparado a materiais metálicos, o caroço do dandê possui uma dureza baixa (ABNT NM ISO 6507-1: 2008). Na Tabela 5, é possível observar a dureza de um determinado material cerâmico e metal.

Tabela 5 – Exemplos medidas de dureza outros materiais

Metal		Cerâmica
Peça Zamak	Cerâmica	Avançada- Al ₂ O ₃
	93,9 HV	16,1 HV

Fonte: Casagrande et al; (2010) e Mamalis et al; (2002)

4.2.8 Massa Específica

A determinação da massa específica foi realizada conforme as recomendações da NBR 23 (ABNT, 2000), utilizando como reagente no ensaio água e posteriormente querosene como reagente, conforme norma. Na Tabela 6 são apresentados os resultados da massa específica e comparação com dados da literatura. Observou-se que a massa específica real foi semelhante à de endocarpos de frutos de outras espécies.

Tabela 6 – Massa específica real de endocarpos do dendê e compilação de dados da literatura para endocarpos de frutos de outras espécies

Material	ρ_{real} (g/cm ³)
Dendê (Autora, 2016)	1,435
Butiá (Rosseto et al., 2014)	1,461
Macadâmia (Rocha et al., 2006)	1,015

Fonte: Adaptado de Rosseto et al (2014)

A massa específica do material em estudo apresentou-se baixa em comparação a massa específica dos agregados naturais (areias) e aglomerantes (cimento Portland) utilizados na confecção de argamassas convencionais. A maioria dos agregados naturais possui massa específica entre 2,6g/cm³ e 2,7g/cm³ (NEVILLE e BROOKS, 2013) e os aglomerantes possuem massa específica usualmente considerada como 3,15g/cm³ embora possa variar para valores ligeiramente inferiores (BAUER, 2000).

Porém esse resultado pode ser benéfico quando pensado em conjunto com argamassa ou concreto, por exemplo. Sabendo que agregados com massas específicas baixas podem resultar em uma argamassa leve, e a mesma esta diretamente ligada a sua trabalhabilidade, ou seja, o nível de trabalhabilidade é proporcional à leveza das argamassas, ademais, reduz o esforço realizado pelo operário para aplicar a argamassa aumentando sua produtividade (CARASEK, 2007).

Atualmente em algumas construções de edifícios de múltiplos andares as estruturas são realizadas com concreto leve, onde a sua massa específica varia em torno de 1.800kg/m^3 , fator este que representa uma redução de 30% no custo da fundação, em comparação com as estruturas em concreto com massa específica normal (CINEXPAN, 2000). Ocorre, porém, que além da redução da massa específica, a substituição dos agregados convencionais por agregados leves pode ocasionar alterações significativas no desempenho de outras propriedades do concreto estrutural, com destaque para a trabalhabilidade, a resistência mecânica, o módulo de deformação, a durabilidade, a estabilidade dimensional, a condutividade térmica e para a microestrutura da zona de transição pasta-agregado.

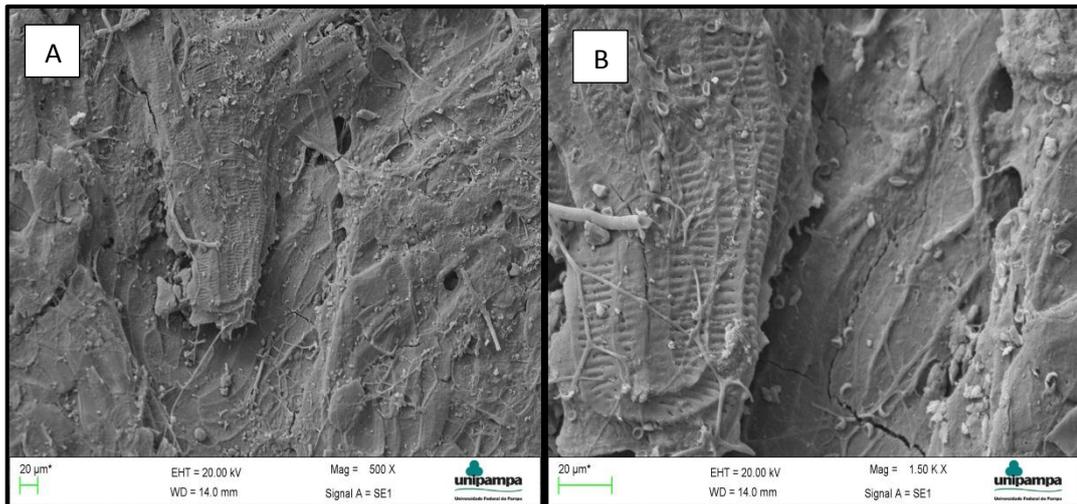
De acordo com Carasek (2007), quanto mais leve for a argamassa, mais trabalhável será a longo prazo, reduzindo esforço em sua aplicação e resultando em maior produtividade. Contudo, só o conhecimento da massa específica de um material não é o suficiente para se considerar que o mesmo quando adicionado com outros materiais terá bons resultados. Sendo necessário análises mais detalhada não restringindo a aplicação apenas em argamassas ou concretos. Visando futuramente a obtenção de um novo material mais leve, com diversas aplicabilidades no mercado da engenharia, a partir da adição da matéria-prima em estudo (caroço do dendê).

4.2.9 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A partir de imagens capturadas na microscopia eletrônica de varredura é possível observar que o caroço do dendê apresenta uma estrutura fibrosa, conforme pode ser visto na Figura 33 com ampliação de 500 e 1500X. O material em estudo possui uma morfologia mais desorganizada, com uma maior exposição das fibras. Observam-se muitos feixes de fibras unidas onde essas fibras apresentam diversos

váculos ao longo de sua extensão. A estrutura do material em estudo assemelha-se a de uma célula de traqueíde.

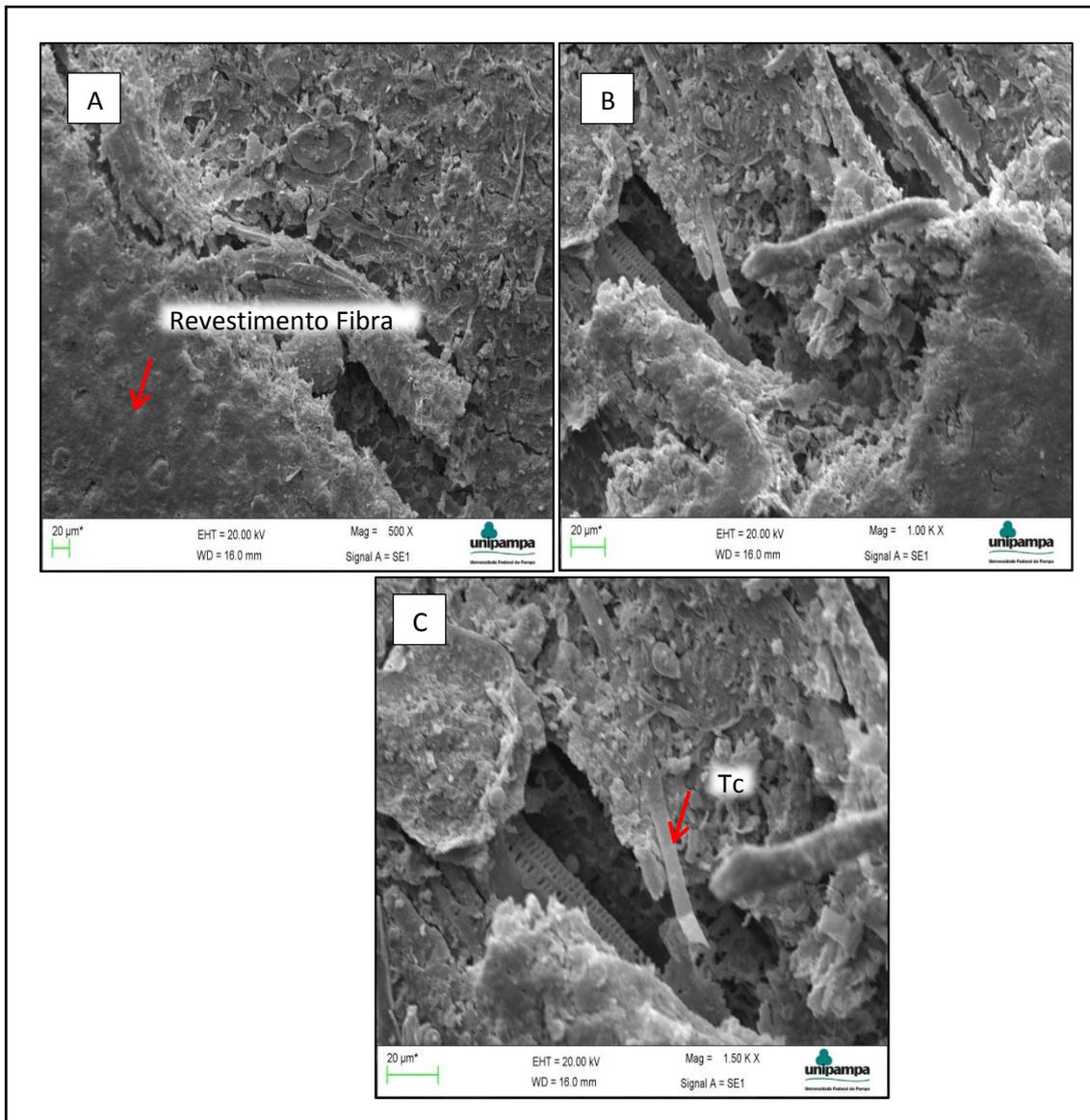
Figura 33 – Microscopia carço do dendê com aumento de 500x (A) e 1500x (B)



Fonte: Própria autora

Analisando a Figura 34 observa-se que existem pequenas irregularidades na superfície do carço do dendê cujas camadas de cutículas revestem a fibra com uma cobertura em formato de couraça e as partículas globulares se apresentam como saliências fixadas em cavidades específicas da própria fibra. Essas irregularidades externas, cutículas e partículas globulares se instalam na superfície das fibras propiciando um aspecto irregular. Ao longo de toda a extensão apresentam regiões com rugosidades e saliências ou protrusões referentes à presença de silício (ALMEIDA, 2006).

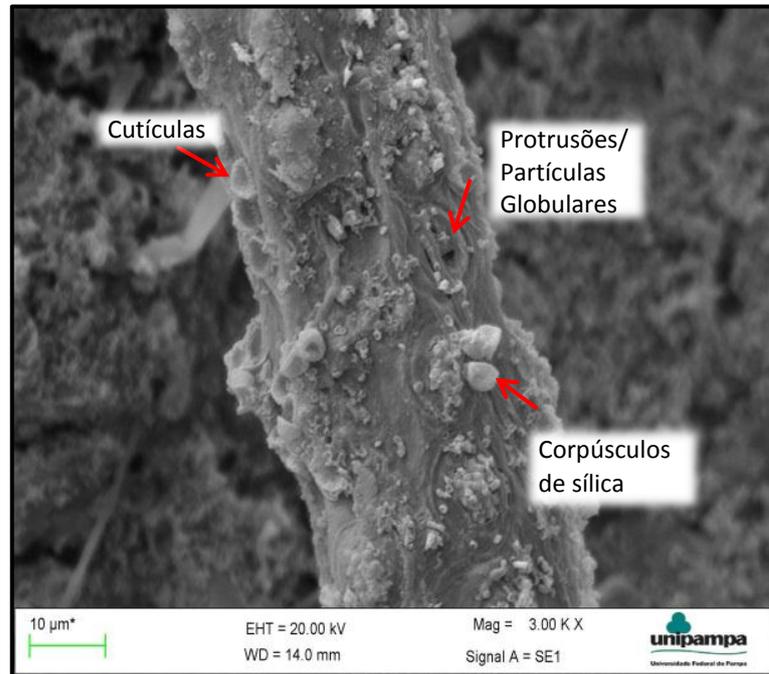
Figura 34 – Microscopia revestimento da fibra e Tricomas (Tc) no caroço do dendê x500(A), x1000(B) e x1500(C)



Fonte: Própria autora

As protrusões existentes são decorrentes da quantidade de silício presente na amostra (Figura 35). Estas características desta amostra o tornam uma alternativa promissora como reforço. A presença de corpúsculos de sílica é comum em outras espécies de *Arecaceae* (HENDERSON, 2006), assim como o a presença de estômatos tetracíclicos (PASSOS e MENDONÇA, 2006; SILVA e POTIGUARA, 2008) e de Tricomas de vários tipos que também podem ser encontrados nas *Arecaceae* (HENDERSON, 2006).

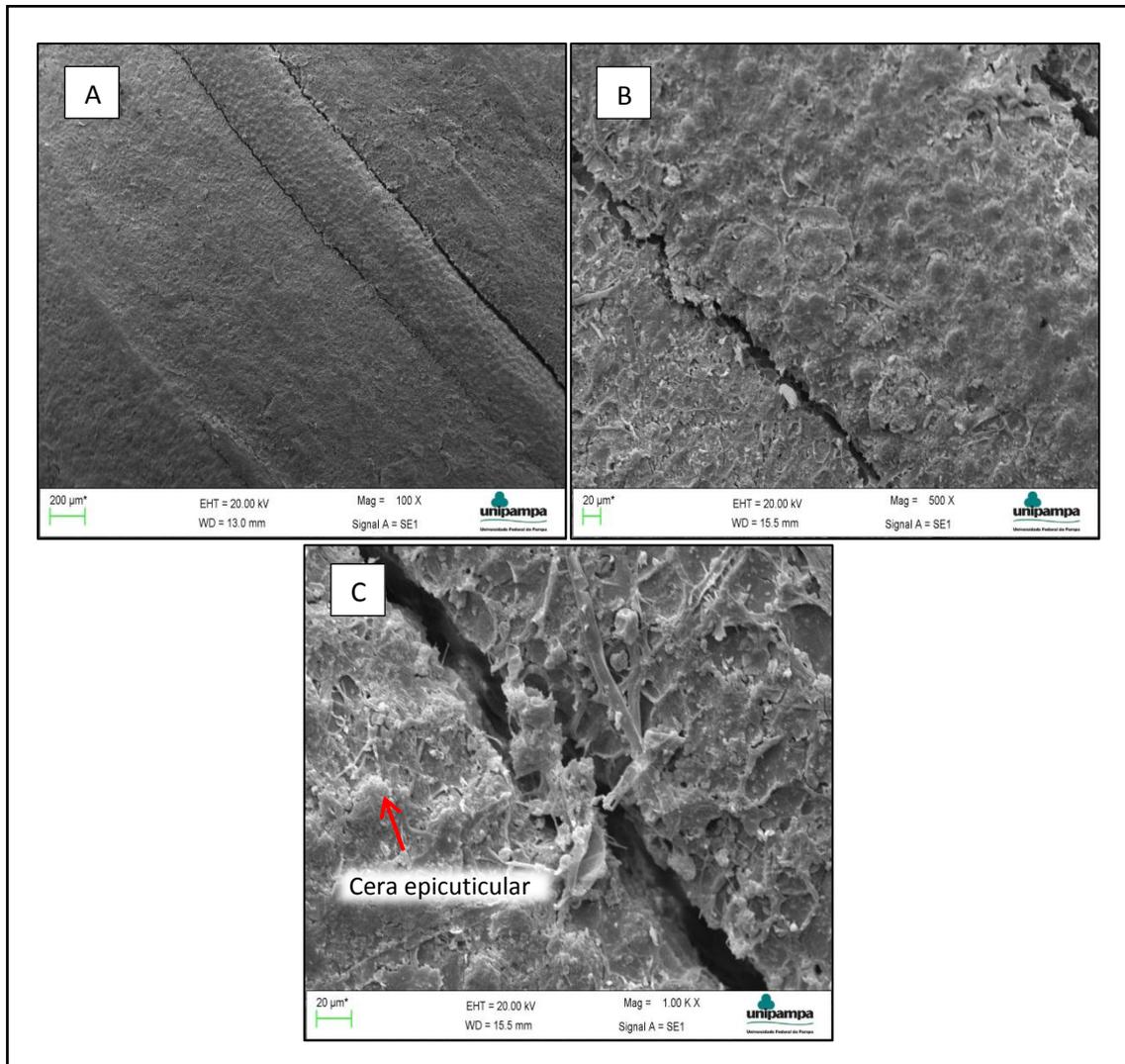
Figura 35 – Microscopia dos corpúsculos de sílica e protrusões no caroço do dendê (3000x)



Fonte: Própria autora

A superfície do caroço do dendê apresentou, em todas as regiões analisadas, cera epicuticular em placas em ambas as faces (Figura 36). Tal aspecto é comum em diversas espécies de Arecaceae (Silva e Potiguara, 2008).

Figura 36 – Microscopia regiões de cera epicuticular superfície do endocarpo do dendê aumento de x100(A), x500(B) e x1000(C)



Fonte: Própria autora

5 CONCLUSÕES

Nesse capítulo são apresentadas as principais conclusões sobre a caracterização do caroço (endocarpo) do dendê. São destacados os principais resultados alcançados e listadas as conclusões que podem ser extraídas, além de apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

5.1 Considerações Finais

As análises dos dados experimentais coletadas no desenvolvimento deste trabalho permitiu elaborar uma série de considerações, que foram apresentadas ao longo do trabalho, e que estão resumidas abaixo:

- a. Através do ensaio de fluorescência de raios X, foi possível identificar os componentes constituintes da amostra. Composta de sílica (37,19%), potássio (14,87%), cálcio (14,45%), ferro (10,46%), enxofre (6,46%), alumínio (5,28%), cloro (2,55%), potássio (2,22%), magnésio (1,93%), cobre (1,55%), sódio (0,68%) e zinco (0,65%);
- b. As caracterizações mineralógicas foram realizadas pela técnica de difração de raios X, a fim de identificar as principais fases cristalina e amorfa da amostra. Conforme análise de difração de raios X, o material apresentou características de materiais amorfos. Porém com alguns picos peculiares, identificando a presença predominante de fases específicas do óxido de silício e celulose. Os minerais identificados pela difração de raios X são confirmados pelo cruzamento dos resultados de espectrometria de fluorescência;
- c. A presença dos grupos funcionais presentes no caroço do dendê moído foi analisada através de espectroscopia de infravermelho, onde o espectro verificou possivelmente a existência de grupos de hidroxilas e fenóis. As principais bandas localizam-se na região de 3324cm^{-1} , onde se observa uma vibração característica das ligações O-H, provenientes dos grupos hidroxílicos e uma banda intensa localizada na região de 1035cm^{-1} , possivelmente sinal do estiramento C-O. Observam-se bandas muito características de um material celulósico, confirmando assim as análises no cruzamento de dados com a análise de DRX;

- d. O processo de degradação térmica do caroço de dendê, através de análise térmica de TGA, mostra que o material apresenta boa estabilidade térmica, tendo sua degradação iniciada a partir de 240°C. A partir da curva de TGA pode-se observar o comportamento do material e quantificar sua perda de massa. A primeira perda justifica-se pela perda de água, seguidamente por degradação do material. É notório que quanto maior a temperatura, maior é a perda de massa, totalizando uma perda de 81,16 % e massa residual de 18,84%. Os resultados obtidos por TGA/DSC evidenciaram com clareza o comportamento térmico do material analisado. Com a utilização destes métodos foi possível determinar a estabilidade desses materiais, que é um fator determinante no controle de qualidade;
- e. A curva DSC indica um pico entre a temperatura ambiente e 100°C, que pode ser atribuído à perda de umidade do material. A decomposição do material se dá a partir de 240°C, conforme mencionado na curva TGA;
- f. Com o espectro Raman pode-se verificar a amorficidade do caroço do dendê que por sua vez apresentam ondulações e desordem peculiares de um material amorfo;
- g. A partir da análise de microdureza de Vickers obteve-se uma dureza média de 20HV. Propriedade esta que se assemelha com materiais cerâmicos, estabelecendo que o caroço do dendê analisado seja um material duro, quando comparado com estes;
- h. O valor médio para a massa específica real do caroço de dendê é de 1,443g/cm³, equiparando-se a alguns valores encontrados na literatura, bem como o endocarpo da amêndoa e noz. Em relação aos agregados e aglomerantes utilizados em argamassa convencionais, a massa específica encontrada no material em estudo é baixa;
- i. As micrografias realizadas por MEV mostraram que a estrutura do caroço do dendê é composta por fibras com diversos váculos, desorganizada e irregular. Possuindo características semelhantes a outras espécies de Arecaceae.

5.2 Conclusões

Avaliando os resultados encontrados através de técnicas de caracterização, fez-se possível deslindar determinadas características importantes, referentes ao comportamento do caroço do dendê. Obtendo assim, informações relevantes para poder subsidiar futuros trabalhos.

As técnicas utilizadas neste trabalho foram consideradas rápidas, cada qual se baseando em princípios físicos diferentes, fornecendo informações distintas, mas que somadas, proporcionaram um conhecimento fundamentado acerca do material de interesse, confirmando ou descartando informações peculiares sobre o objeto de estudo.

O caroço de dendê apresentou, inicialmente, características físicas e químicas que indicavam a possibilidade de utilização em compósitos cimentícios, pois o material, na difratometria de raios X apresentou-se parcialmente amorfo, o que pode indicar uma possibilidade de reação pozolânica. Porém este fator não é determinante, o material em estudo não atendeu outros requisitos da NBR 12653 (2015) e aos da American Society for Testing and Materials (ASTM – norma C 125-03), relativas a materiais pozolânicos. Desta forma, a baixa atividade pozolânica desse material permite o seu emprego apenas como carga em compósitos à base de cimento Portland, ou seja, adicionado em pequenas porcentagens na confecção de argamassas em substituição da areia, não descartando a possibilidade de aplicação do mesmo em compósitos poliméricos.

Todavia é importante que mais ensaios sejam realizados com investigações mais específicas para o uso do caroço do dendê como matéria-prima, com o intuito de conferir e comprovar com estudos complementares a eficiência do mesmo. Logo é perceptível a relevância da caracterização do material em estudo.

5.3 Sugestões para Trabalhos Futuros

No decorrer das atividades foi possível observar a necessidade de realização de outros ensaios para certificar o uso do material utilizado.

- a. Realizar outras caracterizações físicas do caroço do dendê moído como: massa específica aparente, módulo de finura, porosidade do material;

- b. Realizar uma análise de espectrofotômetro do caroço do dendê, a fim de uma melhor identificação da espécie química;
- c. Adicionar o caroço do dendê moído em diferentes granulometrias e percentuais substituindo parcialmente e totalmente a areia em compósitos cimentícios e avaliar a sua influência nas propriedades das argamassas produzidas, bem como as propriedades mecânicas, físicas e químicas das mesmas, realizando um comparativo com argamassas convencionais;
- d. Realizar ensaio de condutividade térmica, avaliando as propriedades termo isolantes e acústicas de argamassas;
- e. Avaliar a viabilidade do uso do caroço de dendê como matéria-prima para compósitos poliméricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADO, J; MILDRED, S. D; Riichiro, Saito and Gene F. **Dresselhaus, Raman Spectroscopy in Graphene Related Systems**, John Wiley and Sons, (2010).

AGRIANUAL: **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2012.

AGOSTINHO, C. S. A. **Estudo da evolução do desempenho no tempo de argamassas de cal aérea**. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa - Dissertação Grau de Mestre em Engenharia Civil - Abril 2008.

AGROPALMA. **Departamentos de Controle de Qualidade e Pesquisa e Desenvolvimento**. 2007.

ALVES, S. A. O. **Resgate in vitro de Híbridos Interespecíficos de Dendzeiros (*Elaeis Guineensis X Elaeis Oleifera*)**. Universidade Federal Rural da Amazônia. Dissertação. Belém- Estado do Pará-Brasil, 2007.

ALMEIDA, J. L. M. **Argamassas Tradicionais e Industriais em Edifícios**, 2010 – Universidade do Porto.

AMARAL, M. C.; AMARAL, C.; HOLANDA, J. N. F. **Avaliação da Incorporação de Resíduo de Cinzas de Bagaço de Cana-de-Açúcar em Tijolo Solo-Cimento**. Universidade Estadual do Norte Fluminense. V.1, n. 1 (2014).

American Society for Testing and Materials. **ASTM E766-98**: Standard Practice for Calibrating the Magnification of a Scanning Electron Microscope, 1998.

_____. **ASTM E384-99**: Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials, 1999.

_____. **ASTM E175-82**: Standard Terminology of Microscopy, 2010.

_____. **ASTM E1252**: Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis, United States, 2007.

_____. **ASTM E793**: Standard Test Method for Enthalpies of Fusion and Crystallization by Differential Scanning Calorimetr, 2012.

_____. **ASTM E794**: Standard Test Method for Melting And Crystallization Temperatures By Thermal Analysis, 2012.

_____. **ASTM E2911**: Standard Guide for Relative Intensity Correction of Raman Spectrometers, 2013.

_____. **ASTM E1131**: Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.

_____. **ASTM E1683**: Standard Practice for Testing the Performance of Scanning Raman Spectrometers, 2014.

_____. **ASTM E2529**: Standard Guide for Testing the Resolution of a Raman Spectrometer, 2014.

_____. **ASTM E1840-96**: Standard Guide for Raman Shift Standards for Spectrometer Calibration, 2014.

AMORIM, C. L. G. **Estudo do Efeito das Interações Água-Argila no Inchamento de Argilominerais através da Difração de Raios X**. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2007.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil**. In: IV Seminário Desenvolvimento sustentável a reciclagem na construção - práticas recomendadas, 2001, São Paulo.

ANGELIM, R. R.; CARASEK, H. **Influência da distribuição granulométrica da areia no comportamento dos revestimentos de argamassa**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2003, São Paulo. Anais... São Paulo: CETA / ANTAC, 2003.p.159-168.

ANTONIO, A. **Sustentabilidade, consumismo e ecologia**. Artigo. 2013.

ANUSAVICE, K. J; SHEN, C., & RAWLS, H. R. (2013). **Materiais dentários**. (Elsevier Editora Ltda, Ed.) (12. ed.). Rio de Janeiro.

ARAÚJO, G. S. **Estudos de parâmetros texturais das areias para argamassas de revestimento através da análise de imagens**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Espírito Santo, 2001, Vitória, Brasil.

ARAUJO, G. J. F.; CARVALHO, C. M.; CASTRO, V. **A importância da prática da sustentabilidade e de seus indicadores para implementação e consolidação de vantagem competitiva.** Periódico Eletrônico. Digital Object Identifier (DOI): 10.17271/19800827. Fórum Ambiental da Alta Pontista. ANAP. ISSN 1980-0827. Vol.9, nº10, 2013.

ARRUDA FILHO, N.; DANTAS, C.P.; LEAL, A.F.; BARBOSA, N.P.; SILVA, C.G.; ALEXANDRE, M.V. **Resistência mecânica de compósitos cimentícios leves utilizando resíduos industriais e fibras de sisal.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 8, p. 894-902, 2012.

ARRAIS, C. A. G., KASAZ, A. D. C., ALBINO, L. G. B., RODRIGUES, J. A., & REIS, A. F. (2010). **Effect of curing mode on the hardness of dual-cured composite resin core build-up materials.** Brazilian Oral Research, 24(2), 245–9.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 23** – Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR NM ISO 6507-1:** Materiais metálicos - Ensaio de dureza Vickers Parte 1: Método de ensaio, 2008.

_____. **NBR 52:** Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 26:** Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 12677:** Análise química de produtos refratários por fluorescência de raios X (XRF) — Método do corpo de prova fundido, 2014.

_____. **NBR 12653:** Materiais pozolânicos — Requisitos. Rio de Janeiro, 2015.

AZEVEDO, L. M. S. **Síntese de niobato de sódio a partir do óxido de nióbio e do nióbio metálico.** Dissertação de Mestrado em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2010.

AZEREDO, S. R. **Estudo do Envelhecimento de Ligantes Asfáltico usando a Técnica de Espalhamento Coerente de Raios X**. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós- Graduação e Pesquisa de Engenharia. Dissertação, 2011.

BARCELOS, E. **Características genético-ecológicas de populações naturais de caiaué (*Elaeisoleifer a* (H.B.K.) Cortés) na Amazônia brasileira**. Dissertação de Mestrado, PPG INPA/FUA, Manaus, 1986.

BARCELOS, E. **Dendeicultura no Brasil: diagnóstico**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PALMA ECEITEIRA, 10., 1993. Santa Marta, Colômbia. Anais. Santa Marta: Burotrop; San Jose: IICA; Bogotá: Fedepalma, 1993. 18 p.

BARROSO, R. C. et al., 2000. **“Angle-Dispersive Diffraction with Synchrotron Radiation at LNLS (Brazil): Potential for Use in Biomedical Imaging”**, Appl. Rad. Isoto, 53(4-5), 717-724.

BARCELOS, E.; NUNES, C. D. M.; CUNHA, R. N. V. **Melhoramento genético e produção de sementes comerciais de dendezeiro**. In: Viégas, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus, p. 145-174, 2000.

BARCELOS, E.; CHAILARD, H.; NUNES, C. D. M.; MACÊDO, J. L. V.; RODRIGUES, M.do R. L.; CUNHA, R. N. V. da; TAVARES, A. M.; DANTAS, J. C. R.; BORGES, R. de S.; SANTOS, W. C. dos. **A cultura do dendê**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 64 p. (Embrapa-SPI. Coleção Plantar, 32).

BARROS, K D. **Sustentabilidade, um valor para nova geração**: orientações para o professor de ensino fundamental. 2011.

BARBOZA A. S. R; BARBIRATO J. C. C; SILVA M.M.C.P. **Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 115-129, jan./mar. 2008.

BAUER, F. L. **Materiais de Construção**. Vol. 1, 5ª edição revisada São Paulo. Editora LTC, 2000.

BAUER, J. M; CÁSSERES, M; SAUERESSIG, G; LUCHESE, J; SELLITTO, M. A. **Destinação de Pneus Usados Servíveis e Inservíveis: Dois Estudos de Caso**. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM ISSN: 22361170. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 2, mai-ago. 2015, p.1292-1302.

BEZERRA, I. M. T. **Cinza de casca de arroz utilizada em argamassas de assentamento e revestimento**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PR, 2010.

BERNAL, C; COUTO, A.B; BREVIGLIERI, S.T; CAVALHEIRO, E.T.G. **Influência de alguns parâmetros experimentais nos resultados de análises calorimétricas diferenciais – DSC**. Química Nova, v.25, n.5, p.849-855, 2002.

BHADURI, S.K.; MATHEW, M.D.; DAY, A.; PANDEY, S.N. **Cellulose Chemistry and Technology**. V.28. p.391. 1994.

BIGNOZZI, M.; SANDROLINI, F. **Tyre rubber waste recycling in self-compacting concrete**. Cement and Concrete Research, Vol. 36, 2006, pp.735-739.

BLANDO, E. **Estudo, desenvolvimento e caracterização de revestimentos do tipo super-rede de dureza**. 2005. 137f. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BORGES, P. H. R. **Caracterização Microestrutural do Cimento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2002. 101p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas).

BRASIL Resolução **CONAMA** No. 258 de 26/08/1999

.

BRASIL Resolução **CONAMA** No. 301 de 26/08/2003.

BRAGA, C. I. **Desenvolvimento de metodologia para análises de DSC em altas taxas de transferência de calor**. 2009. Tese (Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2009.

BRITO, F. M.; PIKANÇO, A. P. **Diagnóstico do Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil-RCC no Município de Palmas-TO, Com Foco Nas Ações Públicas**. DESAFIOS: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins –V. 2 –n. 02. p.221-239, jan/jun. 2015.

BOTAN, R.; GONÇALVES, N. A.; MORAES, S. B.; LONA, L. M. F. **Preparação e avaliação de nanocompósitos de poliestireno - hidróxido duplo lamelar HDL de**

ZnAl – organofuncionalizado com laurato/palmitato. Polímeros vol.25 n.1 São Carlos Jan./Feb. 2015.

BUNHAKA, É. J.; MENDES, E.S.; PEREIRA, N. C.; PINEDA, E. A. G.; HECHENLEITNER, A. A. W.; CAVALCANTI, O. A. **Análises Físico-Químicas de Biofilmes de Sulfato de Condroitina Modificado.** Quím. Nova vol.38 n.3 São Paulo Mar. 2015.

BUMBRAH, G.S; SHARMA, R.M. Raman spectroscopy – **Basic principle, instrumentation and selected applications for the characterization of drugs of abuse.** Department of Forensic Science, pages 1–7, 2015.

CASTRO, A. F. N. M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de Eucalyptus SP.** Na madeira e carvão vegetal. 2011. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

CARVALHO, M. **Embriogênese somática a partir de folhas imaturas e flores desenvolvidas in vitro de dendezeiro (Elaeis guineenses Jacq.).** 2009. 73p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

CARASEK, H. **Argamassas.** In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** ISAIA, G.C. (Organizador/Editor). São Paulo: IBRACON,2007 p863-804.

CANDIAN, L. M. **Estudo do polietileno de alta densidade reciclado para uso em elementos estruturais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CAIADO, A. R. **Contribuição ao Estudo da Rotulagem Ambiental dos Materiais de Construção Civil.** Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo/USP. 2014.

CALLISTER, W. D. J. (n.d.). **Ciência e Engenharia de Materiais: uma Introdução,** 7^a Ed, LTC, Rio de Janeiro, 2008.

CALLISTER, W.D.Jr. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução, Livros Técnicos e Científicos.** 7. ed.Rio de Janeiro: Ltc, 2012.

CAPELI, R. A. **Crescimento Epitaxial e Caracterização de Filmes Finos: Óxidos Condutores e Ferroelétricos Preparados por Deposição de Solução Química,** Dissertação Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. BAURU, 2016.

CARVALHO, G; ASSIS, J. T; OLIVEIRA, C. R.; LELLO, B; CARVALHO, G. D.F. **Fluorescência de Raios X e Análise Térmica para a Caracterização de Compostos Metálicos em Fármacos**. VII SiAT – Simpósio de Análise Térmica Unesp - Bauru/SP, v. 7 (2015).

CERVI, R. C. **Influência da madeira como material de construção visando a sustentabilidade**. Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC. Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas. Curso de Engenharia Civil. LAGES (SC), 2014.

CEPLAC-**Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira**, 2000.

CHAVEZ, C. **Mejoramiento genético**. Curso de palma aceitera. Palm Research Program. Golfito, Coto 54, Costa Rica, 1984.

CHAND, N. et al. **Structural and Thermal Studies on Sisal Fibre**. Journal of Thermal Analysis, vol. 32, p.595-599, 1987.

CHUENARROM, C., BENJAKUL, P., & DAOSODSAI, P. (2009). **Effect of indentation load and time on knoop and vickers microhardness tests for enamel and dentin**. Materials Research, 12(4), 473–476.

CINEXPAN. **Concreto Leve Estrutural**. Disponível em: <<http://www.cinexpan.com.br/concreto-leve-estrutural.html>>. Acesso em 12 de fevereiro 2016.

CLEMENT, C.R.; LLERAS-PÉREZ, E.; LEEUWEN, J.van. **O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas**. Agrociências, Montevideu, v.9, n.1/2, p.67-71, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO– CONAB. Dendeicultura na Bahia. Salvador, 2006.

CORLEY, R. H. V; TINKER, P. B. H. **The oil palm**. Blackwell Science Ltd. 4^a ed. Oxford. 2003.

CORREA, L.R. **Sustentabilidade na construção civil**. 2009.

COUTINHO, JOANA SOUSA. Texto de apoio a disciplina de Ciência dos Materiais: **Ligantes e Agregados**. Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia - FEUP, Versão 2002.

CONZ, M. B. et al. **Caracterização físico-química de 12 biomateriais utilizados como enxertos ósseos na Implantodontia**. *Implant News*. v. 7. p. 541-546. 2010.

CRUZ, D. “**Desenvolvimento de um material de isolamento térmico e acústico à base de caroços da espiga de milho**”, Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil. Vila Real, 2011.

DALVI, M. B.; REMBISKI, F. D.; ALVAREZ, C. E. **Materiais de construção com características sustentáveis e reaproveitáveis: oferta no Estado do Espírito Santo (Brasil)**. *Hábitat Sustentable* Vol. 1, N°. 1, 25-34 ISSN: 0719 – 0700. 2011.

DALF, RICHARD. **Administração, A ética da sustentabilidade e o meio ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

DEBIEB, F.; KENAI, S. **The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete**. *Construction and Building Materials*, 2007, pp.

D'ALMEIDA, J. R. M.; AQUINO, R. C. M. P.; MONTEIRO, S. N. **Composites. Part A**, 2006, 37, 1473.

DEDAVID, B. A; GOMES, C. I; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

DING, Z. **Property improvement of Portland cement by incorporating with metakaolin and slag**. *Cement and Concrete Research*, Vol. 33, 2002, pp.579-584.

DIAS, W. L. S. N. **Do Pilão à prensa: um caso de inovação tecnológica no beneficiamento do dendê em Valença, Bahia**. 2007. 57fl. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Faculdade de Ciências Econômicas – UFBA, Salvador, 2007.

DOUMER, M. E.; ABATE, G.; MESSERSCHMIDT, I.; ASSIS, L. M.; MARTINAZZO, R.; SILVEIRA, C. A. P. Efeito da **Ativação Química nas Propriedades de Superfície de Xisto Retornado**. *Quim. Nova*, Vol. 39, No. 4, 431-436, 2016.

DOLE, M. N; PATEL P. A; SAWANT, S.D; SHEDPURE, P.S. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v.7, p.159 – 166, 2011.

EVANGELISTA, L.; BRITO, J. **Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates**. *Cement & Concrete Composites*, Vol.29, 2007, pp.397-401.

ERDÓCIA, F. A. B. **Difração de raios X em minerais de bauxita e análise através de refinamento pelo método Rietveld**. Dissertação de Mestrado em Física, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

FASTOFSKI, D. C.; MAURÍCIO, S.; ROSEANE, D. T.; MARLOVA, P. K.; MARCO, A. S.; CLÁUDIO, S. K. **Metodologia de caracterização de resíduo de cerâmica vermelha para emprego como material pozolânico em pasta de cimento**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. São Leopoldo. 2014.

FARIAS FILHO, J.; TOLEDO FILHO, R.D.; LIMA, P.R.L. **Efeito da argila calcinada sobre a durabilidade de argamassas reforçadas com fibras curtas de sisal**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 1109-1114, 2010.

FARIA, D. L. A. **Entenda o que é Espectroscopia Raman**. *Revista Química Viva*, 2011.

FARIA, D. L. A; PUGLIERI, T. S. **Diferenciando Reproduções e Pinturas Verdadeiras: Um Interessante Estudo de Caso**. *Quim. Nova*, Vol. 39, No. 5, 542-547, 2016.

FANGMEIER, M.; HOEHNE, L. **Avaliação de carvão ativado e de sílica como adsorventes para amostras com corantes e com sódio**. *Revista destaques acadêmicos*, vol. 4, n. 4 - cetec/univates. 2012.

FAIRBRIDGE, C.; ROSS, R.A. J. **A kinetic and surface study of the thermal decomposition of cellulose powder in inert and oxidizing atmospheres**. *Journal of Applied Polymer Science*. V.22, p.497-510. 1978.

FERWERDA, J. D. **Ecophysiology of the african oil palm**. In: Alvim P. de (Coord.) *Ecophysiology of tropical crops*. Ilhéus: Ceplac v.2, p.1-49. 1975.

FILGUEIRAS, R. A. **Análise dos Perfis de Espalhamento Coerente de Raios X de Amostras Liofilizadas de Sangue Humano Total e Derivados**. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006.

FRANCISCO A. F.; MARTINS J. C.; VENDRAME F. C.; VENDRAME M. C. **A sustentabilidade empresarial e os desafios frente o comportamento do consumidor**. III Encontro Científico e Simpósio De Educação. Educação e Pesquisa: a produção do conhecimento e a formação de pesquisadores Lins, 17- 21 de outubro de 2011.

FONSECA F. H. D.; LOPES, G. A. C. **Avanços em caracterização de amostras sólidas cristalinas através de Difractometria de Raios-X**. Macapá, v.3 n. 1, p. 31-45, jan.-jun. 2013.

GAMA FILHO, H. S. **Análise multielementar em peças de ouro antigo utilizando fluorescência de raios X por dispersão em energia**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro Centro de Tecnologia e Ciências Instituto de Física Armando Dias Tavares. Dissertação, 2015.

GABBOTT, P. **Principles and Applications of Thermal Analysis**. 1.ed. Blackwell Publishing Ltd, 2008.

GANESAN, K., RAJAGOPAL, K. & THANGAVEL, K. **Rice husk ash blended cement**: Assessment of optimal level of replacement for strength and permeability properties of concrete, Construction and Building Materials, vol. 22, 2008, p.1675-1683.

GOES, L. P. **Estudo do Comportamento estático de estrutura metálica tracionada para cobertura com telhas plásticas de pet**. 2015. 163 f. Dissertação (Mestrado e Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

GONÇALVES, D. K. C. **Construção civil sustentável**: A utilização do bambu em Divinópolis Minas Gerais. Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 7ª Edição nº 007 Vol.01/2014 Julho/2014.

GOMES, M. C. S e FIGUEIREDO, J. A. **Caracterização Estrutural e da Capacidade de Absorção de Água em Bloco de Cimento com Adição de Resíduo de Pneu (Ecobloco)**. ISSN 1982-8470. Programa de Pós-graduação em Agroambiente do CCA /UFRR On-line, vol. 1, no. 1, jul/dez. 2007.

GOMES, P, B. **Caracterização de materiais: uma abordagem das possibilidades de algumas técnicas instrumentais**. Monografia. Curso de Química. Universidade Federal de São João del-Rei, 2015.

GULLISCHSEN, J; PAULAPURO, H. **Forest products chemistry**. OyHelsinki: Fapet Oy, 2000, Book 3, 350p.

GUIMARÃES, L. M. **Perfis de espalhamento Raman ressonante em estruturas unidimensionais de carbono: cadeias lineares e nanotubos quiralmemente enriquecidos**, Tese de Doutorado em Física, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2011.

HAACK, M. S, 2010. **Análise por Espectroscopia no Infravermelho dentro do Sistema de Gestão de Qualidade conforme ABNT NBR ISSO/IEC 17025**. “Trabalho de conclusão de Curso – QUI” do curso de Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

HARDIS, R.; JESSOP, J. L. P.; PETERS, F. E.; KESSLER, M. R. **Cure kinetics characterization and monitoring of an epoxy resin using DSC**, Raman spectroscopy, and DEA. *Composites Part A* 2013, v.49, 100-108.

HERMAN, M. S.; LAMBERT, R. O. ; MAGALHÃES M. P.; **Biomateriais: Fundamentos & Aplicações** - Editora Guanabara Koogan. 1ª Edição. 2012.

HENDERSON, F. M. Morphology and anatomy of palm seedlings. *The Botanical Review*, v.72, p.273-329, 2006.

HOMMA, A.K.O. et al. **Bases para uma política de desenvolvimento da cultura do dendezeiro na Amazônia**. In: VIEGAS, I. de J.M.; MÜLLER, A.A.(Ed.). *A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira*. Belém: EMBRAPA, 2000.p.110-121.

HOOIJSCHUUR, J.H.; PETTERSON, I.E.I.; DAVIES, G.R.; ARIESE, C.G.F. 2013. **Time resolved Raman spectroscopy for depthanalysis of multi-layered mineral samples**. *J. Raman Spectrosc*, 44: 1540– 1547.

IDRIS, S. S.; RAHMAN, N. A.; ISMAIL, K. **Combustion characteristics of Malaysian oil palm biomass, sub-bituminous coal and their respective blends via thermogravimetric analysis (TGA)**. *Bioresource Technology*, v. 123, p. 581–591, 2012.

IONASHIO, M.; CAIRES, F. J.; GOMES, D. J. C. GIOLITO. **Fundamentos da Termogravimetria e Análise Térmica Diferencial/Calorimetria Exploratória Diferencial**. 2º ed. 2014.

JILLAVENKATESA and G. Onoda, ed., American Ceramic Society, Westerville, OH p. 379, 1999 apud JILLAVENKATESA, A.; DAPKUNAS S. J.; LUM L.H. GOETZEL, G. C. **Particle Size Characterization, NIST Recommended Practice guide** - Special Publication 960-1, Washington, 2001.

JOHN, V.M.J. **Reciclagem de resíduos na construção civil- contribuição a metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

JÚNIOR, U.M. L. **Fibras da Semente do Açaizeiro (*Euterpe Oleracea Mart.*): Avaliação Quanto ao uso como Reforço de Compósitos Fibrocimentícios**. Dissertação Mestrado Engenharia Civil. Porto Alegre, 2007.

KAMIYAMA, A. **Desenvolvimento sustentável**. In: São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente/coordenadoria de biodiversidade e recursos naturais. Agricultura sustentável. São Paulo: SMA, 2011.

KHEDR, A.; ABOU-ZEID, N. **Characteristics of silica fume concrete**. Journal of Materials in Civil Engineering ASCE, Vol.6, 1994, pp.357-375.

KITAMURA, S., **Estudo Experimental da Influência do Teor de Fibras e das Dimensões dos Corpos de Prova na Resistência à Tração por Compressão Diametral e sua Relação com a Resistência à Tração na Flexão**, Pós-graduação em Engenharia Civil, UFF/Niterói, 2006.

KRUS, M.; HANSEN, K. K.; KUNZEL, H. M. **Porosity and liquid absorption of cement paste**. Materials and structures/Matériaux et constructions. Vol. 30. 1997. p. 394-398.

KREISNER, P.E. **Avaliação histológica, tomográfica e física**. 2009. 111f. Tese, Faculdade de Odontologia, Pontifícia Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KUCK, D. W. **Areia artificial reduz impacto ambiental de construção civil**. Instituto Ciência Hoje on-line. Rio de Janeiro 2008.

KU, H; WANG, H; PATTARACHAIYAKOOP, N; TRADA, M. **A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites.** Composites: Part B, v. 42, p. 856-873, 2011.

LANGHI JUNIOR, M. P. **Estudo do mecanismo de deposição de filmes finos de nitreto de boro assistida por feixe de íons,** Dissertação de Mestrado em Ciências, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

LEROY, V.; LEONI, E.; CANCELLIERI, D. **Thermal degradation of ligno-cellulosic fuels: biopolymers contribution.** In: ELNASHAR, M.M (Ed). Biopolymers. Rijeka: Scyio, 2010. p.303-318.

LETA, F., MENDES, V., & MELLO, J. (2004). **Medição de indentações de dureza com algoritmos de visão computacional e técnicas de decisão com incertezas.** Engevista, 6(2), 15–35.

LI, Q.; RENNECKAR, S. **Supramolecular structure characterization of molecularly thin cellulose I nanoparticles.** Biomacromolecules, vol. 12, p. 650-659, 2011.

LIU, C.; REN, J.; XU, F.; LIU, J.; SUN, J., SUN, R. **Isolation and characterization of cellulose obtained from ultrasonic irradiated sugarcane bagasse.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.54, p.5742-5748, 2006.

LIRA, J. O. B.; da SILVA, K. C. G.; ANDERSEN, S. L. F. **Estudo das Características de Combustão de Resíduos Sólidos da Região Nordeste Utilizando Análise Termogravimétrica.** XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, COBEQ. Área temática: Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas. Florianópolis SC, 2014.

LÓPEZ, V.; LLAMAS, B.; JUAN, A.; MORÁN, J. GUERRA, I. **Eco-efficient Concretes: Impact of the Use of White Ceramic Powder on the Mechanical Properties of Concrete.** Biosystems Engineering, Vol. 96, 2007, pp. 559-564.

LÓPEZ, O.V. et al. **Thermoplastic starch plasticized with alginate-glycerol mixtures: Meltprocessing evaluation and film properties.** Carbohydrate Polymers. v. 126, p. 83-90, 2015.

LODY, R. G. M. **Dendê: símbolo e sabor da Bahia.** Editora Senac São Paulo, 2009. 149p.

LOPES, W. A; FASCIO, M. **Esquema para interpretação de espectros e substâncias orgânicas na região do infravermelho**. Química Nova, v. 7, n. 4, 2004. p. 670-673.

MARZOUK, O; DHEILLY, R.; QUENEUDEC, M. **Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites**. Waste Management, Vol.27, 2007, pp. 310-318.

MARTIN, A. R; et al. **Caracterização Química e Estrutural de Fibra de Sisal da Variedade *Agave sisalana***. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 19, nº 1, p. 40-46, 2009.

MARTIN, Schmal. **Catálise heterogênea**. Rio de Janeiro: Synergia, 2011. 358p.

MARGHALANI, H. Y. (2010). **Post-irradiation vickers microhardness development of novel resin composites**. Materials Research, 13(1), 81–87.

MAMALIS A. G.; KUNDRAK J., GYANI K; HORVATH M.; **“On the Precision Grinding of Advanced Ceramics”**, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 20, pp. 255–258, 2002.

MATOS, J.R.; MACHADO, L.D.B. **Análise térmica –termogravimetria**. In: ANEVAROLO JUNIOR., S.V.,(Ed.). Técnicas de caracterização de polímeros. São Paulo: Artliber, 2004. p.209-228.

MACHADO, L. D. B.; MATOS, J. R.; **Análise térmica diferencial e calorimetria exploratória diferencial**. In: CANEVAROLO JUNIOR., S.V., (Ed.). Técnicas de caracterização de polímeros. São Paulo: Artliber, 2004.p.229-261.

MACEDO, P. C. **Avaliação do desempenho de argamassas com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar**. Dissertação de Mestrado, UNESP, Ilha Solteira, 2009.

MACHADO, A. M. C. et al. **Método de construção com materiais recicláveis de um ambiente**. 8º Congresso de extensão universitária da UNESP, p. 1-5, 2015.

MENDHAM, J; DENNEY, R.C.; BARNES, J.D; THOMAS, M.J.K. VOGEL. **Análise química quantitativa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 488p.

MCMURRY, JOHN. **Química orgânica**. Trad. da 6ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

METHA, P.K. **Reducing the environment impact of concrete**. Concrete can be durable and environmentally friendly. Concrete International, Vol.10, 2001.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1ª Edição. São Paulo: IBRACON, 2008.

MELO JÚNIOR, A. S. **Análise quantitativa do material particulado na região de campinas através das técnicas de micro fluorescência de raios-X e reflexão total usando radiação sincrotron**. Tese (Doutorado em Química) - Unicamp, Campinas, São Paulo, 2007.

MEIRELES, C. S. **Síntese e caracterização de membranas de acetato de celulose, obtido do bagaço da cana de açúcar, e blendas de acetato de celulose e poliestireno de copos plásticos descartáveis**. 2007. 65 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

MESTRE, A.S.; BEXIGA, A.S.; PROENÇA, M.; ANDRADE, M.; PINTO. M.L.; MATOS, I.M.F.; CARVALHO, A.P. **Activated carbons from sisal waste by chemical activation with K₂CO₃: kinetics of paracetamol and ibuprofen removal from aqueous solution**. Bioresour. Technol., v. 102, p. 8253-8260, 2011.

MEDEIRO, B. L. A. V. **Identificação Mineralógica de Difratoograma de uma Amostra de Caulim**. X Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2015.

MIKHAILOVA I. **Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática**. Revista Economia e Desenvolvimento, nº 16, 2004.

MORCILLO, F. et al. **EgAP2-1, an AINTEGUMENTA-like (AIL) gene expressed in meristematic and proliferating tissues of embryos in oil palm**. Planta, Berlin, v. 226, n. 6, p. 1353-1362, Nov. 2007.

MONTANHEIRO, T. J.; YAMAMOTO, J. K.; KIHARA, Y. **Proposta de pré-qualificação pozolânica de materiais geológicos: Difratomia de raios X como método alternativo**. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v. 24, n. 1-2 (2003).

MONTEIRO, W.A.; BUSO, S.J. **Caracterização de Materiais por métodos Físicos – Técnicas Experimentais e Aplicações Práticas**. Apostila dada na disciplina: TNM5747- Técnicas de Microscopia Eletrônica Aplicada a Materiais realizada em 2013.

MULLER, A.A. **Curso sobre a cultura do dendezeiro (*Elaeis guineensis jacq*)**. Belém, 1992. 55p.

NERI, E. Z. **Certificações ambientais para construções civis**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

NETO, J. S. P.; MINÁ, A. J. S.; FURTADO, D. F.; NASCIMENTO, J. W. B. **Aplicação do Bambu nas Construções Rurais**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS - v.24, n.2, p.67-77, 2009.

NETO, D. V. S.; GABRIEL, C. P. C.; FILHO, L. R. A. G. **Análise do processo de construção de um ambiente constituído por garrafas PET**. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 1, 2013, p. 50-59.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do Concreto**. 2.ed. São Paulo: Editora Bookman, 2013. 1v. 472p.

NIAZI, M. B. K; BROEKHUIS, A. A. **Surface photo-crosslinking of plasticized thermoplastic starch films**. European Polymer Journal. v. 64, p. 229-243, 2015.

OLIVEIRA, L. C. M. **Técnicas de Análise e Caracterização de materiais**. X-Rays Fluorescence Spectroscopy, 2000.

PACHECOTORGAL. F.; JALALI S. **Construção sustentável. O caso dos materiais de construção**. Instituto Politécnico de Castelo Branco, Universidade do Minho. Congresso Construção 2007- 3.º Congresso Nacional, Coimbra, Portugal Universidade de Coimbra.

PÁDUA, M. S. **Germinação in vitro, indução e caracterização de massas pró-embriogênicas de dendezeiro (*Elaeis guineensis Jacq*)**. 2012. 120f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal), Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG.

PAVIA D.L.; G.M. LAMPMAN; G.S. KRIZ, **Introduction to Spectroscopy**, Saunders College Publishing, 1996.

PASSOS, M. A.; MENDONÇA, M. S. **Epiderme dos segmentos foliares de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) em três fases de desenvolvimento.** Acta Amazônica, v.36, n.4, p.431-436, 2006.

PANTAZIS, T.; PANTAZIS, J.; HUBER, A. et al.; 2010. **“The Historical Development of the Thermoelectrically Cooled X-Ray Detector and its Impact on the Portable and Hand-Held XRF Industries (February 2009)”**, X-Ray Spectrometry, v.39, pp.90-97.

PARK, S.S.; N. BERNET, N.; LA ROCHE, S.; HAHN, H.T. **Processing of iron oxide–epoxy vinyl ester nanocomposites**, J. Compos. Mater. v. 37 (2003) 465–476.

PERDONÁ, C. R. **Introdução à espectrometria de Fluorescência de Raios-X.** Manual Técnico – BRUKER, 2014.

PINTO et al (2011). **Corn`s cob as a potential ecological thermal insulation material.** Energy and Buildings. vol. 43, Issue 8, 2011, p. 1985-1990.

PINTO et al (2012) - **Corn cob lightweight concrete for non-structural applications** – Construction and Building Materials, vol. 34, 2012, p. 346-351.

POKU, K. Small-Scale Palm Oil Processing in Africa. , 148, p. 59. **Boletim técnico Food and Agriculture Organization (FAO).** [S.l.], p. 59. 2002. (148).

PORTELA, H. E. **Avaliação técnico-econômica de um empreendimento produtivo de biodiesel.** 2007. 208f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo), Universidade Federal da Bahia. Salvador-BA.

QUENARD, D. A.; XU, K.; KUNZEL, H. M.; BENTZ, D. P.; MARTYS, N. S. **Microstructure and transport properties of porous building materials.** Materials and structures/Matériaux et constructions. Vol. 31. n. 209. 1998. p. 317-324.

QUISPE, M. S. B. **Microdureza superficial in vitro de resinas de nanotecnologia, frente a la acción de dos bebidas carbonatadas.** Monografia (Bacharelado em Odontologia) – Escola Acadêmica de Profissional de Odontologia – Faculdade de Odontologia, Universidade Nacional Major de São Marcos, Lima, Peru, 2011.

RAMALHETE, P. S.; SENOS, A. M. R.; AGUIAR, C. **Digital tools for material selection in product design.** *Materials and Design*, v. 31, n. 5, p. 2275-2287 (2010).

RAMALHO FILHO, A. **Zoneamento agroecológico, produção e manejo da cultura de palma de óleo na Amazônia.** EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro-RJ, 2010.

RAMESH, M.; PALANIKUMAR, K.; HEMACHANDRA REDDY, K. **Mechanical property evaluation of sisal–jute–glass fiber reinforced polyester composites.** *Composites: Part B*, v. 48, p. 1-9, 2013.

REDSHAW, M. **Utilization of field residues and mill by-products.** In: FAIRHURST, T.; HÄRDTER, R. (Ed.). *Oil Palm: management for large and sustainable yields.* Singapore: PPI: PPIC; Basel: IPI, 2003. p. 307-320.

RENAN, J. M. S.; BANTIM, A. M. **A paleontologia no século XXI: novas técnicas e interpretações.** *Cienc. Cult.* vol.67 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2015.

REDMOND, S.; BENTZ, D.; PIMIENTA, P. **Effects of the incorporation of municipal solid waste incineration fly ash in cement pastes and mortars II. Modeling.** *Cement and Concrete Research*, Vol.32, 2001, pp. 365-576.

REZENDE, R. R. **Estudo da degradação provocada por agentes físicos em resinas compostas utilizadas em restaurações dentárias diretas.** 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia dos Materiais, Belo Horizonte, 2012.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil.** 2 ed. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2002. 101 p.

RIBEIRO, V. C. N.; JUNIOR, R. A. G. **Avaliação do crescimento foliar de híbridos interespecíficos de dendezeiro (*Elais guineensis* x *Elais oleifera*), em Mojú no estado do Pará.** In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA, 14., 2010, Belém, PA. Anais... Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 1 CD-ROM. PIBIC. 2010.

RODRÍGUEZ, C. O. **Los morteros, control de calidad. Informes de La Construcción**, Vol. 46, n.º 433, septiembre/octubre 1994.

ROSKOVIC, R.; BJEGOVIC, D. **Role of mineral additions in reducing CO2 emission**. Cement and Concrete Research, Vol.35, 2005, pp.974-978.

ROSSETO, V.; ZOTTIS, R.; MORAIS, M. M.; ALMEIDA, A. R. F. **Caracterização física, química e térmica de endocarpos de butiás**. Área temática: Fenômenos de Transporte e Sistemas Particulados. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis. SC, 2014.

RODRIGUES, A.G; GALZERANI, J.C. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4309, 2012.

RODRIGUES, G. A.; SOUZA, W.C.; GODINHO, M. G. C.; FERREIRA, H.D.; VILA VERDE, G.M. **Determinação de parâmetros farmacognósticos para as folhas de *Erythroxylum suberosum* A. St.-Hilaire (*Erythroxylaceae*) coletadas no município de Goiânia, GO**. Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, v.17, n.4, supl. III, p.1159-1168, 2015.

SAVIN, G. **O dendezeiro no Estado da Bahia**. Ministério da Agricultura/Instituto de óleos. 1965. 11p. Mimeografado.

SANTIAGO, C. C. **Argamassas tradicionais de cal**. Salvador: EDUFBA, 2007.

SANTOS, M.A.S.; D'ÁVILA, J.L.; COSTA, R.M.Q.; COSTA, D.H.M.; REBELLO, F.K.; LOPES, M.L.B. **O comportamento do mercado de óleo de dendê no Brasil e na Amazônia**. Belém: Banco da Amazônia S.A. Estudos Setoriais, 11. 1998. 27p.

SAMBANTHAMURTHI, R.; SUNDRAM, K.; TAN, Y. A. **Chemistry and biochemistry of palm oil**. Progress in Lipid Research, v.39, n.6, p.507-558. 2000.

SANTOS, R.C. et al. **Análise termogravimétrica em clones de eucalipto como subsídio para a produção de carvão vegetal**. 2012. Cerne, v.18,n.1, p.143-151, 2012.

SANTOS, C et al. **Fourier transform infrared as a powerful technique for the identification and characterization of filamentous fungi and yeasts.** *Res Microbiol.* v. 161, p. 168-75, 2010.

SANTOS, F. L.; SILVA, A.O.S.; ALENCAR, S. L.; SANTOS, J. R.; SILVA, B. J. B. **Síntese e Caracterização da Zeólita Ofretita utilizando Cogel como Fonte de Silício.** Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 2015.

SANTI T. **The Potential of Bamboo.** Revista O Papel. Monthly Journal of Pulp and Paper Technologies - Year Lxxvi, Nº 4, April 2015.

SANTIAGO, A.; PRADO, R. J.; MODESTO, F. P.; ALONSO, R. V. **Caracterização do material particulado suspenso no ar de Cuiabá-MT no período de queimadas.** *Matéria (Rio J.)* vol.20 nº.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2015.

SKOOG, D. A; HOLLER, F. J; NIEMAN, T. A.; **Princípios de Análise Instrumental,** 6ª ed., Bookman: São Paulo, SP, 2009.

SBRIGHI NETO, Cláudio. **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações.** Ed. G.C. Isaía. São Paulo: IBRACON, 2005. 2 v. 1600p.

SCHMIDT, H.; CIEŚLAK, M. **Concrete with carpet recyclates: Suitability assessment by surface energy evaluation.** *Waste Management,* 2007.

SCHLUFTER, K.; HEINZE, T.; **Carboxymethylation of Bacterial Cellulose.** *Macromolecular Symposia 294-II (2010)* 117-124.

SELLITTO, M.; KADEL JR, N.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G. M.; DOMINGUES, J. **Coprocessamento de cascas de arroz e pneus inservíveis e logística reversa na fabricação de cimento.** *Ambiente e Sociedade,* v. 16, n. 1, p.141-162, 2013.

SHACKERLFORD, J. F. (2008). **Ciencia dos Materiais,** 6ª edição, Pearson, São Paulo.

SICHIERI, E.P., et al. **Materiais de construção III: polímeros na arquitetura e na construção civil.** São Carlos: USP, 2005.

SILVA, R. J. F.; POTIGUARA, R. C.V. **Aplicações taxonômicas da anatomia foliar de espécies amazônicas de *Oenocarpus* Mart. (*Arecaceae*)**. Acta Botanica Brasilica, v.22, n.4, p.999-1014, 2008.

SILVA, F., MATEUS, MARÇAL, A., RICARDO, S. & PIRES, S. (2013). **Resíduos Urbanos– Relatório Anual**. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

SILVA, D. G. C. S.; Silva A. J.C.; Silva, D.; Silva B. A. C. **Estudo do Efeito de Fibras de Coco em Argamassas de Revestimento**. UNIPAM. v 1, n. 1 .2015.

SILVA, E; MARQUES, M. L, JUNIOR, C. F, VELASCO, F. **Análise técnica para o reaproveitamento da fibra de coco na construção civil**. Ambiência Guarapuava (PR) v.11 n.3 p. 669 - 683 Set./Dez. 2015.

SILVERSTEIN, R. M; WEBSTER, F .X. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

SILVERSTEIN, R. M.; et al. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

SILVA, J.M.F.; JORGE FILHO, T.; OLIVEIRA, S.P.; MORAES, L.S. **Síntese e Caracterização de Nanocompositos Ps/Argila Montmorilonita**. Acta Scientiae et Technicae v. 3, n. 2 (2015).

SJOSTROM, E., ALÉN, R. **Analytical Methods in wood chemistry, pulping, and papermaking**. Springer Germanu, 1998.316p.

STUTZMAN, P. **Scanning electron microscopy imaging of hydraulic cement microstructure**. Cement and Concrete Research, v. 26, 957-966, 2004.

SOUZA, C. D. R.; D'AGOSTO, M.A. **Value chain analysis applied to the scrap tire reverse logistics chain: An applied study of co-processing in the cement industry**, Resources, Conservation and Recycling, v.78, p.15– 25, 2013.

SOUZA G. A. A.; JUNIOR J. C. M.; SANTOS M. L. V.; Mendonça R. S; Faria T.F. C.; Marques M. R. **Arquitetura de Terra: Alternativa Sustentável para os Impactos Ambientais Causados pela Construção Civil**, 2015.

SOUZA, R.C.R. **Planejamento do Suprimento de Eletricidade dos Sistemas Isolados na Região Amazônica: Uma abordagem multiobjetiva.** Faculdade de Engenharia Mecânica/Departamento de Energia. Tese de D.Sc. UNICAMP, Campinas, 2000

SOUZA, A. M.; POPPI, R.J. **Experimento Didático de Quimiometria para Análise Exploratória de Óleos Vegetais Comestíveis por Espectroscopia no Infravermelho Médio e Análise De Componentes Principais: Um Tutorial, Parte I.** Quim. Nova, Vol. 35, No. 1, 223-229, 2012.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de Análise Instrumental**, 6ª ed., Bookman: São Paulo, SP, 2009.

SKORONSKI, E.; SOUZA, D. H.; SANTOS, S. dos.; CESINO, J. C.; GHISLANDI, M. G. **Avaliação das propriedades físicas de revestimentos cerâmicos produzidos com resíduo da indústria cerâmica (cinza pesada de carvão mineral).** Revista Matéria, v.20, n.1, pp. 239 – 244, 2015.

SPINACÉ, M.A.S.; DE PAOLI, M.A. **A tecnologia da reciclagem de polímeros.** Química Nova, Campinas, v. 28, n. 1, 2005.

STUART, B. H. **Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications**, John Wiley & Sons, Ltd., 2004.

TAVARES, P. O. **Aplicação do conceito de sustentabilidade em construções residenciais**, 2010.

TANGCHIRAPAT, W.; SAETING, T.; JATURAPITAKKUL, C.; KIATTIKOMOL, K.; SIRIPANICHGORN, A. **Use of waste ash from palm oil industry in concrete.** Waste Management, vol. 27, 2007, pp. 81-88.

TAHA, B.; NOUNU, G. **Properties of concrete contains mixed colour waste recycled glass as sand and cement replacement.** Construction and Building Materials, 2007.

TANG, Y.; QIANG, L.; FANG-YAN, C.; J. **Preparation and characterization of activated carbon from waste ramulus mori.** Chem. Eng. 2012, 203, 19.

VALOIS, A.C.C. **Comunicado técnico da cultura do dendê na Amazônia**. Boa Vista: EMBRAPA,1997. 7p.

VAN VLACK L.H., **Princípios de Ciência e Tecnologia de Materiais**, 4ª Edição, Campus, Rio de Janeiro, 1984.

VIRBOGA – The Virtual Botanic Garden. 2013. Disponível em: <http://www.virboga.de/Elaeis_guineensis.htm> Acesso em: 15 de setembro de 2015.

XU, F.; SUN, J. X.; LIU, C .F.; SUN, R. C. **Comparative study of alkali- and acidic organic solvent-soluble hemicellulosic polysaccharides from sugarcane bagasse**. Carbohydrate Research, v.341, p.253-261, 2006.

ZARBIN, A. J. G.; **Quim. Nova**, 2007, Vol. 30, No. 6, 1469-1479.

ZHANG, J.; FENG, L.; WANG, D.; ZHANG, R.; LIU, G.; CHENG, G. **Thermogravimetric analysis of lignocellulosic biomass with ionic liquid pretreatment**. **Bioresource Technology**, v. 153, p. 379-382, 2014.

YANG, H. **Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis**. Fuel, v.86, p.1781–1788, 2007.