

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

CARLOS RAMIRO BARONI MAROZZI

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E  
FLORESTAIS VISANDO A BRIQUETAGEM

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2012

CARLOS RAMIRO BARONI MAROZZI

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E  
FLORESTAIS VISANDO A BRIQUETAGEM

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2012

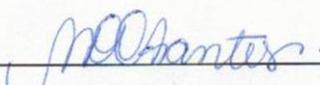
CARLOS RAMIRO BARONI MAROZZI

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E  
FLORESTAIS VISANDO A BRIQUETAGEM

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovada em 30 de outubro de 2012

COMISSÃO EXAMINADORA



---

Prof. D. Sc. Marina Donária Chaves Arantes  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientadora



---

Prof. D. Sc. Graziela Baptista Vidaurre  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Examinadora



---

Prof. D. Sc. Humberto Fantuzzi Neto  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Examinador

A Deus, Pai todo poderoso, pelo dom da vida.

A meus pais, exemplo de vida e amor.

Aos meus irmãos pelo apoio e carinho.

Aos amigos que me apoiaram e acreditaram no sucesso desse trabalho.

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.”

Albert Einstein

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me abençoar e iluminar meu caminho diante das dificuldades.

A Universidade Federal do Espírito Santo, e ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, por minha formação acadêmica, e por ceder laboratórios e equipamentos necessários para a realização desse trabalho.

Aos meus pais, por todo amor, carinho, incentivo e por tudo o que fizeram para garantir a minha educação, responsável por diversas conquistas em minha vida.

Aos meus irmãos por todo o amor e incentivo ao longo da minha vida.

A minha namorada Carolina Hupp, por todo o apoio e companheirismo diante das dificuldades.

Aos amigos da república Xinelada, pelos ótimos anos de convivência.

A minha orientadora Marina Donária Chaves Arantes, pela orientação, compreensão, disposição e conhecimentos transmitidos.

Ao professor Clóvis E. Hegedus, por ter cedido o material para o pleno desenvolvimento do trabalho.

Aos técnicos Gilson Barbosa São Teago e José Geraldo L. de Oliveira pelo apoio e fundamental auxílio na preparação e condução de testes laboratoriais.

Aos amigos Jordão Cabral Moulin e Walter Boschetti pela ajuda indispensável em algumas etapas desse trabalho.

## RESUMO

Diversas atividades industriais realizadas para o beneficiamento da madeira, produção agrícola, ou a produção de produtos de base florestal atuam de maneira ineficiente, ocorrendo grande geração de resíduos, os quais podem levar a prejuízos ambientais e econômicos para empresas quando manejados de maneira inadequada. Por isso, esse trabalho teve como objetivo realizar a qualificação energética de resíduos provenientes de atividades agroindustriais, processamento de madeira e resíduos de base florestal provenientes de uma propriedade privada no município de Espera Feliz/MG. Todos os procedimentos para a realização desta pesquisa foram realizados no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), localizado na cidade de Jerônimo Monteiro/ES. Foi realizado: análise de umidade, densidade a granel, análise química e teor de cinzas. Posteriormente com o resíduo do processamento de madeira foram produzidos briquetes em granulometrias diferentes, que foram analisados em: densidade relativa aparente, resistência à compressão lateral e absorção de água. Concluiu-se que os resíduos analisados são adequados para a produção energética, possuindo características desejáveis ao processo, tais como, baixo teor de cinzas, alta porcentagem de lignina e extrativos. Foi possível inferir que os briquetes de serragem produzidos a partir da menor granulometria possuem melhores resultados de densidade relativa aparente e resistência a compressão lateral.

Palavra chave: Resíduos, briquetes, energia da biomassa, reaproveitamento.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O problema e sua importância.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo geral.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Resíduos.....	4
2.2 Resíduos do processamento de madeira.....	5
2.3 Resíduos agrícolas.....	5
2.3.1 Resíduos do processo de polpação do café.....	5
2.3.2 Palha de Milho.....	6
2.4 Pinha.....	7
2.5 Utilização energética dos resíduos da biomassa.....	8
2.6 Definição, vantagens e composição dos briquetes.....	9
3 METODOLOGIA.....	13
3.1 Coleta e preparo do material.....	13
3.2 Densidade a granel dos resíduos.....	13
3.3 Umidade e teor de cinzas dos resíduos.....	14
3.4 Análise química dos resíduos.....	14
3.5 Produção dos briquetes de serragem.....	15
3.6 Avaliação da qualidade dos briquetes.....	16
4 RESULTADOS DA PESQUISA.....	19
4.1 Classificação dos resíduos.....	19
4.2 Análises dos briquetes de serragem.....	22
5 CONCLUSÕES.....	24
6 REFERÊNCIAS.....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios de densidade a granel (DA), umidade (U), teor de cinzas(TCz), extrativos (Extr.) e lignina (Lig) dos resíduos.....	19
Tabela 2 – Valores médios para densidade relativa aparente (DRA), resistência à compressão (Resist. Comp.).....	22

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Briquetadeira laboratorial da marca Lippel <sup>®</sup> , modelo LB-32 .....	16
Figura 2 – Obtenção das medidas do diâmetro e comprimento dos briquetes de serragem.....	17
Figura 3 – Obtenção da massa dos briquetes de serragem.....	17
Figura 4 – Ensaio de compressão.....	18

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país favorável ao desenvolvimento de várias culturas agrícolas e florestais, fato que se deve a fatores relacionados ao clima e a qualidade de solo. Além disso, o mesmo dispõe de grandes extensões de terra disponíveis as diversas culturas.

Juntamente com todo esse potencial produtor, tem-se uma grande geração de resíduos, tanto proveniente de atividades agrícolas quanto madeireiras. Tais resíduos podem, na maioria das vezes, causar danos ao ambiente se não forem conduzidos de forma adequada.

De acordo com Vale e Gentil (2008), resíduos podem ser definidos como todo o material que é descartado ao longo do processo produtivo, podendo o mesmo tornar-se um risco para o ambiente e para a sociedade. No entanto os resíduos podem deixar de ser um risco, e passar a gerar lucro se conduzidos corretamente, ou seja, reaproveitando o que pode ser reaproveitado, e descartando de forma correta o que deve ser descartado.

Segundo Quirino (2003), ao valorizar o resíduo torna-se possível a eliminação de despesas, além de possibilitar uma renda a mais para a indústria geradora, agregando valor á produção. Um resíduo lignocelulósico pode ser reciclado e transformado em matéria prima para outro processo diferente daquele de origem. Por exemplo, pode ser transformado em partículas e constituir-se em painéis à base de madeira. Os mesmos podem também ser utilizados energeticamente na produção de calor, de vapor, ou sob a forma de combustível sólido, como o carvão vegetal.

Dentro das possíveis formas de aproveitamento dos resíduos para produção energética, tem-se o processo de briquetagem, tal processo pode ser desenvolvido usando-se diversos tipos de resíduos agrícolas, madeireiros, industriais e urbanos. Consiste na compactação de uma massa de matéria prima, transformando-a em um sólido cilíndrico e compacto, com elevada densidade e poder calorífico. De acordo com Alves Júnior et al. (2003), a briquetagem é uma das alternativas tecnológicas para o melhor reaproveitamento dos resíduos de biomassa.

## 1.1 O problema e sua importância

Com o desenvolvimento do País e da população tem-se um aumento na demanda de produtos industrializados, dentre estes, produtos de base agrícola, ou florestal. Contudo, com o aumento na produção e consumo destes produtos há também um aumento considerável na geração de resíduos provenientes desses processos industriais.

São evidentes os problemas relacionados à contaminação dos solos e lençóis freáticos por causa do acúmulo e descarte inadequado de resíduos das indústrias de produtos agrícolas e de beneficiamento de madeira (PAULA, 2006). Para a redução desses problemas é racional o reaproveitamento desses resíduos.

A biomassa e seus resíduos são combustíveis sólidos que podem ser utilizados diretamente na condição em que se encontram (sob controle de umidade), ou podem ser transformados por processos mecânicos em partículas menores, como cavacos ou serragem, e posteriormente serem empregados em um processo produtivo, como por exemplo, o uso para geração de energia, podendo neste caso ser utilizado na forma de briquetes (VALE; GENTIL, 2008).

A utilização de resíduos de biomassa vegetal para fins energéticos já é uma realidade (PAULA, 2010). Resíduos são utilizados em diversos lugares como combustível para caldeiras, ou transformados em briquetes, servindo como combustível para fornos em padarias, pizzarias e outros mais. Porém, para afirmar e indicar determinado material como bom gerador de energia, é necessário caracterizá-lo por meio de análises químicas e da determinação de seu valor calórico.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo geral

Qualificar os resíduos de base agrícola, florestal e processamento de madeira, visando à produção de briquetes para fins energéticos, e avaliar briquetes produzidos com resíduos do processamento de madeira.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Obter a densidade a granel dos resíduos;
- Determinar a umidade em que se encontram os resíduos;
- Quantificar os teores de extrativo, lignina e cinzas dos resíduos;
- Avaliar a densidade relativa aparente, resistência mecânica a compressão lateral e absorção de água dos briquetes de serragem em duas granulometrias diferentes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Resíduos

O termo “resíduo”, geralmente é associado à idéia de “lixo”, porém, segundo Demajorivic (1995), resíduos sólidos diferenciam-se do termo lixo, pois este último não possui nenhum tipo de valor, referindo-se ao que deve ser descartado. Resíduos são aqueles que possuem valor econômico agregado, por possibilitarem seu reaproveitamento, podendo em alguns casos estar novamente fazendo parte do processo produtivo.

Quirino (2003) definiu resíduo de outra forma, sendo tudo aquilo que sobra de um processo de produção ou exploração, de transformação ou de utilização. É toda substância, material ou produto destinado, por seu proprietário, ao abandono.

De acordo com Farage (2009), os resíduos sólidos representam um dos grandes desafios do século XXI, chamando a atenção pelo crescente aumento na geração e pelo reconhecido déficit de soluções ambientais adequadas quanto à disposição final ou reaproveitamento dos mesmos. Além do aumento na quantidade gerada, são descartados diariamente no ambiente, resíduos de composição cada vez mais complexas, tornando ainda mais difíceis os processos de reaproveitamento e “reciclagem natural”. Este mesmo autor destacou que a elevada geração de resíduos, somada aos impactos ambientais causados pela disposição inadequada dos mesmos, retrata um grande desperdício de matéria prima e energia.

Segundo dados Associação brasileira das indústrias de biomassa e energia renovável (ABIB, 2010), no Brasil existe uma grande disponibilidade de resíduos florestais (70 milhões de toneladas), e não florestais como: casca de arroz, café, resíduos de coco, milho, feijão, cacau e muitos outros que podem ser convertidos em biomassa para geração de energia. Estima-se que o potencial total a ser explorado de energia primária resultante da biomassa residual envolvendo apenas os resíduos vegetais no País é de 10.084,96 milhões de GJ/ano (gigajoule por ano).

## 2.2 Resíduos do processamento de madeira

O Brasil é um grande produtor e consumidor de madeira, conseqüentemente também um grande gerador de resíduos madeireiros. Estima-se que no País ocorra uma produção de 60 milhões de toneladas de resíduos por ano, fato que torna o Brasil um dos melhores exemplos para o uso de resíduos de madeira para a geração de energia (REFERÊNCIA, 2009).

Segundo Lima e Silva (2005), todo processo de transformação da madeira gera resíduos em menor ou maior quantidade, sendo aproveitado somente 40% a 60% do volume total da tora.

A atividade madeireira possui altos índices de desperdícios. Quase 2/3 de todas as árvores exploradas acabam virando “sobras” ou serragem. Ou seja, apenas 1/3 da madeira extraída é transformada em produto final. Os resíduos desta produção na maioria das vezes não possuem um destino correto (SILVA 2002).

Tudo que não serve para o comércio regular vai para o lixo ou é queimado. Os resíduos do processamento de madeira na maioria das vezes são depositados de forma inadequada. Alguns são queimados em caldeiras, mas não é uma prática comum. A maioria deposita os resíduos nas áreas periféricas das serrarias. Quando estes são queimados contribuem com aumento da poluição do ar provocando danos ao ambiente e às populações existentes próximas a essas indústrias (SILVA 2002).

## 2.3 Resíduos agrícolas

### 2.3.1 Resíduos do processo de polpação do café

O Brasil é o maior produtor mundial de café, com uma área cultivada estimada em 2.278.103 hectares (CONAB 2011). O beneficiamento do café pode ocorrer de duas formas após a colheita: via seca ou via úmida. Segundo Viela et al. (2001), no Brasil a forma mais comum de beneficiamento ocorre por via seca, no qual o fruto do café é seco ao sol ou em pré-secadores e secadores artificiais, o que resulta em resíduos formados por casca e pergaminho, com rendimento de aproximadamente 50% do peso colhido. Portanto o processamento de duas

toneladas de café em coco produz uma tonelada de grão de café comercial, e uma tonelada de resíduos (casca e pergaminho).

Segundo Vegro e Carvalho (1994), parte dos resíduos da polpação do café já são empregados em outros processos, tais como: adubação, podendo ser misturado a outros compostos como esterco ou adubos químicos, tornando-se uma fonte barata e alternativa para equilibrar os nutrientes do solo; Complementação de alguns tipos de rações para peixes, aves, suínos e bovinos, devido ao teor percentual de alguns nutrientes, e a presença, embora pequena, de aminoácidos e proteínas; E recentemente a possibilidade de utilização do mesmo em fornos e caldeiras como material energético, já que o mesmo possui uma capacidade de queima acentuada.

Vale et. al (2007) estudando a carbonização de resíduos do processamento do café, encontrou para casca o valor de poder calorífico superior de 3.933 (Kcal/g), e poder calorífico útil de 3.040 (Kcal/g); constatou também que a casca de café livre de umidade é capaz de liberar uma quantidade de calor de 2.377  $\text{Mj.m}^{-3}$ , reafirmando a possibilidade da utilização deste resíduo em aparelhos de queima.

### 2.3.2 Palha de Milho

O milho foi a alimentação básica de várias civilizações ao longo dos séculos. Com a descoberta da América, e as grandes navegações no século XVI, a cultura do milho se expandiu para várias partes do mundo. O milho é cultivado e consumido em todos os continentes. No Brasil, o cultivo do milho vem desde antes do descobrimento, sendo que, os índios que aqui habitavam já tinham o cereal como ingrediente da sua dieta (ABIMILHO, 2011).

A produção de milho no País tem crescido nos últimos 35 anos a uma taxa de 3,2% ao ano, e está previsto crescer pelo menos 1,68% ao ano nos próximos 10 anos (CONAB, 2011).

Como outras culturas agrícolas, após a colheita do milho têm-se também uma grande quantidade de resíduos, como o caule, a palha, a casca e o sabugo, os quais na maioria das vezes são queimados nas áreas rurais, descartados ou utilizados como cobertura do solo após a colheita mecanizada. (EMBRAPA, 2009).

Outra forma de utilização desse resíduo é a utilização na complementação de ração animal, ou no caso específico da palha de milho, a utilização na produção de

cigarros, embalagens de doces e artesanato de cestaria (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2011).

Dentre os resíduos gerados na produção e processamento do milho, pode-se destacar o sabugo e as palhas, que representam 42,9%, em relação ao peso dos grãos, ou seja, estima-se que em 1.000 kg de milho em grão correspondam a 1.429 kg de milho em espiga (CENTRO DE ESTUDOS AGRÍCOLAS, 1991 citado por Paula, 2010).

## 2.4 Pinha (*Pinus elliottii*)

Espécies do gênero *Pinus* vêm sendo plantadas no País a mais de um século, tendo sido inicialmente introduzidas para fins ornamentais. Somente na década de 1960 é que se iniciou o plantio de pinus em escala comercial, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do País (EMBRAPA, 2011).

Nas décadas de 1970 e 1980 as plantações desse gênero foram a principal fonte de matéria prima para o desenvolvimento da indústria de base florestal, abastecendo um mercado altamente diversificado. A madeira de pinus representa cerca de 30% das plantações florestais destinadas para a produção de celulose e papel. Assim, a cultura de pinus estabeleceu-se como uma importante aliada dos ecossistemas florestais nativos, pois vem suprimindo uma parcela cada vez maior da necessidade de madeira e contribuindo, assim, para a diminuição do corte de florestas naturais (EMBRAPA, 2011).

Além da utilização do pinus para a produção de celulose e papel, o mesmo também é uma importante fonte de matéria prima para outros produtos, tais como: chapas derivadas de madeira (MDF, OSB, HDF, chapas duras), compensados, laminados, móveis, tábuas, podendo ser utilizado no ramo de construção, caixotaria e produção de energia (pelletes). O gênero, como um todo, também é capaz de produzir uma resina que é utilizada na produção de colas, vernizes, tintas, adesivos, solventes, fungicidas e germicidas (CIFLORESTAS, 2008).

O cultivo de pinus também gera flores, as quais são conhecidas popularmente como “pinhas”. A pinha (ou estróbilo para os botânicos) é o órgão onde se encontram as estruturas reprodutivas. Na pinha são formados os micrósporos

(pólen), e os megaspóros (célula-mãe do óvulo), diferenciando-se entre masculino e feminino pelo tamanho, sendo o estróbilo feminino maior em relação ao estróbilo masculino (BIOLOGADOS, sd).

No que se sabe, a utilização da pinha se resume a finalidades decorativas. Entretanto, é interessante a pesquisa de outros meios de utilização deste recurso, podendo o mesmo vir a ser comercializado em um futuro próximo para fins mais nobres.

## 2.5 Utilização energética dos resíduos da biomassa

A preocupação com a poluição e o uso dos resíduos gerados pela utilização da biomassa vegetal não pode ser deixada de lado (VALE; GENTIL, 2008). Na maioria das vezes os resíduos vegetais são descartados de forma inadequada ou queimados diretamente para sua eliminação, o que causa um aumento considerável na poluição ambiental, além de representar perdas de matéria prima e energia.

A utilização desses resíduos na produção de energia é uma alternativa para agregar valor e reduzir os impactos causados pelos resíduos (QUIRINO 2003), ainda segundo o mesmo autor, a utilização desses resíduos na produção energética possui grandes vantagens, tais como: mudança na matriz energética e redução na emissão dos gases causadores do efeito estufa, isto devido a uma redução na utilização de combustíveis fósseis; Redução no volume de resíduos depositados em aterros sanitários, devido a utilização dos mesmos em novos processos produtivos; Geração de renda, pois os resíduos que antes eram destinados ao abandono podem ser comercializados em forma de novos produtos.

Na utilização de resíduos vegetais para a geração de energia, é importante o conhecimento de algumas propriedades destes por meio da análise elementar, química e do poder calorífico. Pela análise elementar são determinados os teores de carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), enxofre (S) e cinzas dos materiais, dos quais os elementos de maior contribuição para o poder calorífico são o carbono e o hidrogênio, pois quanto maior for a relação C/H mais energético será o material (VALE; GENTIL, 2008).

Na análise química, o desejável para a produção energética, é que o material tenha grande quantidade de lignina e holocelulose, e pequena quantidade de cinzas. Na análise imediata é ideal um alto teor de carbono fixo e baixa umidade, pois quanto menor a umidade da madeira, maior será a produção de calor por unidade de massa (PAULA, 2010).

O poder calorífico é uma propriedade importante na avaliação de um combustível sólido, e consiste na quantidade de calor liberadas na combustão completa de uma unidade de massa do material combustível, expressa em cal/g ou kcal/kg. O poder calorífico é chamado superior (PCS) quando a água proveniente da queima está no estado líquido. A partir do PCS, desconta-se a energia gasta para evaporar o hidrogênio de constituição do combustível na forma de água, e obtém-se o poder calorífico inferior (ABNT, 1983), ou seja, o PCI é a energia efetiva em um combustível.

## 2.6 Definição, vantagens e composição dos briquetes

Briquetes podem ser considerados lenha de qualidade, sendo produzidos a partir da compactação de resíduos lignocelulósicos, utilizando pressão e temperatura (SILVA, 2007).

Os briquetes podem ser produzidos utilizando-se apenas um material, ou a mistura entre eles. Dentre os vários materiais lignocelulósicos podem-se utilizar casca e galhos de árvores, aparas de madeira, serragem, maravalha, bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, palha, caule e sabugo de milho. (QUIRINO, 2003).

Segundo Fontes et al. (1984), por meio do processo de briquetagem é possível conseguir um combustível com homogeneidade granulométrica, maior densidade e resistência a geração de finos no manuseio e transporte. O aumento na densidade proporcionado pelo processo de compactação é capaz de produzir um combustível com maior concentração energética por unidade de volume, desse modo, juntamente com a resistência adquirida pelo material tem-se uma viabilidade técnica e econômica para o transporte em maiores distâncias.

Os briquetes podem substituir a lenha em sua totalidade e dar um destino viável economicamente e ambientalmente aos resíduos. Por possuírem formato

regular e constituição homogênea, o que além de resultar em uma queima uniforme do material, facilita o manuseio e o transporte em qualquer distância. Os mesmos ainda possuem seu poder calorífico elevado, fato este devido ao aumento de material em um mesmo espaço volumétrico (PAULA, 2010).

Segundo Alves Júnior e Santos (2002), o processo de briquetagem consiste na trituração da madeira em partículas, e posteriormente a compactação das mesmas utilizando alta pressão, o que resulta em um aumento de temperatura ocorrendo a plastificação da lignina, fazendo com que a mesma atue como aglomerante das partículas de madeira.

Filippetto (2008) definiu o processo de briquetagem sendo a aplicação de pressão por meio de uma prensa mecânica em uma massa de matéria prima, transformando-a em um sólido cilíndrico e compacto, com elevada densidade e, conseqüentemente, elevada geração energética por unidade de volume. Segundo SBRT (2007), além de melhorar as características energéticas dos resíduos vegetais, o processo de briquetagem facilita o transporte e o armazenamento dos mesmos.

A briquetagem é uma forma eficiente para concentrar a energia disponível na biomassa. Este fato é explicado pela consideração de que 1m<sup>3</sup> de briquetes contém pelo menos quatro vezes mais energia que 1m<sup>3</sup> de resíduos em sua forma original, levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio destes materiais (QUIRINO e BRITO 1991).

Outras vantagens do briquete tornam o mesmo atraente ao mercado, Vale e Gentil (2008), afirmaram que, em comparação com a lenha, seu concorrente direto, o briquete possui maior densidade energética, maior rapidez na geração de temperatura e calor, proporciona redução dos custos de transporte, menor custo de manuseio, infraestrutura de armazenamento, movimentação, mão-de-obra, encargos sociais, e maior apelo ambiental por ser produzido a partir de resíduos.

Moro (1987), definiu sete etapas para o processo de briquetagem, sendo as mesmas:

- **Escolha do material:** esta etapa refere-se ao tipo de matéria prima que se deseja utilizar, do tipo de briquete que se pretende produzir e das características do material a ser utilizado (tamanho de partículas, densidade e umidade);

- **Secagem:** tem por finalidade retirar a umidade dos resíduos, a fim de deixar o material com a umidade necessária para a realização do processo;
- **Moagem dos resíduos:** tem por objetivo triturar os resíduos, formando partículas menores. Desse modo facilitando o processo e a ação de aglutinantes se estes forem necessários;
- **Peneiramento:** promove a separação das partículas geradas na moagem em granulometrias diferentes, tendo por finalidade uma seleção das partículas a serem utilizadas, e eliminação das indesejadas no processo;
- **Mistura com aglutinante:** o aglutinante é responsável pela aderência dos resíduos. Durante esta etapa deve-se levar em consideração a escolha do tipo e da qualidade do aglutinante, pois estas estão diretamente relacionadas ao custo do processo. Esta etapa nem sempre ocorre, pois alguns resíduos são capazes de se aglutinar apenas com a plastificação da lignina em ambiente de alta pressão e temperatura;
- **Prensagem:** a prensagem proporciona resistência aos briquetes. É realizada por meio da ação de prensas que aplicam altas pressões e temperaturas a massa de resíduos e ao ligante. Esta etapa define a forma final do briquete, de acordo com a presa utilizada;
- **Estocagem e embalagem:** os briquetes devem ser armazenados em silos de estocagem a fim de manter um estoque intermediário entre a produção e a distribuição. Posteriormente são embalados para o consumo.

O uso de briquetes possui vantagens tais como reaproveitamento da matéria prima utilizada em processos produtivos e redução da poluição ambiental. Segundo Ormond (2006), o briquete possui forma regular, constituição homogênea, e é de grande utilização para geração de energia, tendo seu uso indicado para fornos industriais.

Paula (2010), afirmou como vantagens no uso dos briquetes, a redução do impacto ambiental, a conservação de florestas, disponibilidade de matéria prima durante o ano todo em determinadas regiões, a possibilidade de um destino

adequado aos resíduos, além de possuírem dimensões uniformes que facilitam o manuseio e transporte.

Ainda segundo o mesmo autor, além da utilização dos briquetes em indústrias, como em fornalhas ou caldeiras, os mesmos podem ser utilizados em cerâmicas, pizzarias, padarias e até mesmo em residências, servindo de combustível para lareiras, fogões e fornos.

De acordo com o Centro Nacional de Referência em Biomassa, CEMBIO (2009), em algumas capitais e grandes cidades, o briquete já possui um papel destacado, competindo diretamente com a lenha e o carvão vegetal. Na cidade de São Paulo, onde existem cerca de 5.000 pizzarias e 8.000 padarias, das quais 70% utilizam fornos à lenha, os fabricantes de briquetes não conseguem atender a demanda na cidade.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Coleta e preparo do material

Todos os resíduos utilizados no trabalho foram coletados em propriedade particular (20° 32' 44,36" S e 41° 49' 30,03" W) 1108 m de altitude no município de Espera Feliz, Estado de Minas Gerais. Os resíduos de origem agroindustrial (resíduos do processo de polpação do café e palha de milho), e de processamento de madeira (serragem) foram coletados diretamente de depósitos, o de origem florestal (pinha) foi coletado quando o mesmo ainda estava no campo, sendo a espécie de pinus identificada pelo próprio proprietário como *Pinus elliottii*.

Não foi possível a identificação da espécie que deu origem a serragem, pois diversas espécies são eventualmente serradas na propriedade, e todo o material residual do processo é armazenado de forma conjunta, impossibilitando o processo de classificação.

Após a coleta, os materiais foram transportados até o Laboratório de Energia da Biomassa do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), situado na cidade de Jerônimo Monteiro/ES, para a realização dos ensaios.

A pinha, por se tratar do resíduo de maior dimensão necessitou de um cuidado prévio para redução das dimensões antes de ser encaminhado ao moinho. Com o auxílio de uma serra de fita foram efetuados três cortes no sentido longitudinal com a finalidade de separar o “miolo” do resto do material, restando apenas pouco mais das extremidades de cada uma delas.

### 3.2 Densidade a granel dos resíduos

A densidade a granel dos diferentes resíduos foi realizada conforme a NBR 6922 (ABNT, 1983), a qual consiste na alocação dos resíduos em uma caixa com dimensões conhecidas para ser pesado, em seguida foi realizada a diferença da massa total (caixa + material) com a massa do recipiente (caixa vazia) para se obter a massa da amostra, assim, para a determinação da densidade a granel foi utilizada

a relação entre massa de material e volume do recipiente. O procedimento descrito foi realizado para todos os resíduos utilizados no estudo, nas mesmas condições de umidade.

### 3.3 Umidade e teor de cinzas dos resíduos

Para a análise de umidade e teor de cinzas todo o material foi triturado em moinho tipo Wiley, conforme a norma da Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI - T 257 om-92, 1992). O material foi classificado por peneiras, de forma que, as análises foram efetuadas apenas na fração de granulometria suficiente para passar em peneira de 40 “mesh” (abertura de 0,42mm), porém, ficar retida em peneira de 60 “mesh” (0,25mm).

Para a determinação da umidade foram utilizadas seis gramas de resíduos para cada amostra, em seguida as amostras foram conduzidas à estufa à temperatura de  $103^{\circ}\text{C} \pm 2$  até massa constante, para determinação da umidade dos resíduos.

O teor de cinzas dos resíduos foi determinado de acordo com a ABTCP M 11/77 (1997). Utilizou-se de 5 gramas secos de cada resíduo, que foram colocadas em cadinhos de porcelana para posteriormente serem conduzidos para mufla a  $575^{\circ}\text{C}$  por  $\pm 6$  horas. Inicialmente, os cadinhos foram dispostos dentro da mufla com tampa de porcelana, e após a carbonização das amostras, as tampas foram retiradas e os cadinhos continuaram dentro da mufla até a total queima das amostras, o que certificava que somente as cinzas sobravam no fundo dos cadinhos. Após esse procedimento, as amostras foram retiradas da mufla e alocadas em um dessecador para o resfriamento e em seguida a pesagem, e determinação do teor de cinzas.

### 3.4 Análise química dos resíduos

Para a análise química dos resíduos também foi utilizado o material que ficou retido na peneira de 60 mesh, assim como descrito no procedimento anterior.

A análise dos extrativos foi realizada conforme a norma TAPPI 264 om-88 (1992). A partir da amostra de cada resíduo, tomaram-se  $2,0 \pm 0,001$ g da amostra livre de umidade, estas foram alocadas em filtro de vidro sinterizado, porosidade n°2, e posteriormente inseridas em extrator “Soxhlet” para extração pela solução álcool:tolueno (1:2) por 5 horas. O produto da extração, uma mistura de solventes e extrativos foi colocada em estufa a  $103,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$  para remoção dos solventes. O resíduo formado pelos extrativos foi então pesado e o teor de extrativos obtido por diferença de massa.

A remoção dos extrativos para análise da lignina seguiu a norma TAPPI 264 om-88 (1992), com uma sequência de extração em solução álcool:tolueno (1:2) por 5 horas, álcool por 4 horas, ambas em extrator “Soxhlet”, e em água quente por 1 hora.

Após a remoção dos extrativos tomou-se  $0,3 \pm 0,0001$ g da amostra, e esta foi submetida à hidrólise com ácido sulfúrico por 60 minutos ( $30,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ ), autoclavada por 60 minutos e filtrada. Considerando o sólido retido a lignina insolúvel, determinada por diferença de massa (GOMIDE; DEMUNER, 1986). O líquido remanescente da filtração da lignina insolúvel foi analisado em espectrofotômetro UV, para determinação da lignina solúvel (GOLDSHIMID, 1971). O teor de lignina total consistiu na soma das frações solúvel e insolúvel e a holocelulose foi determinada pela diferença entre a massa inicial e a quantidade de extrativos e lignina total.

### 3.5 Produção dos briquetes de serragem

Antes do processo de briquetagem todo o material foi classificado em peneiras de granulometria 40 e 60 mesh respectivamente. O material foi peneirado a fim de obter-se uma seleção do material a ser utilizado, neste caso testou-se separadamente o material que ficou retido nas peneiras de 40 e de 60 mesh.

O material foi previamente seco em estufa a  $103^\circ\text{C} \pm 2$  por 1h, a fim de reduzir a umidade. A compactação do material foi realizada em uma briquetadeira laboratorial da marca Lippel<sup>®</sup>, modelo LB-32 (Figura 1), com temperatura de  $120^\circ\text{C}$ ,

pressão de  $100 \text{ kgf.cm}^{-2}$ , tempo de compactação de cinco minutos e resfriamento de sete minutos. A quantidade do material foi limitada pelo volume do cilindro.

Foram produzidos um total de 40 briquetes, sendo 20 deles proveniente do material que ficou retido na peneira de 40 mesh, e 20 do material retido na peneira de 60 mesh. Após a produção os briquetes foram climatizados para posteriormente serem avaliados.



Figura 1 – Briquetadeira laboratorial da marca Lippel<sup>®</sup>, modelo LB-32.

Fonte: O autor.

### 3.6 Avaliação da qualidade dos briquetes

A densidade relativa aparente dos briquetes foi determinada por meio do método estequiométrico, o qual consistiu em obter o volume a partir de medições, utilizando-se um paquímetro (Figura 2), e a massa do briquete foi obtida em uma balança com precisão de  $0,001\text{g}$  (Figura 3). A densidade foi obtida por meio da relação da massa pelo volume.



Figura 2 – Obtenção das medidas do diâmetro e comprimento dos briquetes de serragem.

Fonte: O autor.



Figura 3 – Obtenção da massa dos briquetes de serragem.

Fonte: O autor.

A resistência à compressão dos briquetes de ambas as granulometrias foi calculado em função da força de resistência do briquete até a ruptura da carga de tensão. A força foi aplicada perpendicularmente na lateral do briquete (Figura 4), sendo a velocidade de ensaio de  $3 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . O procedimento de análise prosseguiu como uma adaptação da NBR 7190 – Anexo B (ABNT, 1997), uma vez que não se tem normas específicas para testes em briquetes.

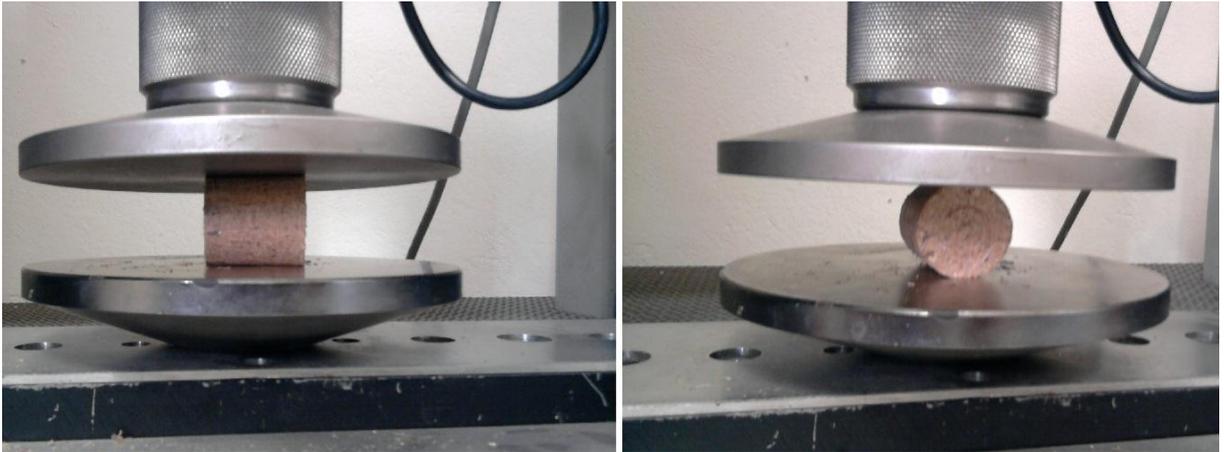


Figura 4 – Ensaio de compressão.

Fonte: O autor.

A resistência à absorção de água foi determinada conforme proposto por Cunha (2006). Os briquetes foram submersos em um recipiente com água, determinando-se a variação de peso ao longo de 2 horas, em seguida determinou-se a massa dos briquetes.

## 4 RESULTADOS DA PESQUISA

### 4.1 Classificação dos resíduos

Na tabela 1, encontram-se os valores médios para densidade a granel (DA), umidade (U), Teores de cinzas (TCz), extrativos e lignina dos resíduos.

Tabela 1 – Valores médios de densidade a granel (DA), umidade (U), teor de cinzas (TCz), extrativos (Extr.) e lignina (Lig) dos resíduos.

Amostra	DA (kg.m <sup>-3</sup> )	U (%)	TCz (%)	Extr. (%)	Lig. (%)
Palha de milho	6,343	15,81	1,39	7,13	15,81
Palha de café	204,562	21,60	5,43	42,70	30,70
Pergaminho de café	109,125	13,92	2,01	7,74	29,96
Serragem	159,218	13,48	4,63	5,42	34,56
Pinha	66,812	16,47	0,69	8,43	45,59

Fonte: O autor.

Como pode ser observado na Tabela 1, o resíduo que apresentou a maior densidade a granel foi a palha de café. Este valor elevado pode ser explicado por características específicas deste material, como peso e forma, o que favorece uma melhor compactação durante o armazenamento. Outro fator que deve ser levado em consideração é a umidade deste resíduo, sendo que o mesmo possui a maior umidade dentre os resíduos analisados.

Em todos os casos o valor de umidade interfere nos resultados de densidade a granel dos resíduos, pois sempre ao efetuar o cálculo da densidade considera-se a massa de água presente no material. O fato de os resíduos possuírem diferentes valores de umidade está relacionado principalmente à ausência de um controle de umidade no armazenamento dos mesmos, como foi identificado no momento da coleta. Vale et al. (2007), também encontrou valores elevados para a densidade a granel da casca de café, sendo o mesmo 167 kg.m<sup>-3</sup>, com umidade do material em 13,5%.

Albuquerque (2006) relacionou a densidade a granel do material com seu custo de transporte, afirmando que biomassas leves são pagas por metro cúbico, enquanto as pesadas são pagas por toneladas, dessa forma, as de menor custo de transporte são as mais densas, como a casca do café.

O menor valor de densidade a granel corresponde a palha de milho. Isto se deve ao peso e as dimensões que este resíduo possui, promovendo um aumento nos espaços vazios entre o material quando este é armazenado sem nenhuma forma de compactação.

A densidade a granel da pinha não possui valor elevado, isto devido o material ter sido analisado quando as pinhas encontravam-se “abertas”, desta forma, promovendo um maior espaço entre o material. O valor encontrado pode ser diferente em alguns casos dependendo de como esteja o material.

Para os valores de Teor de cinzas, os resíduos que se destacam com maior valor são a palha de café e a serragem. O maior valor de teor de cinzas encontrado para a palha de café pode estar relacionado com a presença de quantidades e de qualidades diferentes de minerais presentes na biomassa, assim como, cálcio, potássio, fósforo, magnésio, ferro e sódio. Vale et al. (2007) afirma que estes minerais podem ser provenientes da adubação das plantas e de substâncias utilizadas para correção do solo.

No caso da serragem, o teor de cinzas elevado pode ter ocorrido devido a impurezas contidas no material, as quais puderam ser observadas durante a coleta. As impurezas presentes no material podem estar relacionadas com o armazenamento deste resíduo em depósito semiaberto, localizado próximo a estradas e currais. Para a palha de milho o valor encontrado de teor de cinzas ficou próximo ao encontrado por Salazar et al. (2005), sendo o mesmo 1,52%.

Na análise dos extrativos os diferentes resíduos analisados apresentaram valores aproximados entre si, com exceção da palha de café. Entretanto não foi possível estabelecer o motivo para o qual este valor mais elevado foi encontrado.

Para os extrativos da palha de milho e pergaminho de café, os valores encontrados ficaram próximos aos encontrados por Paula (2010), sendo estes respectivamente 6,85% e 7,63%. Para a serragem o valor encontrado ficou próximo ao encontrado por Trugilho et al. (2003), que encontrou 6,71% para serragem de *eucalyptus sp.*

Para os valores de lignina, os resíduos que se destacaram foram a pinha e a palha de milho. Sendo o maior valor encontrado para a pinha (45,59%), e o menor para a palha de milho (15,81%). Para o pergaminho de café, o valor de lignina encontrado se aproximou ao encontrado por Paula (2010), que encontrou 23,04%, e Brahan e Bressani (1978), que encontraram 24,5%. Para a serragem, o valor encontrado ficou próximo ao encontrado por Trugilho et al. (2006), sendo o mesmo 31,77% para serragem de *eucalyptus sp.*

Todos os resultados obtidos para amostra de pinha foram analisados apenas de acordo com características desejáveis na biomassa para produção de energia, isso devido à falta de trabalhos utilizando esse tipo de material. Com isso, os resultados obtidos foram satisfatórios, estando dentro das características desejáveis ao processo.

As características energéticas da biomassa estão relacionadas a fatores como: teores de cinzas, extrativos e lignina presentes no material. Com um baixo teor de cinzas é reduzida a possibilidade de formação de incrustações nos equipamentos e tubulações, que podem prejudicar o processo de produção. A quantidade de extrativos presentes no material, que segundo Pereira et al. (2000), alguns extrativos contribuem para o aumento do poder calorífico. No caso da lignina o ideal é que o material possua um teor elevado, pois, segundo Oliveira (1988), se tratando de fontes energéticas, existe uma correlação positiva do rendimento gravimétrico e massa específica básica com o teor de lignina.

Em uma breve comparação com a madeira, é possível afirmar que a pinha possui melhores características para produção energética, tendo em mente o processo de briquetagem. Tais características relacionadas a um menor teor de cinzas, e maior porcentagem de extrativos e lignina.

## 4.2 Análises dos briquetes de serragem

Tabela 2 – Valores médios para densidade relativa aparente (DRA), resistência à compressão (Resist. Comp.).

Nº de briquetes	Granulometria	DRA (g.cm <sup>-3</sup> )	Resist. Comp (kgf)
10	Retidos em 40 mesh	1,09 a	481,3 a
10	Retidos em 60 mesh	1,13 b	620,0 b

Obs.: Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: O autor.

As médias obtidas referentes à análise da densidade relativa aparente e resistência a compressão foram comparadas pelo teste F, a 5% de significância, sendo possível observar que as mesmas diferem-se estatisticamente entre si. Logo, a média de densidade aparente e resistência à compressão dos briquetes de serragem produzidos a partir do material que ficou retido na peneira de 60 mesh foi maior que a média dos briquetes produzidos com o material retido na peneira de 40 mesh.

Na avaliação de densidade relativa aparente, os briquetes produzidos a partir do material retido na peneira de 60 mesh apresentaram densidade 3,54% superior aos briquetes produzidos a partir do material retido na peneira de 40 mesh. Esta diferença pode ser atribuída a melhor compactação das partículas que passaram da peneira de 40 mesh e ficaram retidas na peneira de 60 mesh, pois esta parcela é constituída de um material mais uniforme.

Os briquetes produzidos a partir do material retido na peneira de 60 mesh também apresentaram uma resistência a compressão 22,37% maior que os briquetes produzidos a partir do material retido na peneira de 40 mesh. Por ser constituído da parcela de material mais uniforme os mesmos possuem uma maior homogeneidade, assim, com uma melhor compactação, ocorrendo uma redução dos pontos mais fracos sujeitos a rupturas.

Os briquetes de maior densidade possuem maior resistência à compressão, estando de acordo com estudos realizados por Paula (2010).

No teste de absorção de água, não foi possível a coleta de dados, fato devido aos briquetes se desmancharem logo após a imersão em água. Sendo possível constatar que os mesmos não possuem resistência a absorção de água.

## 5 CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado concluiu-se que:

- ❖ A partir dos parâmetros avaliados, os resíduos analisados possuem características desejáveis ao processo de produção energética.
- ❖ Os briquetes produzidos a partir da serragem retida na peneira de 60 mesh possuem maior densidade relativa aparente e melhor resistência à compressão do que os briquetes produzidos a partir do material retido na peneira de 40 mesh.
- ❖ Nenhum dos dois tipos de briquetes produzidos possui resistência a absorção de água.

## 6 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira das indústrias de biomassa e energia renovável – ABIB, 2010. Disponível em: <<http://associacaobrbiomassa.blogs.sapo.pt/897.html>>. Acesso em 04 nov. 2012.

Associação Brasileira das Indústrias do Milho – ABIMILHO, 2011. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/milho/cereal>>. Acessado em 15 jul. 2012.

ALBUQUERQUE, C. A. **Relatório administrativo 2005 de Eco Industrial Ltda.** Brasília, DF: Eco Industrial, 2006.

ALVES JUNIOR, F. T. et al., **Utilização de biomassa para briquetagem como fonte de energia alternativa e a disponibilidade deste recurso na região do Cariri-CE.** Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003\\_TR1003\\_0215.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR1003_0215.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2012.

ALVES JUNIOR, F. T., SANTOS, G. A. Potencial de geração de biomassa para briquetagem e o perfil do mercado consumidor deste insumo na região do Cariri–CE. In: II Congresso Ibero-Americano de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Florestais & I Seminário em Tecnologia da Madeira e Produtos Florestais Não-Madeiráveis, **Anais.** FUPEF, Curitiba, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6922. **Carvão vegetal:** ensaios físicos determinação da massa específica (densidade à granel). Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL – ABTCP. **Normas técnicas.** São Paulo: ABTCP, 1997.

BIOLOGADOS. Curiosidades, notícias e fotos do mundo biológico. **Família pinaceae.** Disponível em: <[http://www.biologados.com.br/botanica/taxonomia\\_vegetal/divisao\\_coniferophyta\\_pinus\\_gimnospermas\\_familia\\_pinaceae.htm](http://www.biologados.com.br/botanica/taxonomia_vegetal/divisao_coniferophyta_pinus_gimnospermas_familia_pinaceae.htm)>. Acesso em: 14 jun. 2012.

BRAHAN, J.E.; BRESSANI, R. **Pulpa de café:** composición, tecnología y utilización. Bogota: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 1978. 10 p.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA – CENBIO. **Aproveitamento energético de resíduos de madeira e florestais na forma de briquetes.** Disponível em: <[http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br\\_briquete.asp](http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_briquete.asp)>. Acesso em: 15 set. 2012.

Centro de Inteligência em Florestas – CIFLORESTAS. **Pinus,** 2008. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=pinus>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Estimativa da produção nacional de café safra 2011/2012**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=42850&conab---4--estimativa-da-producao-nacional-de-cafe-safra-2011-2012-preve-43-48-milhoes-de-sacas-.html>>. Acesso em: 30 abr. 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Séries históricas: safra de grãos**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.conab.com.br/conabweb/index.php?>>. Acesso em: 30 abr. 2012.

CUNHA, A. F. **Caracterização, beneficiamento e reciclagem de carepas geradas em processos siderúrgicos**. Ouro Preto: REDEMAT/UFOP, 2006. 110 p.

DEMAJORIVIC, J. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v.35, n.3, p 88-93, 1995.

Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – EMBRAPA. **Cultivo de Pinus**, 2011. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus\\_2ed/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus_2ed/index.htm)>. Acesso em: 22 jul. 2012.

Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – EMBRAPA. **Milho e sorgo**, 2009. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publonline.php>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

FARAGE, R. M. P. **Aproveitamento dos resíduos lignocelulósicos gerados no Polo Moveleiro de Ubá para fins energéticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental, área de concentração em Meio Ambiente) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

FILIPPETTO, D. **Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnico-econômica e potencial de mercado**. Dissertação (Mestrado em Planejamento em Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FONTES, P. J. P. de; QUIRINO, W. F.; PASTORE JUNIOR, F.; FILGUEIRAS, S. M. S. **Aglutinante para briquetagem de carvão vegetal**. Brasília: DPQ/IBDF, 1984.

GOLDSCHIMILD, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUSWIG, C. H. Eds **Lignins**. New York: Wiley Interscience, 1971, p. 241-246.

GOMIDE, J. L. DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: Método Klarson modificado. **O papel**, São Paulo, v.47, n.8, p 36-38, 1986.

LIMA, E. G. de; SILVA, D. A. da. Resíduos gerados em indústria de móveis de madeira situados no polo moveleiro de Arapongas, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n.1, p. 105-116, jan./abr. 2005.

MORO, J. P. **Briquetagem de finos de carvão vegetal**. In: Anais da 2ª jornada de engenharia dos países de língua Portuguesa. Rio de Janeiro. 1987. V.1. p. 1-14.

OLIVEIRA, E. de. **Correlação entre parâmetros de qualidade da madeira e do carvão de *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex-Maiden)**. Viçosa / MG. UFV. 1988. 47p.

ORMOND, J. G. P. **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais**. 3. ed. Rio de Janeiro: BNDES, 2006. 54 p.

PAULA, J. C. M. de. **Aproveitamento de resíduos de madeira para confecção de briquetes**. 2006, 48f. Monografia (Pós-graduação *Lato Sensu* em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

PAULA, L. E. R. da. Caracterização química de resíduos lignocelulósicos visando a produção de energia. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 12., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: Instituto Brasileiro da Madeira e das Estruturas de Madeira, 2010.

PEREIRA, J. C. D. et al. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Pará: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2000.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2011. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais**. Brasília, Laboratório de Produtos Florestais - LPF/IBAMA, 2003. 14 p.

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Brasília, Laboratório de Produtos Florestais – LPF/IBAMA, (série técnica nº 13), 1991. 18 p.

Resíduo: fonte de energia. **REFERÊNCIA**, v. 87, 2009. Disponível em: <[http://www.revistareferencia.com.br/index2.php?principal=ver\\_conteudo.php&uid=237&edicao2=47](http://www.revistareferencia.com.br/index2.php?principal=ver_conteudo.php&uid=237&edicao2=47)>. Acesso em: 30 abr. 2012.

SALAZAR, R. F. S.; SILVA, G. L. P.; SILVA, M. L. C. P. Estudo da composição da palha de milho para posterior utilização como suporte na preparação de compósitos, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2005, Campinas. **Anais**. Campinas: UNICAMP, 2005. p 6.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS – SBRT. **Briquetes**. Brasília. 2007. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 01 maio 2012.

SILVA. C. A. **Estudo técnico-econômico da compactação de resíduos madeiros para fins energéticos**. 2007. 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, C. A. P. da. **Linha Redonda**: um exemplo de uso racional da madeira. Anais do 1º Congresso Internacional de Pesquisa em Design e 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. Brasília, UNB, 2002.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry – TAPPI. **TAPPI test methods T 257 om-92**: sampling and preparing wood for analysis. Atlanta: Tappi Technology Park, v.1,1992.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry – TAPPI. **TAPPI test methods T 264 om-88**: preparation of wood for chemical analysis. Atlanta: Tappi Technology Park, v.1,1992.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A. Correlação canônica das características químicas e físicas de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v.9, n.1, p.66-80, jan. 2003.

VALE, A. T.; GENTIL, L. V. Produção e uso energético de biomassa e resíduos agroflorestais. In: **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Rio Branco: Suprema, 2008. p.195-241.

VALE, A. T. do.; GENTIL, L. V.; GONÇALEZ, J. C.; COSTA, A. F. da. Caracterização energética e rendimento da carbonização de resíduos de grãos de café (*Coffea arabica*, L) e de madeira (*Cedrelinga catenaeformis*), duke. **Cerne**, Lavras, v. 13, n.4, p. 416-420, out./dez. 2007.

VEGRO, C. L. R.; CARVALHO, F. C. 1994. **Disponibilidade e utilização de resíduos gerados no processo agroindustrial do café**. Inf. Econ., p. 9-16.

VIELA, F. G.; PEREZ, J. R. O.; TEIXEIRA, J. C.; REIS, S. T. Uso da casca de café melosa em diferentes níveis na alimentação de novilhos confinados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n.1, p.198-205, jan./fev. 2001.