



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E ZOOTECNIA – DFZ
CAMPUS DE VITÓRIA DA CONQUISTA
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

ALEX PIMENTEL CÉSAR

**UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA PARA PRODUÇÃO DE
ENERGIA**

UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

Vitória da Conquista - BA

2012

ALEX PIMENTEL CÉSAR

**UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA PARA PRODUÇÃO DE
ENERGIA**

UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB/ Campus de Vitória da Conquista – BA, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador (a): Professor Dr. Rogério Quinhonhes

Vitória da Conquista - BA

2012

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Alex Pimentel César

Utilização dos Resíduos de Biomassa para Produção de Energia Um Estudo Bibliográfico

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB/ Campus de Vitória da Conquista – BA, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Rogério Quinhonhes - UESB
(Orientador (a) e Presidente)

Prof.^a Ms. Rita de Cássia Antunes Lima de Paula - UESB

Prof.^a Danusia Valéria Porto da Cunha - UESB

Vitória da Conquista – BA, _____

Dedico este trabalho a Deus, a grande força do universo, que tudo permeia tudo completa, que me apóia, me orienta e me protege sem cessar todos os dias.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e pela fé e por ter me sustentado e fortalecido a cada manhã.

À minha esposa, pela dedicação incentivo e cuidado, por sempre acreditar que eu tinha potencial para vencer e acima de tudo muito compreensão nos momentos mais críticos. Eu a amo muito.

Aos meus pais Airce e César por dedicarem as suas vidas com amor para a formação do meu caráter, o que me levará a um futuro de sucesso.

À minha sogra, pela paciência, dedicação e luz durante os momentos de trevas.

À minha filha Alice, que ao longo do curso nasceu, me encheu de alegria e me deu mais vontade de vencer.

Aos meus irmãos, que sempre acreditaram que o estudo é o que projeta o homem a um futuro brilhante.

Ao professor Rogério, que acreditou e orientou-me com paciência e amizade cobrando quando necessário para o alcance do êxito.

Aos professores e colegas que colaboraram em tantos momentos difíceis que passei.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho.

O meu muito Obrigado!

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO.....	10
2- REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 – ENERGIA.....	12
2.1.1 – TIPOS DE ENERGIA:.....	12
2. 1.1.1 - As não renováveis:.....	12
2.1.1.2 – As renováveis:.....	14
3 - OFERTA DE ENERGIA NO BRASIL E NO MUNDO.....	17
3.1 – CONSUMO DE ENERGIA.....	18
4 – SETOR FLORESTAL.....	19
4.1 – As Florestas Plantadas.....	19
5 - MADEIRA ENERGÉTICA.....	24
5.1 – Carvão Vegetal.....	24
5.2 – Lenha.....	25
6 – A PROBLEMÁTICA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO SETOR FLORESTAL.....	26
6.1 – RESÍDUOS.....	27
6.1.1 – Cadeia Produtiva versus Geração de Diversos Tipos de Resíduos:.....	28
6.1.1.1– Tipos de Resíduos.....	30
7 – PROCESSOS DE DENSIFICAÇÃO DE BIOMASSA E RESÍDUOS DE MADEIRAS INDUSTRIALIZADAS.....	31
7.1 – PAINÉIS.....	32
7.2 – PELETIZAÇÃO.....	33
7.2.1 – PELLETS.....	33
7.3 – BRIQUETAGEM.....	34
7.3.1 – BRIQUETES.....	35
7.3.2 - Exemplos Práticos de Produção de Briquetes.....	36
7.3.2.1- Briquete Composto.....	36
7.3.2.2- Briquete Casca de Coco.....	36
7.3.2.3 - Briquete Carçoço de Açai.....	37
8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz Energética Mundial, em 2005, e do Brasil, em 2007.....	18
Figura 2. Consumo Mundial de Energia Comercializada por tipo de Combustível, 1990- 030.....	19
Figura 3. Composição das Florestas Plantadas em 2011.....	20
Figura 4. Resíduos gerados na produção industrial.....	29

Utilização dos Resíduos de Biomassa para Produção de Energia

Um Estudo Bibliográfico

RESUMO

O processo de briquetagem teve origem na Europa, ainda no início do século passado. Atualmente, praticamente todos os tipos de resíduos orgânicos (biomassa) podem ser reutilizados para a produção de energia, com tecnologia mais sofisticada. Com a crise energética recente, a técnica da briquetagem, está novamente sendo olhada como uma boa opção para a geração de energia. Este trabalho teve como objetivo encontrar produções científicas cujo tema seja o potencial da biomassa como matéria prima para a produção de energia alternativa, pelo processo de densificação energética. O tema em questão enfoca o processo prático de transformação da biomassa urbana e de pólos Agrícolas, atualmente destinados a aterros sanitários ou simplesmente deixados nos próprios pólos produtivos, gerando impactos ambientais significativos, comprometendo a sustentabilidade e a qualidade de vida das gerações futuras. Os dados levantados apontam para a viabilidade da utilização de resíduos da biomassa florestal para a produção de energia, demonstrando ser uma proposta sustentável que pode reduzir a poluição no meio ambiente, além, de economicamente gerar lucro para as indústrias e serrarias, não só eliminando as áreas de estocagem de resíduos, aliada a isto, o combustível já densificado se torna um rendimento a mais para a empresa, através da venda do seu excedente.

Palavras-chaves: Resíduos, Briquetagem, Viabilidade.

Use of Waste Biomass to Energy Production

A Study Library

ABSTRACT

The briquetting process originated in Europe, at the beginning of the last century. Currently, practically all types of organic waste (biomass) can be reused for the production of energy, with more sophisticated technology. With the recent energy crisis, the briquetting technique, is again being looked at as a good option for power generation. This study aimed to analyze scientific works whose theme is the potential of biomass as a feedstock for the production of alternative energy, the energy densification process. The subject matter focuses on the practical process of transformation of biomass urban and agricultural centers, currently destined for landfills or simply left on their own poles productive, generating significant environmental impacts, undermining the sustainability and quality of life of future generations. The data collected show the feasibility of using forest biomass waste for energy production, proving to be a sustainable proposal that can reduce pollution in the environment, in addition, to economically generate profit for industries and sawmills, not only eliminating waste storage areas, allied to this, the fuel has become a densified yield more to the company through the sale of its surplus.

Keywords: Waste Briquetting, Viability.

1 – INTRODUÇÃO

O Brasil possui um dos maiores remanescentes de florestas nativas no mundo (cerca de 5,1 milhões de quilômetros quadrados), várias representações de zonas climáticas e inúmeros biomas, dentre eles a Amazônia brasileira. Em função disso, detém 20% das espécies do mundo. (BARBOSA, 2001; CAMPANHOLA, 2006)

As estatísticas econômicas mostram que o agronegócio florestal brasileiro já representa 5% de nosso PIB, 17% das exportações do agronegócio e 8% do total das exportações brasileiras, gerando 1,6 milhão de empregos diretos e 5,6 milhões de indiretos (OLIVEIRA, 2009)

Apesar de sua contribuição socioeconômica, tem-se atribuído ao agronegócio florestal brasileiro grande parte da responsabilidade sobre os danos ambientais decorrentes do mau uso agropecuário e florestal nos diferentes biomas brasileiros. Em função disto e da crescente demanda por produtos madeireiros, gerando um déficit equivalente ao plantio anual de cerca de 300 mil hectares de espécies florestais de rápido crescimento (BERTOLINO, 2007).

No mundo, com o aumento da população e do consumo per capita, estima-se um consumo de madeira da ordem de 1,6 bilhão de metros cúbicos/ano, havendo projeções para 2050 de 2 a 3 bilhões m³/ano, com um aumento aproximado de 60 milhões m³/ano. Atender à demanda futura sem degradar as florestas naturais somente poderá ser conseguido se aumentarmos a eficiência e eficácia da produção, da exploração e da conversão da matéria-prima (FAO, 2009).

A indústria de base florestal, como um todo, tem por característica, a grande geração de resíduos ao longo do processo de produção. O setor madeireiro apresenta um grande potencial para o aproveitamento de resíduos, já que as perdas são inerentes ao processo produtivo, representando entre 40% e 70% do volume da matéria prima sem uma utilização determinada (QUIRINO, 2004).

As indústrias madeireiras geram grande quantidade de resíduos, apresentando um baixo rendimento, que dispersos ao meio ambiente podem trazer sérios problemas de poluição, especialmente, em sua incineração sem um prévio controle ambiental.

Atualmente 52,8% dos resíduos gerados no país são gerenciados de forma inadequada, incluindo nesta percentagem os resíduos industriais (madeireiras etc.), muitas empresas não aproveitam de maneira coerente os seus resíduos alegando que a relação custo/benefício não justifica. Em função da destinação inadequada de seus resíduos, ocasionando desconforto,

além de diversas conseqüências negativas, tanto sociais (prejudiciais a saúde), como ambiental (impacto ao meio ambiente devido ao acúmulo de resíduo), se enquadrando na constituição como fonte poluidora (BORGES, 1993).

O conceito da utilização de vários produtos da floresta vem sendo adotado por diversas empresas no Brasil, com o objetivo de diversificar a produção e atender outras necessidades, sendo a mais importante a produção de energia (DRUMMOND, 1996).

A utilização da energia da biomassa é considerada estratégica para o futuro, pois é uma fonte renovável de energia. A médio e longo prazo, a exaustão de fontes não renováveis e as pressões ambientalistas poderão acarretar maior aproveitamento energético da biomassa. Atualmente, estes resíduos vem sendo cada vez mais utilizados na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de co-geração e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica. (BRAND et al., 2002).

Depois desse breve relato e considerando a falta de dados na literatura sobre como a produção energética a partir da biomassa, este trabalho tem como objetivo analisar produções científicas cujo tema seja o potencial da biomassa como matéria prima para a produção de energia alternativa, pelo processo de densificação energética. O tema em questão enfoca o processo prático de transformação da biomassa urbana e de pólos Agrícolas (aparas de árvores, madeiras diversas, casca de coco, caroço de açaí, entre outras), atualmente destinados a aterros sanitários ou simplesmente deixados nos próprios pólos produtivos, gerando impactos ambientais significativos, comprometendo a sustentabilidade e a qualidade de vida das gerações futuras.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

Ao longo da trajetória do ser humano no planeta terra, o homem desenvolveu mecanismos que suprisse as suas necessidades e como nenhuma outra criatura, o homem conseguiu utilizar os fenômenos naturais a seu favor. A descoberta do fogo, por exemplo, foi uma fonte de energia importante utilizada inicialmente para aquecer e cozinhar e posteriormente servindo para fins técnicos (BURNS, 1968).

O autor acima afirma ainda que em sua trajetória explorando os elementos da natureza o homem utilizou diversas fontes de energia como: a força animal, a água, o vento, dentre outras, facilitando o seu dia-a-dia, uma vez estabelecidas às condições favoráveis as inovações vieram naturalmente.

Posteriormente os homens fizeram uma nova e significativa descoberta: O carvão mineral, que levou à revolução industrial no século XIX e que substituiu a lenha. Mesmo o carvão apresentando dificuldades de uso foi largamente utilizado até a descoberta do petróleo, rei absoluto da energia no século XX e assim sendo até meados do século XXI. Tornando os combustíveis fósseis e outras fontes mais modernas imprescindíveis, sendo responsáveis pelo progresso da economia e do bem-estar da humanidade (SACHS 2007).

Segundo o autor citado anteriormente neste período, estas fontes de energia modernas, também começaram a serem exploradas, com poder de rendimento muito mais elevado, além do petróleo e o carvão mineral encontra-se também a hidroeletricidade, gás natural, energia atômica e até mesmo a energia nuclear. Estas energia moderna juntas correspondem a cerca de 95% de toda energia utilizada no mundo atualmente.

Desde a Segunda Guerra Mundial vem aumentando o consumo gerando uma quantidade absurda de resíduos e o desenvolvimento tecnológico busca modos de economizar os meios de produzir e transportar mercadorias. No entanto, esta exploração desmedida vem construindo “uma equação desbalanceada: retirar, consumir e descartar” (BITENCOURT E PEDROTI, 2008), o que tem resultado em um caminho predatório e danoso para a natureza (BRASIL, 2005; BRASIL, 2009).

O petróleo ainda hoje é a principal fonte de energia do planeta, seguida pelo carvão mineral e pelo gás natural. Isso é preocupante, visto que 90% da energia consumida no planeta é provida de fontes não renováveis, quer dizer, que pode esgotar. Isso não significa que faltará energia no mundo, mas que haverá um trabalhoso e difícil período de transição se não houver um investimento em novos tipos de energia, além da utilização consciente das fontes existentes (SACHS 2007).

2.1 – ENERGIA

Compreende-se aqui por energia a capacidade de realizar trabalho. No Planeta Terra encontram-se diversos tipos de fontes de energia. As renováveis e as não renováveis.

2.1.1 – TIPOS DE ENERGIA:

2. 1.1.1 - As não renováveis:

2. 1.1.1.1 - Energia fóssil – formada a milhões de anos a partir do acúmulo de materiais orgânicos no subsolo. A geração de energia a partir destas fontes costuma provocar

poluição, e esta, contribui com o aumento do efeito estufa e aquecimento global. Isto ocorre principalmente nos casos dos derivados de petróleo (diesel e gasolina) e do carvão mineral, já no gás natural, o nível de poluentes é bem menor (BRASIL, 2009)

O petróleo é encontrado em bacias sedimentares resultantes do soterramento de antigos ambientes aquáticos. Pode ser encontrado nos estados sólidos, líquidos e gasosos. O homem a utiliza desde a sua descoberta, além de ser a principal fonte de energia do planeta, é importantíssimo e está presente em todo o nosso cotidiano. Com ele, as indústrias petroquímicas fabricam o plástico, a borracha sintética, os fertilizantes e os adubos usados na agricultura. Mas, essa grande dependência gera outras questões: o petróleo é uma fonte não renovável de energia. Algumas previsões indicam que ele se esgotará em no mínimo dois séculos (ANEEL, 2005, MME, 2007).

A participação do carvão mineral e gás natural aumentaram significativamente a partir das crises do petróleo em 1973, 1979 e 1991, que levaram os países a substituí-los por outras fontes de energia. Hoje a segunda fonte de energia mais consumida no mundo é o carvão mineral, e o gás natural à terceira no consumo mundial de energia. Por ser uma fonte de energia muito abundante, o carvão mineral é o substituto imediato do petróleo em situações de crise e aumento de preços. Mas, o carvão mineral acarreta prejuízos ambientais ao planeta, pois a estrutura molecular do carvão contém enorme quantidade de carbono e enxofre que, após a queima transfere para a atmosfera na forma de gás carbônico, que agrava o efeito estufa, e o dióxido de enxofre, o grande responsável pela ocorrência da chuva ácida. O carvão mineral, também é uma importante matéria-prima da indústria de produtos químicos orgânicos, que produz piche, asfalto, plásticos, entre outros (GOLDEMBERG, 1998; ANEEL, 2005).

Segundo autor citado anterior o gás natural, além de ser mais barato e facilmente transportável em condutores, apresenta uma queima quase limpa, que polui pouco a atmosfera se comparada a do carvão e a do petróleo. E sua queima libera uma boa quantidade de energia, que vem sendo utilizada, cada vez mais, nos transportes e na produção industrial.

2.1.1.1.2 – As usinas nucleares utilizam o urânio, que é um elemento químico que possui muita energia, quando o núcleo é desintegrado, uma enorme quantidade de energia é liberada gerando eletricidade. Embora não produza poluentes, a quantidade de lixo nuclear é um ponto negativo e os acidentes em usinas nucleares, embora raros, representam um grande perigo (CARDOSO, 2001).

Segundo o autor citado acima a maior vantagem ambiental da geração elétrica através de usinas nucleares é a não utilização de combustíveis fósseis, evitando o lançamento na atmosfera dos gases responsáveis pelo aumento do aquecimento global e outros produtos tóxicos. As usinas nucleares ocupam áreas relativamente pequenas, podem ser instaladas próximas aos centros consumidores e não dependem de fatores climáticos (chuva, vento, etc.) para o seu funcionamento. Além disso, o urânio utilizado nas usinas é um combustível de baixo custo, uma vez que as quantidades mundiais exploráveis são muito grandes e não oferecem risco de escassez a médio prazo (SIMON, 1981).

2.1.1.2 – As renováveis:

2.1.1.2.1 – A Energia hidráulica é a mais utilizada no Brasil em função das grandes quantidades de rios no país. A água possui um potencial energético e quando represada ele aumenta (BAJAY E LEITE 2004).

Embora a implantação de uma usina provoque impactos ambientais, na fase de construção da represa, esta é uma fonte considerada limpa (BEN, 2009).

Segundo autor citado anteriormente as primeiras usinas de energia hidroelétrica para a produção de eletricidade foram construídas na Inglaterra em 1880. Hoje, há fábricas de energia em rios, fábricas de armazenamento de energia, fábricas de bombeamento de energia, estações de energia da maré e estações de energia de onda. E apesar de serem diferentes, todas estas estações funcionam de maneiras parecidas: uma estação de energia normalmente consiste de uma represa ou barragem que armazena a água na frente da estação de energia ou em um reservatório localizado em um campo mais alto. Daqui a água entra no cano de fornecimento. Dependendo do tipo da turbina, a energia cinética ou potencial dirige a turbina que é conectada ao gerador. Isso finalmente transforma a energia mecânica em eletricidade. Se a água passou da turbina ela é canalizada de volta ao curso natural do rio ou do reservatório (ANEEL, 2005; MMA, 2005).

2.1.1.2.2 – Energia solar é aquela proveniente do Sol (energia térmica e luminosa), ainda pouco explorada no mundo, em função do custo elevado de fabricação e instalação dos painéis solares tornando inviável a sua implantação, é uma fonte limpa, ou seja, não gera poluição nem impactos ambientais (BEN, 2009).

Ainda o autor citado anteriormente afirma que a radiação solar é captada por painéis solares, formados por células solares, e transformada em energia elétrica ou mecânica, essa energia solar também é utilizada, principalmente em residências, para o aquecimento da água e é uma excelente fonte de energia em locais não atendidos por outras fontes de energia.

O seu principal problema é a dificuldade de armazenamento da energia solar, pois em dias de chuva, e a noite diminui a geração de energia. Os países que mais produzem energia solar são: Japão, Estados Unidos e Alemanha (AMS, 2007; CHAMBOULEYRON, 1989).

2.1.1.2. 3 – Energia eólica, gerada a partir do vento, é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Grandes hélices são instaladas em áreas abertas, sendo que, os movimentos delas geram energia elétrica. Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cata-ventos (e moinhos), para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica (BEN, 2009).

Assim como a energia hidráulica, a energia eólica é utilizada há milhares de anos com as mesmas finalidades, as primeiras tentativas de utilização surgiram no final do século XIX, mas somente um século depois, com a crise internacional do petróleo (década de 1970), é que vem despertando interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial (SILVA, 2005).

A primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca. Atualmente, existem mais de 30 mil turbinas eólicas em operação no mundo. É uma fonte limpa e inesgotável, porém, ainda pouco utilizada. Estima-se que em 2020 o mundo terá 12% da energia gerada pelo vento, com uma capacidade instalada de mais de 1.200GW (ANEEL, 2005).

No Brasil a utilização da energia eólica chega 143.000 megawatts, tendo como grandes potenciais promissores os estados do Ceará e Rio Grande do Norte, com destaque para as Usinas do Camelinho (1MW, em MG), de Mucuripe (1,2MW) e da Prainha (10MW) no Ceará, e a de Fernando de Noronha em Pernambuco (AMARANTE et al., 2001).

Na cidade de Caetitê, localizada no Sudoeste da Bahia, foi instalado o complexo eólico Parque Alto Sertão I, considerado um dos maiores da América Latina, que abrange também os municípios de Guanambi e Igaporã. Apresenta uma capacidade para gerar 294 megawatts, o suficiente para consumo de uma cidade de 540 mil residências, ou 2,16 milhões

de habitantes. Administrado pela empresa Renova Energia, o complexo recebeu investimento de R\$ 1,2 bilhão, o que possibilitou a instalação de 14 parques eólicos e gerou em média 1.300 empregos diretos e indiretos (EPE, 2004).

O autor acima saliente ainda o potencial baiano para a produção de energia renovável e diz que a grande capacidade do estado tem atraído investidores internacionais, como fabricantes de aerogeradores, torres, pás e outros equipamentos do setor, gerando ainda mais emprego e renda para os baianos, inclusive para proprietários de terras, que continuam com as suas atividades e têm uma renda a mais, com a instalação de torres de energia dos ventos em suas propriedades.

2.1.1.2.4 – Energia geotérmica, também conhecida como geotermal, é aquela gerada nas camadas profundas da crosta terrestre onde existe um alto nível de calor. Esse calor é transformado, na usina geotérmica, em eletricidade. Em algumas regiões, a temperatura pode superar 5.000°C (SANTOS E MOTHÉ, 2008).

As usinas podem utilizar este calor para acionar turbinas elétricas e gerar energia. A energia geotérmica é considerada uma fonte renovável e limpa, pois gera baixos índices de poluição no meio ambiente. Podem ser obtida através das rochas secas quentes, rochas úmidas quentes e vapor quente (SILVA, 2005).

2.1.1.2.5 – Energia gravitacional gerada a partir do movimento das águas oceânicas nas marés. É uma forma de energia associada à posição, em relação a um referencial. Em geral, admite-se que ela é nula num estado determinado, no qual o sistema está sujeito a forças de intensidade desprezível, ou a força de interação entre as diversas partículas é praticamente nula. Possui um custo elevado de implantação e, por isso, é pouco utilizada. Especialistas em energia afirmam que, no futuro, esta, será uma das principais fontes de energia do planeta (SILVA, 2005; TOLMASQUIM et al 2007).

2.1.1.2.6 – Energia de biomassa – é a energia gerada a partir da decomposição, em curto prazo, de materiais orgânicos (esterco, restos de alimentos, resíduos agrícolas e florestais). O gás metano produzido é usado para gerar energia (GUARDABASSI, 2006).

A biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal, vegetal e microorganismo) que pode ser utilizada na produção de energia e é considerada

estratégica para o futuro. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar (ORTIZ, 2002).

A energia solar é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos. Embora grande parte do planeta esteja desprovida de florestas, a quantidade de biomassa existente na terra é da ordem de dois trilhões de toneladas; o que significa cerca de 400 toneladas *per capita*. Em termos energéticos, isso corresponde a mais ou menos 3.000 EJ por ano, ou seja, oito vezes o consumo mundial de energia primária (da ordem de 400 EJ por ano) (RAMAGE; SCURLOCK, apud 1996 SAITER, 2008).

No Brasil, a biomassa apresenta grande potencial no setor de geração de energia elétrica, essa poderá ser uma das principais alternativas para a substituição do petróleo e seus derivados, graças à imensa superfície do território nacional, quase toda localizada em regiões tropicais e chuvosas. O país oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala, que poderá ser destinada ao atendimento das demandas residenciais urbanas, rurais, do setor industrial, em especial a siderurgia, ressaltando a dependência da população de baixa renda do país por essa fonte de energia (GRAUER E KAWANO, 2001; VICHI E MANSOR, 2009.).

3 - OFERTA DE ENERGIA NO BRASIL E NO MUNDO.

É possível observar que, no mundo como um todo, há forte predominância das fontes fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural), onde o petróleo é o combustível que mais se destaca (Figura 1).

Ao comparar a matriz energética mundial com a brasileira, destacam-se as diferenças em relação à participação de fontes renováveis ou de menor impacto ambiental, como a biomassa e a geração hidrelétrica respondem pela maior parte da energia elétrica gerada no país (Figura 1).

Portanto, comparando-se com o cenário mundial, a matriz energética brasileira é mais equilibrada e diversificada. É a que conta com maior participação das fontes renováveis ou alternativas (ANEEL, 2005; BARBALHO, 1987).

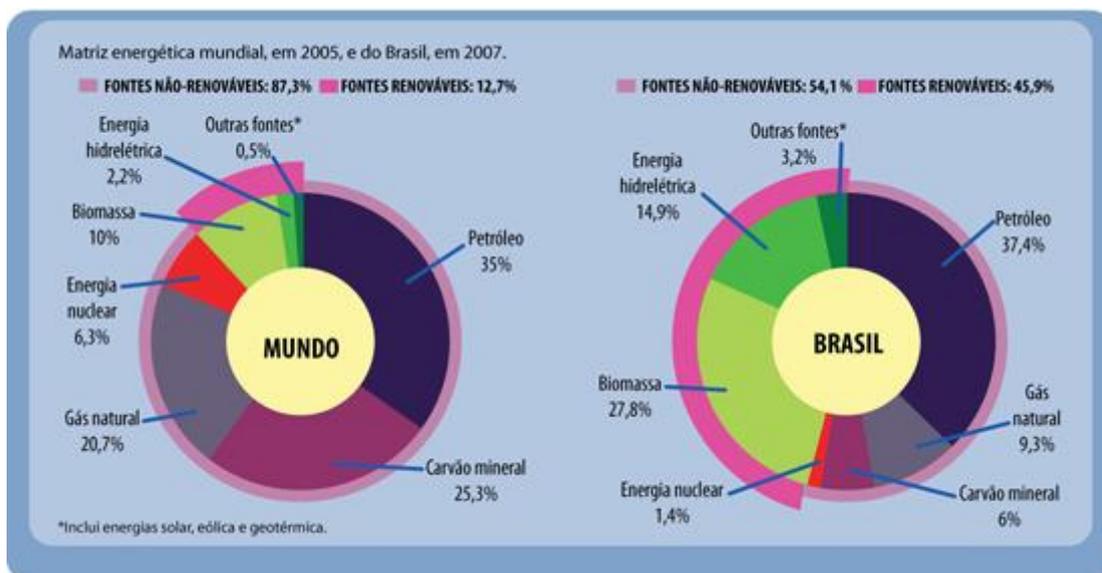


Figura 1. Matriz Energética Mundial, em 2005, e do Brasil, em 2007.

3.1 – CONSUMO DE ENERGIA

O setor energético está inserido diretamente na geopolítica e economia de um país. O consumo de energia pode refletir tanto o grau de industrialização quanto num grau de desenvolvimento e bem estar da sua população em termos médios. Qualquer aumento nos custos ou problemas na produção de energia afeta todas as atividades desenvolvidas no país. A produção industrial, os sistemas de transportes, de segurança, de saúde, de educação, lazer, comércio e agricultura dependem de energia, por isso a falta dela, afeta todo o país (LUCCI, 1997).

O consumo de energia nos países mais industrializados é aproximadamente 88 vezes superior ao consumo dos países menos desenvolvidos. (BEN, 2009).

Nesta projeção do consumo de energia mundial a figura 2 mostra uma preponderância do consumo das fontes de origem fóssil, mas também o crescimento do consumo de fontes ditas renováveis, tanto no período atual como nas expectativas para as próximas décadas. Constata-se ainda, que está ocorrendo um aumento consistente no consumo de energia de todas as fontes no mundo.

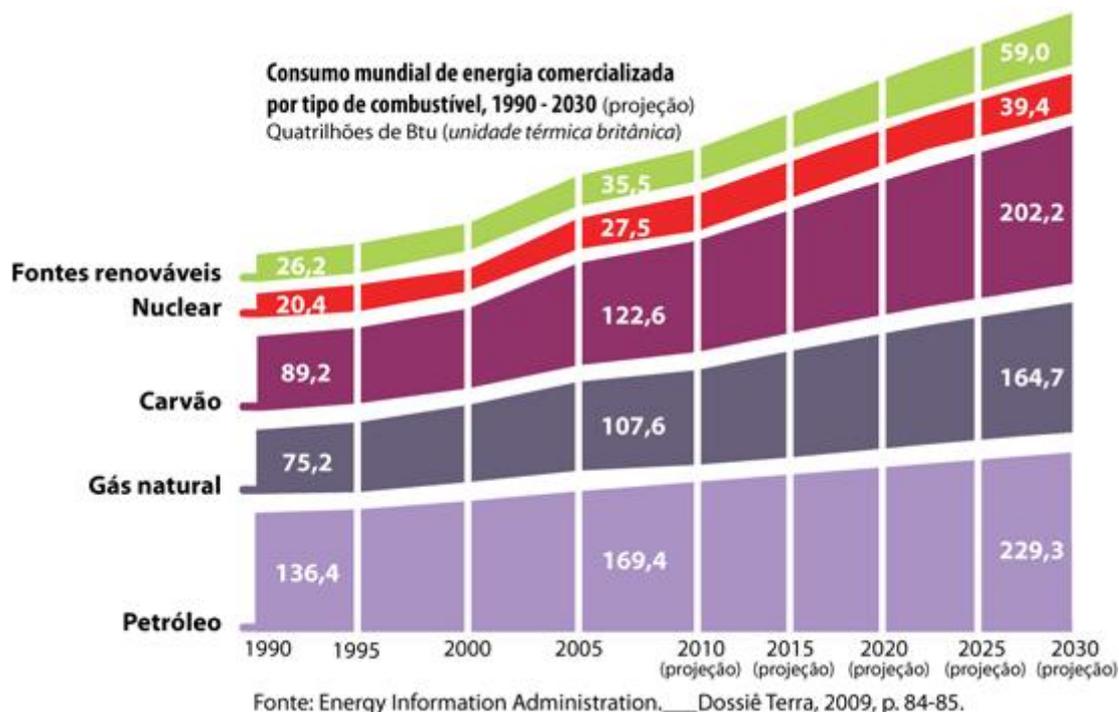


Figura 2. Consumo Mundial de Energia Comercializada por tipo de Combustível, 1990-2030.

O uso da energia, no século XX, moldou a lógica e o raciocínio do homem nas mais variadas línguas; mudou o sentido dos negócios e encaminhou a humanidade para a maior revolução até então vista: a globalização (FLORIANI, 2003).

No Brasil houve forte crescimento do papel da biomassa, mantendo-se também a importância da energia hidrelétrica. Ao mesmo tempo, cresceu também a demanda e o consumo de petróleo, anunciando um risco de "carbonificação" da matriz energética, o que pode ser intensificado com a descoberta de volumosas reservas no pré-sal, no subsolo oceânico do sudeste do país (GOLDENBERG, 2009; GUARDABASSI, 2006).

4 – SETOR FLORESTAL

4.1 – As Florestas Plantadas

Há mais de um século começaram as preocupações com a alta devastação das florestas nativas, e no Brasil, os plantios de florestas começaram nesta época, justamente com o intuito de aliviar as pressões sobre as nativas. Em 1903, o pioneiro Navarro de Andrade trouxe mudas de Eucalipto (*Eucalyptus* spp.) para plantios que produziriam madeira para dormentes das estradas de ferro. Em 1947 foi à vez do Pinus (*Pinus* spp.). Essas espécies se desenvolveram bem nas regiões onde foram

introduzidos, o Eucalipto nos cerrados paulistas e o Pinus no sul do Brasil. Como os recursos naturais da Mata Atlântica há muito vinham sendo dilapidados, o plantio dessas espécies tornou-se alternativa viável para suprir a demanda de madeira (COUTO, 1998)

A década de 70 foi marcada pela política de incentivos fiscais para o reflorestamento, que começaram ainda na década de 60. Com esses incentivos foi possível ampliar consideravelmente o estoque de madeira nesses plantios (BRACELPA, 2009 apud ABRAF, 2010).

Segundo Couto (1998) desde então, pesquisas vem sendo realizadas sobre a silvicultura dessas espécies, consolidando seu uso em plantios comerciais. O Brasil detém hoje as melhores tecnologias na silvicultura do eucalipto, atingindo cerca de 60m³/ha de produtividade, em rotações de sete anos. Existem plantios comerciais de outras espécies, como Acácia (*Acácia mearnsii*), Seringueira (*Hevea* spp.), Teca (*Tectona grandis*), Paricá (*Schizolobium amazonicum*), Araucária (*Araucária angustifolia*) e Álamo (*Populus* sp.) (Figura 3)

COMPOSIÇÃO DAS FLORESTAS PLANTADAS EM 2011				
ESPECIES	PRINCIPAIS USOS	ESTADOS	AREA (H)	%
Eucalipto (<i>Eucalyptus</i> spp*)	Madeira: Energia, carvão, cavaco p/ celulose, painéis de madeira, dormentes, postes, construção civil, óleos essenciais	MG, SP, BA, ES, MS, RS, PR, SC, PA e MA	4.873.952	69,5
<i>Pinus</i> spp	Madeira: energia, carvão, cavaco p/ celulose, painéis de madeira, forros, ripas, móveis. Resina: tintas, vernizes, solventes	PR, SC, RS, SP e MG	1.641.892	23,4
Acácia (<i>Acácia</i> <i>mearnsii</i> e <i>Acacia</i> <i>mangium</i>)	Madeira: energia, carvão, cavaco p/ celulose, painéis de madeira. Tanino: curtumes, adesivos, petrolífero, borrachas	RS e RR	146.813	2,1

Continua →

Seringueira (<i>Hevea brasiliensis</i>)	Madeira: energia, celulose. Seiva: borracha	AM	165.648	2,4
Paricá (<i>Schizolobiu m amazonicum</i>)	Lâmina e compensado, forros, palitos, papel, móveis, acabamentos e molduras	PA e MA	85.473	1,2
Teca (<i>Tectona grandis</i>)	Construção civil (portas, janelas, lambris, painéis, forros), assoalhos e decks, móveis, embarcações e lâminas decorativas	MT, AM, AC	67.693	1,0
<i>Araucária angustifólia</i>	Serrados, lâminas, forros, molduras, ripas, caixotaria, estrutura de móveis, fósforo, lápis e carretéis	PR e SC	22.179	0,3
<i>Populus</i> spp.	Fósforos, partes de móveis, portas, marcenaria interior, brinquedos, utensílios de cozinha	PR e SC	4.220	0,1
Outras			8.256	0,1
TOTAL			7.016.126	100
* spp = diversas espécies do gênero.				

Figura 3. Composição das Florestas Plantadas em 2011 - Fonte: ABRAF (2010).

Os plantios florestais apresentam-se em sua maior parte em sistema de monocultura. As pesquisas têm avançado na área de sistemas agroflorestais e

silvipastoris que têm demonstrado resultados positivos nos aspectos econômicos, ambientais e sociais (VALVERDE, 2007).

Funções importantes das florestas plantadas:

- Diminuição da pressão sobre florestas nativas;
- Reaproveitamento de terras degradadas pela agricultura;
- Sequestro de carbono;
- Proteção do solo e da água;
- Ciclos de rotação mais curtos em relação aos países com clima temperado;
- Maior homogeneidade dos produtos, facilitando a adequação de máquinas na indústria (ABRAF, 2010).

Atualmente, o Brasil possui cerca de 6,7 milhões de hectares de florestas plantadas, principalmente com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que representam cerca de 0,8% do território nacional. As florestas plantadas são responsáveis por abastecer quase a metade do mercado brasileiro de madeira. No setor de papel e celulose, a madeira utilizada como matéria-prima tem origem exclusivamente de florestas plantadas (ABRAF, 2010).

A demanda de madeira vem aumentando nos últimos anos e tende a continuar crescendo. Devido à falta de incentivos financeiros nos últimos anos, atualmente fala-se do apagão florestal, que seria a falta de madeira em quantidade suficiente para atender a demanda do mercado em determinado período de tempo. Uma alternativa que vem sendo adotada por empresas florestais é o Fomento Florestal, no qual as florestas são formadas em terras de terceiros, que são responsáveis por cuidar do povoamento e colher a madeira. Desta forma, reduz-se a necessidade de aquisição de terras por parte da empresa. Além do fomento privado, existem também fomento público e os programas de financiamento como PROPFLORA, PRONAF Florestal e outros (COUTO, 1998)

Recentemente houve um acentuado incremento na produção do setor decorrente do aumento das demandas interna e, especialmente, da externa. O volume de produção, em alguns segmentos, aproximou-se perigosamente do limite de sua capacidade. Em resposta às crescentes demandas por produtos, em especial do setor siderúrgico e de celulose, as empresas iniciaram um novo ciclo de investimentos.

De outro lado, já é sentida a falta de madeira oriunda dos plantios florestais para atender a demanda atual e futura dos segmentos consumidores deste insumo estratégico. É

crescente a pressão sobre as florestas nativas. Esta situação é decorrente da ausência, por longos anos, de políticas públicas definidas para o setor e não apenas por questões ambientais e tecnológicas, em que muitos acreditam. A combinação favorável do clima, solo, disponibilidade de terras apropriadas, aliada ao melhoramento genético das espécies plantadas, principalmente eucalipto, resultou em aumentos consideráveis de rendimento e produção. Isto, no entanto, não foi suficiente para reverter a perspectiva de falta de madeira, popularmente chamada de “apagão florestal” (GARLIPP E FOELKEL, 2009).

Este cenário de escassez de matéria-prima tem levado algumas empresas a adiarem os investimentos previstos. Havia uma previsão inicial de ampliação do parque fabril de aço e celulose, com investimento da ordem de US\$ 15 bilhões para os próximos sete anos, que está sendo adiado. A principal causa é a falta de madeira e seus derivados. Algumas indústrias, com a necessidade de cumprir contratos e manter mercados estão efetuando pesquisas para aquisição de madeira no exterior (AMS, 2005).

A insuficiência de carvão vegetal oriundo de plantios florestais tem sido suprida temporariamente pelo aproveitamento de resíduos lenhosos resultante da expansão da fronteira agrícola. Este carvão vegetal está cada vez mais distante dos centros de consumo, o que poderá, em futuro breve, inviabilizar o seu transporte.

A silvicultura brasileira detém tecnologia de ponta na atividade. Segundo estimativas o setor florestal mantinha, em 2004, 5,4 milhões de hectares de plantações florestais de rápido crescimento, dos quais 60% de eucalipto. Em Minas Gerais, primeiro colocado do país, o eucalipto utilizava uma área 1,52 milhões de hectares (46,3%), seguido por São Paulo (18,2%) e Bahia (11,8%) (AMS, 2005).

Atualmente o consumo da madeira do eucalipto concentra-se na siderurgia a carvão vegetal e na produção de celulose, segmentos que consomem entre 65 e 75% do total. O restante é utilizado, de forma crescente, por outros segmentos como lenha, madeira serrada, painéis, construções rurais, postes de eletrificação, estacas de cerca e outros.

Diante desse quadro crítico, onde a escassez de madeira é crescente, são necessárias ações urgentes na busca de soluções para o grave problema do “apagão florestal” (AMS, 2005).

As florestas nativas ainda são abatidas demasiadamente, principalmente para a produção da lenha e carvão vegetal, pois estes produtos ainda são considerados madeiras energéticas de extrema importância para vários países, inclusive o Brasil, tanto para uso doméstico (fogões, lareiras, etc.), como secagem de grãos e suprimento de siderúrgicas.

5 - MADEIRA ENERGÉTICA

5.1 – CARVÃO VEGETAL

Ao passar por uma ação de calor em temperaturas relativamente elevadas (a partir de 300° C), ela sofre um processo de transformação no qual todos os seus componentes são extensivamente modificados até se transformarem, esse processo se chama carbonização, onde existe presença controlada de ar, ocorre sempre à queima de uma parte da lenha que está sendo carbonizada, pois o calor gerado por esta queima será responsável pela transformação da lenha em carvão vegetal (CEMBIO, 2008).

A lenha é composta, basicamente, de carbono, oxigênio e hidrogênio. Estes três elementos se combinarão de três maneiras diferentes, formando três compostos de estrutura relativamente complexa, que são: celulose, hemicelulose e lignina. Durante o aquecimento estes compostos são degradados, deixando um resíduo rico em carbono, chamado de carvão. O composto que mais contribui para a formação do carvão vegetal é a lignina, pois os outros praticamente se degradam totalmente na temperatura de carbonização, ao contrário da lignina (SALIBA, 2001).

O uso do carvão vegetal no Brasil em 2000, foi na maior parte na produção de ferro gusa, cerca de 86% e o restante em residências e indústrias de pequeno porte. Do total de 21,2 Mtep (milhões de toneladas equivalentes de petróleo) (~69.5 Mt) de lenha usada para energia no país, 7,8Mtep foram destinadas à produção de carvão vegetal. As políticas para a redução de importação de coque e carvão mineral fizeram a produção de carvão vegetal crescer muito nos anos 80, atingindo o pico em 1989 (40% da produção de ferro gusa) (CEMBIO, 2008).

No decorrer da década veio um processo de isenção que facilitou a importação do coque, com a severa política ambiental de restrição ao uso de florestas nativas para a confecção do carvão vegetal, a indústria de gusa só pode utilizar em 1998, 25% de carvão vegetal (BEN, 2008).

Segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura (2006), o Brasil é um dos maiores produtores de carvão vegetal, respondendo por cerca de 1/3 da produção mundial. O setor industrial caracteriza-se como o principal consumidor de carvão vegetal, sendo responsável pelo consumo de 89% das 10,5 milhões de toneladas carvão vegetal produzidos no ano de 2007

As tendências nos últimos anos indicam que a produção do carvão vegetal de florestas nativas, caiu de 80% para os limites impostos pela lei. Com o avanço da tecnologia ouve uma

evolução dos tradicionais fornos “rabo quente” para fornalhas retangulares e o processo ficou muito mais eficiente e os custos de transporte reduziu consideravelmente com o uso de florestas plantadas (GOLDENBERG, 2009).

O interesse na siderurgia a carvão vegetal renovou-se com as perspectivas do uso do MDL (Mecanismo Desenvolvimento Livre) para premiar a produção de “aço verde”. Buscam-se tecnologias mais limpas e eficientes, incluindo a utilização de sub - produtos (do alcatrão e dos gases efluentes). Estima-se que a produção de gusa hoje (27 milhões t) necessitaria de 17,5 milhões t de carvão vegetal, com uma área plantada de 3,3 milhões de ha. (BEN, 2008).

5.2 – LENHA

A lenha é provavelmente o energético mais antigo usado pelo homem e continua tendo grande importância na Matriz Energética Brasileira, participando com cerca de 10% da produção de energia primária (PAULA, 2006).

As florestas nativas sempre foram consideradas fonte de lenha que parecia inesgotável, devido à ampliação das fronteiras agrícolas. Sem nenhuma forma de fiscalização a exploração de forma devastadora deixou o país em situação crítica. Em várias regiões onde existiam abundantes coberturas florestais sobram degradação do solo, alteração no regime de chuva e, conseqüentemente, a desertificação do solo. A cada ano que se passa vem crescendo a substituição da lenha de mata nativa por lenha de reflorestamento, e o Eucalipto é a principal árvore cultivada para este fim. A lenha pode ser de origem nativa ou de reflorestamento. Seus principais constituintes são a celulose (41-49%) a hemicelulose (15-27%) e a lignina (18-24%), e seu poder calorífico inferior médio é de 4.200 kcal/kg (17,57 MJ/kg) (JUNIOR et al, 2006).

Segundo Paula (2006), no Brasil a lenha ocupa a terceira posição em fonte de energia utilizada, sendo extraída das poucas reservas que restam no país. Dois bilhões de pessoas dependem da lenha como fonte de energia, Cerca de 40% da lenha produzida no Brasil é transformada em carvão vegetal. O setor residencial é o que mais consome lenha (29%), depois do carvoejamento. Geralmente ela é destinada a cocção dos alimentos nas regiões rurais. Uma família de oito pessoas necessita de aproximadamente 2 m³ de lenha por mês para preparar suas refeições. O setor industrial vem em seguida com cerca de 23% do consumo. As principais indústrias consumidoras de lenha no país são alimentos e bebidas, cerâmicas, papel e celulose.

O consumo mundial é de 1,1 bilhão de metros cúbicos. A lenha é aproveitada de duas maneiras diferentes: Combustão é o processo mais antigo para produção de calor doméstico e industrial, sendo que 94% do seu valor calórico é perdido no uso doméstico, o uso ineficiente representa um encargo de 30% no balanço energético do país (JUNIOR et al, 2006).

O consumo de carvão no Estado de Minas está na ordem de 25 milhões de m³, sendo 40% extraídos do cerrado, e de acordo com a legislação Estadual o suprimento dos altos fornos estão limitados desde 1996 a 30%, 1997 a 20%, 1998 a 10% do carvão consumido pelas usinas deverão ser extraídos de áreas replantadas ou remanejadas (MORA; GARCIA, 2000).

Com a determinação da lei, apenas 6 milhões de m³, estão sendo extraídas ou 25%, o restante oriundos de estados vizinhos. De 1987 a 1992, foram devastados 2,8 milhões de há, dos quais 60% de cobertura nativa. Minas produzem 80% do carvão e consome 84% da produção Nacional (JUNIOR et al, 2006).

A produção de madeira, em forma de lenha, carvão vegetal ou toras, também gera uma grande quantidade de resíduos, que podem igualmente ser aproveitadas na geração de energia elétrica. Estados brasileiros com maior potencial de aproveitamento de resíduos da madeira, oriunda de silvicultura, para a geração de energia elétrica é Paraná e São Paulo (PAULA, 2006).

6 – A PROBLEMÁTICA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NO SETOR FLORESTAL

O desmatamento em nível global continua sendo uma das principais preocupações de nossa época. De 2000 a 2006 foram desmatados 13 milhões de hectares por ano no mundo. As plantações florestais e a expansão das florestas naturais têm contribuído para reduzir a perda anual para 7,3 milhões de hectares em período equivalente, uma taxa ainda inaceitável (ABIMCI, 2005).

Segundo autor citado acima a Terra tem 3,95 bilhões de hectares de florestas e a produção mundial de madeira é de 3,5 bilhões de m³/ano, dos quais 47% são para fins industriais. Parcela significativa e crescente dessa produção é atendida por florestas plantadas. Entender e aperfeiçoar as funções dessas florestas em todas as suas dimensões é fundamental para que se atendam as demandas futuras de modo sustentável.

Em 2030, o consumo de madeira em toras para as indústrias deverá ser de 2,44 bilhões de m³, um aumento de 45% em relação aos 1,68 bilhão m³ de 2005 Essa estimativa já

considera o crescente uso de resíduos e de reciclados na produção de painéis e de papéis (ABIMCI, 2005).

A quantidade de biomassa demandada para energia também deverá crescer quase 50% até 2030, parte da qual será suprida por madeira, resíduo industrial e de culturas agrícolas. A quantidade de madeira em toras demandada para energia será da mesma ordem de grandeza da madeira industrial. As florestas plantadas serão imprescindíveis para atender a maior parcela das necessidades futuras de madeira. Estima-se que em 2030 produzirão cerca de 1.9 bilhão m³ (de 1,70 a 2,14 bilhões de m³), representando de 75 a 80 % da demanda por madeira industrial. Até lá, a área de florestas plantadas atingirá 345 milhões de ha, a maior parte de plantações na América do Sul e na Ásia, embora esta última região possa vir a experimentar situação de déficit. (FAO, 2009 apud AMS, 2007).

6.1 – RESÍDUOS

Segundo Quirino (2003), os resíduos são as sobras de um processo de produção ou exploração, de transformação ou de utilização. É toda substância, material, ou produto destinado ao abandono.

Os resíduos originados do processamento da madeira em indústrias madeireiras ou moveleiras, palletes em desuso, móveis velhos, artigos de madeira em geral, estacas, moirões, galhos de árvores podadas, resíduos de culturas agrícolas, como palha de arroz, bagaço de cana-de-açúcar etc, são resíduos ligno-celulósicos. Os resíduos ligno-celulósicos geralmente apresentam formas e granulometria bastante heterogênea, baixa densidade e elevado teor de umidade (QUIRINO, 2004).

Todas as indústrias que trabalham com produtos florestais geram toneladas de resíduos no processo produtivo, principalmente as que fazem a transformação de produtos primários, estas empresas geram uma quantidade grande de resíduos que muitas vezes não tem nenhum tipo de utilização nas indústrias, onde foram gerados e não tem uma destinação adequada causando assim graves problemas ambientais como: assoreamentos, poluição dos rios, poluição do ar devido à queima dentre outras (QUIRINO, 2003)

Teixeira (2005) constatou que os resíduos industriais de madeira são oriundos do processamento mecânico das toras. Durante o processo de descascamento, desdobro primário,

desengrosso, aplainamento e usinagem há geração de vários tipos de sobras sólidas peculiares a cada etapa citada.

A exploração florestal é uma grande fonte de resíduos ligno-celulósicos. Até mesmo no lixo urbano é encontrada uma porcentagem significativa destes resíduos provenientes de utensílios e embalagens de madeira (QUIRINO, 2004). E a madeira é um componente essencial no atendimento da demanda energética, com a maior parte do consumo situada nos setores de produção de carvão vegetal, domiciliar, industrial e agropecuário.

Segundo Silva (2002) parte da energia gerada através da madeira poderá ser proveniente de resíduos da exploração florestal, ou seja, copa de árvores, lenha fina, material proveniente de desbrota e resíduos das indústrias: casca, madeira não descascada, quebra de toletes, serragem dos picadores (NASCIMENTO E BIAGGIONI, 2010).

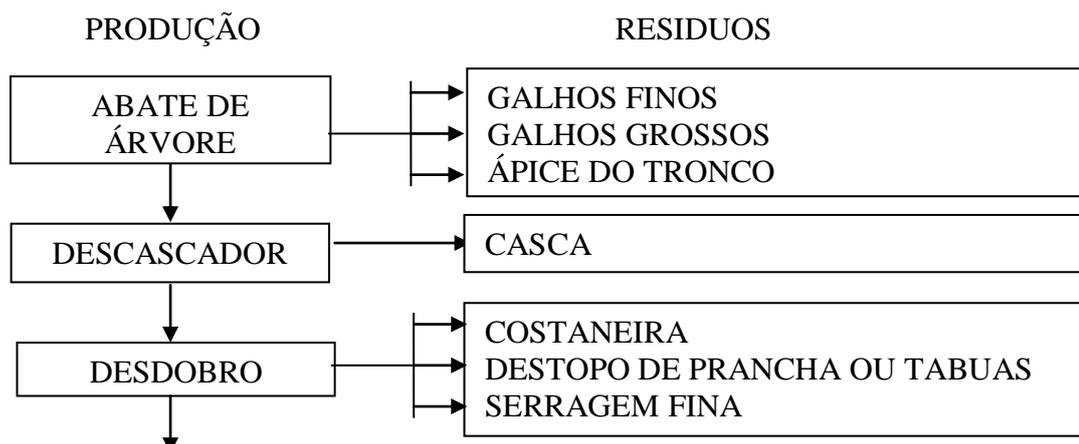
Esses resíduos podem ser transformados em partículas e constituir-se em painéis à base de madeira, sendo também utilizado energeticamente na produção de calor, de vapor ou de eletricidade em termoelétricas. Outro aproveitamento deste material é sob a forma de combustível sólido, como o carvão vegetal. (QUIRINO, 2003)

Os resíduos das serrarias podem ser queimados em caldeiras, gerando energia. A maior parte destes resíduos são depositados em áreas periféricas das serrarias e quando queimados contribuem com aumento da poluição do ar provocando danos ao meio ambiente e às populações existentes próximas a essas indústrias (SILVA, 2002).

De modo geral, os resíduos gerados em uma cadeia produtiva de madeira serrada constituem-se de 7% de casca, 10% de serragem e 28% de pedaços, isto sem considerar as perdas na extração da madeira (REMADE, 2005).

6.1.1 – Cadeia Produtiva e a Geração de Resíduos:

Paula, (2006) apud Gonçalves e Ruffino (1989) correlacionaram cada etapa da cadeia produtiva à geração de diferentes tipos de resíduos, como pode ser observado na figura 4.



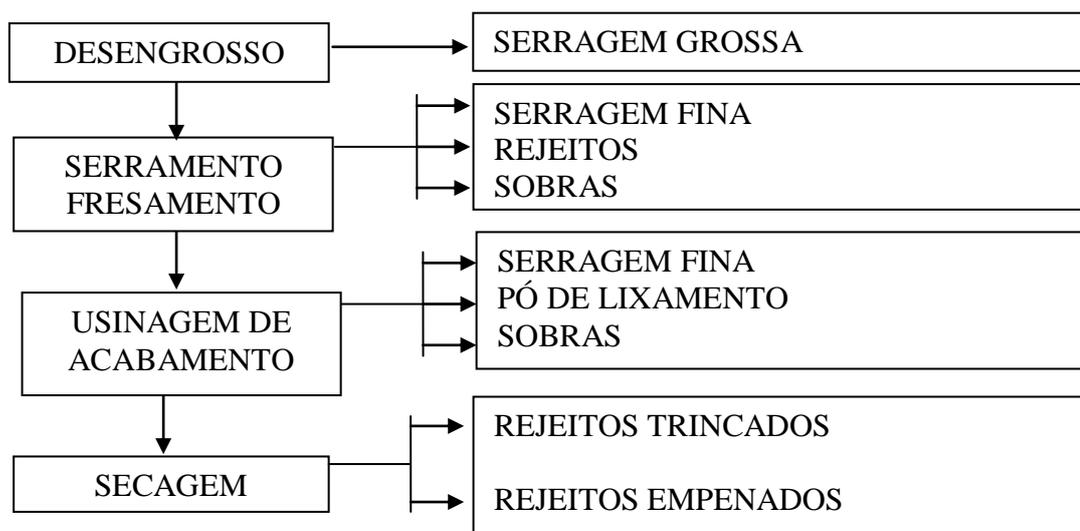


Figura 4 – Resíduos gerados na produção industrial

Todo processo de transformação da madeira, da colheita à manufatura, gera resíduos, em maior ou menor quantidade. Conforme Vieira (2006) as atividades de desdobro, laminação das toras e beneficiamento da madeira serrada nas indústrias acumulam perdas significativas. Em pesquisa realizada por Lima et al. (2004) apud Vieira (2006, p.18), com madeira de clones de eucalipto, foram encontrados na confecção de moveis 83% da madeira sob a forma de resíduos, maravalhas, serragem e recorte (aparas). O melhor e o pior aproveitamento da madeira dependem de fatores como: processamento inadequado do material ou a inexistência de uma pré-seleção da matéria-prima. Na maioria dos casos, os resíduos de base florestal são desprezados ou destinados à queima para produção de energia, e também, algumas vezes, são utilizados como compostagem.

6.1.1.2– Tipos de Resíduos

Descrição dos tipos de resíduos que são gerados ao longo da cadeia produtiva florestal segundo TEIXEIRA (2005).

6.1.1.1.1 - Galhos e Ápices são sobras do processo para deixar apenas a árvore livre de partes finas e perpendiculares à parte principal do tronco.

6.1.1.1.2- As cascas são as sobras do processo de descasque, quando se retira toda a parte da proteção natural do tronco (casca).

6.1.1.1.3 - Costaneiras são sobras no formato de meia-lua contendo uma parte de madeira e casca não removida, proveniente da redução da tora em peças de seção retangular ou quadrada.

6.1.1.1.4 - Destôpo é proveniente do corte das pontas estragadas ou inúteis dos troncos, tábuas ou pranchas.

6.1.1.1.5 – A serragem é proveniente da ação mecânica de serras e máquinas de desbaste da madeira. Para cada tipo de máquina ou de serra há um resíduo peculiar, são resíduos de madeiras divididos em partículas menores e podem ser classificadas como grossas (lascas flocos maravalhas e cavacos) e finas. Formada por pó de serra de diferentes tamanhos de partículas, e podem-se classificar tais sobras como: finas ou grossas, conforme mostradas abaixo:

6.1.1.1.5.1.- Serragem Grossa: Formada de lascas, flocos, maravalha e cavacos. Mantêm uma boa quantidade das fibras do tronco.

6.1.1.1.5.2- Serragem Fina: Formada por pó de serra de diferentes tamanhos de partícula. Apresenta-se parecida como a farinha de mandioca.

6.1.1.1.6 - Pó de Lixamento é proveniente do processo de lixamento, na fase de acabamento, de uma peça. Apresenta-se como um pó muito fino cuja partícula varia de acordo com o número de aspereza da lixa.

6.1.1.1.7 – As sobras são as peças processadas e acabadas, apresentando boa qualidade técnica e comercial, mas que não foram usadas nos produtos finais.

6.1.1.1.8 – Os rejeitos são as peças que, ao sofrer o processamento, ficaram abaixo dos padrões técnicos ou comerciais geralmente por estarem quebrados, empenados, rachados ou trincados.

6.1.1.1.9 - O cavaco é constituído por pequenos pedaços de madeira originário da picagem ou destroçamento, seu comprimento variável entre 5 e 50mm, obtidos por estilhaçamento na direção da fibra, nos picadores a tambor contendo ainda partículas mais longas e uma razoável percentagem de finos. A qualidade do cavaco depende da matéria-prima e da tecnologia utilizada na sua produção. É comum encontrar três tipos diferentes de cavacos de madeira:

6.1.1.1.9.1- Cavacos de resíduos da floresta, como ramos, copas de árvores ou árvores inteiras, com valor comercial reduzido. Contém uma percentagem de umidade na ordem dos 50%, o seu tamanho varia desde partículas de pó até cavaco e contêm casca e folhas. Este combustível é

adequado para as caldeiras que se encontram nas grandes centrais de produção de calor ou de produção de energia elétrica, como Centrais Termoelétricas a Resíduos Florestais.

6.1.1.1.9.2- Cavacos produzidos nas serrarias, com uma percentagem de umidade da ordem dos 40-50%, que é usada, por exemplo, na indústria de pasta e papel ou no fabrico de aglomerados e outros painéis. Esta estilha tem melhores propriedades de combustão, mas é ainda muito úmida para as caldeiras pequenas, a não ser que seja seca antes de destruída.

7 – PROCESSOS DE DENSIFICAÇÃO DE BIOMASSA E RESÍDUOS DE MADEIRAS INDUSTRIALIZADAS

Densificação é o processo de transformar os resíduos inconvenientes que a biomassa florestal produz em produtos com maior rendimento energético, gerando um combustível uniforme; limpo; com maior densidade; umidade uniforme; poder calorífico elevado; queima uniforme e maior rendimento na eficiência de queima e liberação de calor. (MIGLIORINI, 1980).

Este processo consiste na aplicação de pressão a uma massa de partículas com ou sem a adição de ligantes ou tratamento térmico. Este procedimento permite a obtenção de produtos como os briquetes e os pellets de madeira. Produtos estes que possuem como principais vantagens a possibilidade de utilização de resíduos agros florestais e da indústria moveleira, como maravalhas, costaneiras, aparas, pó de serra e etc., e resíduos sólidos urbanos. A utilização desses materiais tem como principal objetivo aumentar a densidade energética, gerando assim mais energia em um menor volume facilitando o armazenamento e transporte desses materiais (MIGLIORINI, 1980).

O briquete tem densidade energética cerca de sete vezes maior que a da madeira e conseqüentemente maior poder calorífico, o que representa uma maior geração de energia por massa do produto. (GONÇALVES, 1999)

Um dos parâmetros importante que afeta o balanço energético da densificação é o teor de umidade (MIGLIORINI, 1980). Dessa maneira é recomendado um teor de umidade de no máximo 20% para a queima, visto que os valores superiores reduzem o valor do calor de

combustão, a temperatura da câmara de queima e a temperatura dos gases de escape (FARINHAQUE, 1981).

7.1 – PAINÉIS

O volume de resíduos gerados pelas indústrias de base florestal no Brasil é bastante significativo, principalmente nas fases operacionais de tratamento que vai desde a exploração até o produto final. Segundo Brito (1996) estas indústrias de madeira serrada, lâminas e compensados geram resíduos na ordem de 19.255.000 m³. Ano-1 esse valor representa 50,7% do volume original de toras. Uma boa parte destes resíduos proveniente de processamento mecânico da madeira é aproveitada para a geração de energia. Mas, esta forma de utilização agrega a este produto um valor muito baixo, apesar dos benefícios sociais que ele proporciona, não é suficiente para obter o lucro significativo para a sua utilização, sendo necessárias outras alternativas de utilização. Uma destas alternativas poderia ser o uso de resíduos na forma de costaneiras, refilo e aparas na produção de painéis de madeira aglomerada (LIMA et al, 2004).

Em 1966, em Curitiba, foi instalada a primeira indústria de aglomerados no Brasil e conta atualmente com mais de dez unidades fabris, distribuídas nas regiões Sul e Sudeste do País. Quase toda a madeira utilizada na produção de painéis de madeira aglomerada é proveniente de reflorestamentos de pinus, madeira esta serrada e beneficiada, para lâminas painéis compensados e, mais recentemente, para produção de painéis de fibras de média densidade (MDF). (BRITO, 1996).

O autor citado acima declara que as chapas de madeira aglomerada são fabricadas com partículas de madeira ou outros materiais, aglutinados por meio de uma resina e, em seguida, prensados. Durante o processo de produção, são adicionados diversos produtos químicos para evitar o mofo, a umidade, o ataque de insetos e aumentar a resistência ao fogo. Em seguida é revestido superficialmente, de lâminas naturais ou sintéticas, através de colagem, para utilização na indústria moveleira, o que eleva o valor agregado.

A madeira aglomerada é utilizada em vários seguimentos, dentre as quais se destacam a fabricação de móveis, tampos de mesas, laterais de portas e de armários, divisórias de escritórios; produtos manufaturados para o comércio, como janelas, portas, armários, pisos, cercas; pallets, laterais de estantes e, de forma secundária, a indústria de construção civil (LIMA et al, 2004).

Os principais países produtores de madeira aglomerada no mundo estão: Alemanha, com 17% da produção, EUA, com 14%, França e China, com 6%, o Brasil, com 2% e o resto do mundo com os restantes 55%.

Com o crescente aumento da procura da madeira de *pinus* para a fabricação de outros produtos, e o aumento do seu valor comercial devido a grande demanda, surge a necessidade de buscar outras espécies que possam atender de forma satisfatória as indústrias, espécies essas de reflorestamento, tais como as inúmeras espécies de eucaliptos disponíveis em grandes áreas de plantios comerciais e experimentais (LIMA et al, 2004).

7.2 – PELETIZAÇÃO

Peletização é o processo de transformação de farelos em grânulos através de um processo físico-químico adicionando-se vapor ao farelo submetendo-a aos fatores: temperatura, umidade e pressão por um tempo determinado. (MIGLIORINI, 1980)

7.2.1 – PELLETS

Pellet é um tipo de lenha geralmente produzidos a partir de serragem ou serradura de madeira que depois de refinada e seca é comprimida para obter a forma granulométrica. A qualidade do pellet depende muito do material escolhido. Para fazer um pellet de madeira 100% natural tem que ser uma serradura seca e sem nenhum tipo de produtos químicos, cola e nem qualquer outro aditivo (MIGLIORINI, 1980)

Os pellets de madeira são granulados cilíndricos com 6 a 8 milímetros (mm) de diâmetro, e com 10 a 40 mm de comprimento, são extremamente densos e devem ser fabricado com um baixo índice de umidade (abaixo de 1%), o que lhes permite serem consumidos (isto é, queimados) com uma elevada eficiência calorífica. É necessário fazer uma montagem precisa do pellet, para obter um rendimento ótimo, utiliza - se diferentes tipos de madeira com elevado poder calórico. Além disso, a geometria regular e o pequeno tamanho dos pellets de madeira possibilitam uma alimentação contínua e extremamente calibrada das caldeiras que realizam a combustão dos pellets (EMBAR, 2009)

A alta densidade dos pellets de madeira também permite um armazenamento compacto e um transporte mais econômico a longas distâncias. A energia calorífica contida nos pellets de madeira é de aproximadamente 4,8 MWh por tonelada. Outras vantagens da utilização dos pellets de madeira como combustíveis, em relação a outros tipos de combustíveis mais conhecidos, são:

- Eles são combustíveis sólidos mais limpos por isso menos poluentes;
- Devido ao tratamento de produção, a umidade é extremamente reduzida, o que permite uma combustão muito mais eficiente;
- Não é necessário o corte da árvore para a produção de pellets, pois a matéria prima necessária são serrações e os desperdícios gerados pela própria floresta;
- O preço dos pellets é muito mais barato que os outros resíduos da biomassa usada na geração de energia;
- Como consequência, os pellets de madeira reduzem a nossa dependência energética em relação ao gás e ao petróleo;
- Os pellets de madeira são uma forma sustentável de energia;
- Uma tonelada de pellets de madeira produz sensivelmente a mesma energia que uma tonelada e meia de madeira; assim sendo, os pellets de madeira ocupam muito menos espaço de armazenamento, etc. (EMBAR, 2009)

7.3 – BRIQUETAGEM

O processo de briquetagem teve origem na Europa, ainda no início do século passado. Atualmente, praticamente todos os tipos de resíduos orgânicos (biomassa) podem ser reutilizados para a produção de energia, com tecnologia mais sofisticada. Este processo de produção de briquetes consiste na densificação das pequenas partículas de materiais sólidos com o uso de prensas, pressão, com ou sem aquecimento. As pequenas partículas são prensadas, geralmente com ligante adequado, para formar sólidos que possuem maior valor comercial (FAAIJ et al., 2005).

No caso da madeira não é necessária à adição de ligantes, pois elas contêm a lignina que ao entrar em contato com altas temperaturas passa por um processo chamado transição vítrea, que cria uma camada que protege o briquete de umidade.

A madeira apresenta uma molécula ligno-celulósica que tem a finalidade de conferir rigidez e impermeabilidade e resistência contra ataques biológicos aos tecidos vegetais, chamada lignina, que durante o aquecimento da madeira, torna-a maleável como um polímero termoplástico e após a secagem do briquete, ela se torna novamente rígida e com aspecto vitrificado (SALIBA ET AL., 2001; FIGUEROA E MORAES, 2009).

7.3.1 – BRIQUETES

O briquete é um biocombustível sólido, oriundo de um processo de fabricação, feitos a partir da compactação de resíduos ligno-celulósicos, sob pressão e temperatura elevadas. Para satisfazer as condições de fabricação do briquete, o resíduo precisa estar de acordo com percentual de umidade aceitável, e tamanho das partículas (granulométrica). “A briquetagem é uma forma bastante eficiente para concentrar a energia disponível da biomassa” (FURTADO et al, 2010).

Outra vantagem de se usar o briquete é a maior geração de energia por unidade de massa do material, uma quantidade de briquetes pode ter cinco vezes mais energia que a mesma quantidade de madeira in natura (QUIRINO E BRITO, 1991).

Muitos tipos de resíduos da biomassa podem ser utilizados para a fabricação de briquetes, e vai depender das características de cada tipo para saber em que eles influenciam diretamente nas características físico-químicas do produto final, como por exemplo, coloração e densidade energética etc. Outra vantagem dos briquetes são as propriedades uniformes, formas e dimensões apropriadas, facilitando o armazenamento e fornecimento regular. Além de minimizar problemas ambientais quando são utilizados para o fabrico de resíduos agroindustriais como finos de carvão e o bagaço de cana (COUTO et al., 2004).

Um dos problemas enfrentados pelos produtores de carvão vegetal é os finos (pequenas partículas de materiais sólidos) que devido sua fragilidade geram no processo de produção e transporte, eles equivalem de 20 a 25% do total de carvão in natura produzido, e que podem ser briquetados. Dessa maneira, a produção de briquetes também ajuda a reduzir os problemas ambientais que podem ser gerados no descarte ou armazenamento dos finos do carvão (FAAIJ et al., 2005).

7.3.2 – Exemplos Práticos de Produção de Briquetes

7.3.2.1 Briquete Composto

No Estado do Pará, 63% das comunidades rurais não são abastecidas pelas linhas de transmissão de energia elétrica, o que as impede de beneficiarem seus produtos, prejudicando de maneira decisiva o seu desenvolvimento econômico. Algumas dessas comunidades usam geradores que funcionam a partir da queima de combustíveis fósseis, o que agride o meio ambiente.

Foi pensando nisso que Rodrigues et al. (2002) realizou um levantamento dos resíduos que poderiam ser utilizados na fabricação de briquetes, analisando os três resíduos vegetais de maior abundância no estado do Pará, desenvolveu um composto com: caroço de açaí, casca de cacau e serragem. Com esses dados na mão pesquisou o poder calorífico que estes resíduos poderiam liberar e após concluir que sim, misturou estes resíduos em proporções de 45% de caroço do açaí, 50% serragem de e 5% de casca de cacau apresentou um poder calorífico superior de 3.801 Kcal/Kg. Os resultados são próximos ao poder calorífico de briquetes fabricados com resíduos de maior valor energético como os de eucalipto (4.486 Kcal/Kg). A produção do “briquete composto” é um meio de utilizar resíduos disponíveis no estado com excelente resposta energética. Com isso evitando também a dependência econômica de um único tipo de matéria-prima para produção de briquete e aponta ainda para a possibilidade de geração de renda e energia para comunidades rurais da região (RODRIGUES et al., 2002).

7.3.2.2- Briquete Casca de Coco

A produção de resíduos sólidos ganham contornos ainda mais acentuados quando se pensa nas cidades litorâneas que vivem do turismo e que apresentam um aumento no consumo da água de coco *in natura*, visto que este aumento vem gerando cerca de 6,7 milhões de toneladas de casca/ano, transformando – se em um sério problema ambiental, principalmente para as grandes cidades. Senhoras (2003 apud BITENCURT E PEDROTTI, 2008) asseguram que cerca de 70% do lixo gerado no litoral dos grandes centros urbanos do Brasil é composto por cascas de coco verde, material de difícil degradação e que, além de foco e proliferação de doenças, vem diminuindo a vida útil de aterros sanitários. Já existem muitos empreendimentos voltados para a utilização ou reciclagem da casca do coco que geram produtos como vasos de paredes, placas, tutores, substratos adubo orgânico e agora briquetes.

Esta área de estudo foi à cidade de Aracaju nos locais de disposição dos mesmos. A avaliação do potencial de aproveitamento do resíduo do coco verde para geração de energia, incluindo a forma de armazenamento e coleta além do mercado consumidor do material produzido foi desenvolvida com base na análise dos dados existentes e informações levantadas na área de estudo.

O aproveitamento da casca de coco verde para fabricar produtos artesanais e na geração de energia através da produção de briquetes constitui um uso sustentável de biomassa e surge como uma oportunidade de aumentar a vida útil dos aterros, devido a não disposição

deste resíduo, já que 2,4 m²/dia são a área ocupada pelas cascas de coco que poderia abastecer a usina na alta estação. Outros benefícios desse processo é a redução da emissão de metano para a atmosfera, melhorar a saúde pública devido a menor proliferação de vetores que transmitem doenças ao homem, acabar com o impacto visual causado pelo armazenamento e coleta inadequados, agregar valor a um resíduo, reduzir os gastos com a limpeza pública, gerar emprego e renda para uma classe social menos favorecida e profissional com mão de obra qualificada que estejam desempregados, diminuir o impacto causado pela supressão de vegetação nativa para o uso de lenha e conscientizar/orientar a população do quanto é importante reduzir e aproveitar os resíduos. (BITENCURT E PEDROTTI, 2008; SILVEIRA,2008).

7.3.2.3 - Brique de Carvão de Açai

A produção de energia na Amazônia é precária, principalmente devido às distâncias entre as localidades e pelo baixo mercado consumidor tornando inviável economicamente a sua eletrificação. A eletricidade é de grande importância para toda a sociedade, desempenhando um papel fundamental e vital no desenvolvimento econômico do país, bem como para o aumento da qualidade de vida em quase todos os aspectos e também para serviços como: iluminação de hospitais, escolas e residências, abastecimento de água potável, conservação a frio de mercadorias perecíveis e medicamentos, etc (REIS, et al, 2002).

A termoelétrica a óleo diesel é hoje uma das principais geradoras de energia nas pequenas localidades, mas também provoca grande poluição ambiental e gera custos altos pela importação e transporte deste óleo para a região. Por isso existe a necessidade de levar a estas comunidades isoladas meios de eletrificar de uma forma limpa, induzindo a necessidade de investimentos em estudos de alternativas energéticas. A geração de energia a partir de recursos renováveis é uma proposta viável, e sustentável em termos econômicos e ambientais e o brique energético possui características satisfatórias à região, principalmente pela maior resistência ao transporte já que o Estado tem uma grande deficiência quanto à integração entre municípios pela precariedade de suas estradas (REIS,et al, 2002).

A safra do açaí é dividida em dois períodos: a safra de inverno, onde a quantidade encontrada no mercado é baixa e a qualidade do fruto não é muito boa, e a safra do verão, onde a oferta é grande e a qualidade energética é muito boa, O caroço constitui 83% do fruto é

rico em celulose, hemicelulose e um pericarpo fibroso, rico em sílica e um endocarpo pouco lenhoso (ROGER, 2000 APUD REIS ET AL, 2002).

Análise química mostrou a composição do caroço do açaí que são muito importantes para o processo de briquetagem, pois indicam fatores importantes como, por exemplo, teor de umidade, concentração de lignina e celulose.

Devido ao grande consumo do açaí na região, muitas pesquisas têm sido feitas sobre o “vinho”, mas quase nenhuma relacionada com aos resíduos, pois o que se vê, principalmente na região, são caroços jogados pelas ruas e nos lixões, sem nenhum tratamento.

Foi com estas informações que técnicos chegaram à conclusão que o uso destes caroços no processo de briquetagem, além, de fornecer produto para a produção de energia, ainda melhorava o aspecto visual da cidade e desafogava os lixões (REIS ET AL, 2002).

8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados levantados apontam para a viabilidade da utilização de resíduos da biomassa florestal para a produção de energia. Demonstra ser uma proposta sustentável que pode reduzir a poluição no meio ambiente, além de gerar lucro para as indústrias e serrarias, não só eliminando as áreas de estocagem de resíduos, aliada a isto, o combustível já densificado pode se tornar um rendimento a mais para a empresa, através da venda do seu excedente.

A utilização de energias renováveis vem ganhando cada vez mais destaque no cenário mundial e necessário uma regulamentação desse processo, uma legislação que regule o encaminhamento adequado destes resíduos produzidos pelas indústrias. Por isso, o poder público precisa permanecer atuante, ampliando sua ação nos segmentos de resultados positivos e buscando soluções para os problemas identificados, através de políticas públicas efetivas e participativas.

A densificação é uma boa alternativa tecnológica e econômica para a produção de briquetes e pellets utilizando resíduos diversos com excelente resposta energética e com a vantagem de não precisar derrubar a árvore para iniciar o processo de produção, já que existe haverá resíduos sólidos dos processos de beneficiamento da madeira.

As questões elencadas demonstram também a instabilidade energética que o planeta Terra está passando, apontando um consumo cada vez maior dos recursos naturais. As sobras dos resíduos florestais ou industriais precisam passar por algum tipo de reciclagem urgente e é preferível densificá-los que utilizá-los no estado natural. Essa medida facilita o transporte,

uniformiza o material, favorece a estocagem pelo aumento da densidade e poder calorífico e reduz substancialmente a ação poluidora.

As pessoas precisam ser sensibilizadas para deixarem de descartar os resíduos nos aterros e terrenos baldios, essa atitude pode gerar benefícios para todos, trazendo a tona questões relevantes no mundo atual, como reciclagem e redução do ônus ambiental, representando assim ganho ambiental, social e econômico.

Este trabalho apontou ainda uma lacuna importante que foi a ausência de pesquisas nacionais, sobre problemas que não são pontuais como é a geração de resíduos das indústrias moveleiras, excesso de cascas de coco, excesso de caroço de açaí, entre outros. Desse modo, deve-se levar em conta que este trabalho de pesquisa representa apenas um início de um longo caminho, visto que, ainda há muito que pesquisar sobre resíduos florestais como geradores de fontes de energia. Governo, universidades e empresários devem investir no desenvolvimento de pesquisas na área, para garantir sustentabilidade em diversas partes do país.

Finalmente, vale enfatizar que a questão ambiental continua urgente e de responsabilidade de toda sociedade na elaboração de um saber capaz de agir e se organizar com responsabilidade social, econômica e ecológica.

9 – REFERÊNCIAS:

ABRAF, Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010 / ABRAF. – Brasília: 2011. 130p. : il. color ; 21cm. Agroenergia. 2ª ed. rev. Brasília, DF, 2010.

AMARANTE, O.A.C. do; BROWER, M; J. ZACK, A.L. S. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2001.

AMS, Associação Mineira de Silvicultura. Fatos e Números do Brasil Florestal. AMS – Belo Horizonte, BH, 2007. Disponível em www.ipef.br/estatisticas/relatorios/SBS-2005.pdf, acesso em 23 de ago de 2012.

AMS, Associação Mineira de Silvicultura. Perspectivas e Tendências do Abastecimento de madeira para a Indústria de Base Florestais no Brasil. AMS – Belo Horizonte, BH, 2005. Disponível em www.silviminas.com.br/Publicacao/Arquivos/publicacao_131.pdf, acesso em 23 de ago de 2012.

ANEEL, Agência Nacional de Energia. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Brasília, DF, 2ª Ed.; 2005. Disponível em www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/01. Acesso em 17 de ago de 2012.

ABIMCI. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Estudo Setorial 2004 – Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. Curitiba: ABIMCI, 2005.

BAJAY S., LEITE A. Planejamento integrado de recursos no Brasil no âmbito de bacias hidrográficas. In: Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, 2004. Anais 3. p. 1403-1411.

BARBALHO, A. R. Energia e Desenvolvimento no Brasil. Memória da Eletricidade – Eletrobras, Rio de Janeiro, 1987.

BARBOSA, L.M. Considerações Gerais e Modelos de Recuperação de Formações Ciliares. In RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (org) Conservação e Recuperação Matas Ciliares. 2 ed. São Paulo: Fapesp, 2001, p, 289 – 312.

BEN. Balanço Energético Nacional 2008: Ano base 2007 / Empresa de Pesquisa Energética. – Brasília-DF, 2008.

BEN. Balanço Energético Nacional 2009: Ano base 2008 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2009. p. 274.

BERTOLINO, M. L. A Questão Ambiental: Florestas e Biodiversidade. Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 245-252.

BITENCURT, D. V.; PEDROTTI, A. BRIQUETES DE FIBRA DE CASCA DO COCO VERDE: UMA ANÁLISE DE SUAS POTENCIALIDADES. Congresso brasileiro de produtos orgânicos, Aracaju - SE, 2008.

BORGES, A.S.; GINIGLIO, G.; BRITO, IO. Considerações energéticas e econômicas sobre resíduos de madeira processada em serraria. Io Congresso Florestal Panamericano e 7º Congresso Florestal Brasileiro. 19 a 24 de setembro 1993. Vol 3, Curitiba, 1993. p. 603- 606.

BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B.; SILVA, D. A.; KLOCK, U. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serrarias através do balanço de materiais. Revista Floresta 32 (2), 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diretrizes de Política de Agroenergia. 2ª ed. rev. Brasília, DF, 2005.34p

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário estatístico da agroenergia / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 160 ISBN 978-85-99851-60-9. 1.

BRITO, E. O. Estimativa da produção de resíduos na indústria brasileira de serraria e laminação de madeira. Revista da Madeira, Caxias do Sul, v.26, p.34-39, 1996.

BURNS, E. M. História da Civilização Ocidental. Do homem das cavernas até a Bomba atômica. Tradução: MACHADO, L.G.; MACHADO, L.S.; VALLANDRO, L. São Paulo: Editora Globo, 1968.

CAMPANHOLA, C. A pesquisa Florestal Brasileira. (2006). Ambiente Brasil. Artigos florestais. Disponível em: <[HTTP:// www. ambientebrasil.com.br/composer.php?base=/florestal/index.html&conteúdo=/florestal/artigos/pesq_florest.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php?base=/florestal/index.html&conteúdo=/florestal/artigos/pesq_florest.html)>acesso em: 10 de jun de 2012.

CARDOSO, E. M. Apostila Educativa Energia Nuclear. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, RJ, 2001. Disponível em: www.cnen.gov.br. Acesso em 22 ago de 2012.

CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa. Carvão Vegetal: Aspectos Técnicos, Sociais, Ambientais e Econômicos, Nota Técnica X, São Paulo – SP, 2008. Disponível em http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/notatecnica_x.pdf. Acesso em 05 de ago de 2012.

CHAMBOULEYRON, I. Eletricidade Solar. IN Ciência Hoje, São Paulo, SBPC, vol. 9, n. 54, jun. 1989, p. 32-39.

COUTO, L.C., COUTO, L., WATZLAWICK, L. F., CÂMARA, D. Vias de valorização energética da biomassa. BIOMASSA & ENERGIA/ Rede Nacional de Biomassa para Energia – Vol. 1, n. 1 (2004). Viçosa: RENABIO: UFV; p.71-92, 2004.

COUTO, L.; DANIEL, O.; GARCIA, R. BOWERS, W. DUBÉ, F. Sistemas agroflorestais com eucaliptos no Brasil: uma visão geral. Viçosa: SIF, 1998. 49p. (Documento SIF, 17).

DRUMMOND, J. A. A Extração Sustentável de Produtos Florestais na Amazônia Brasileira., em Estudos - Sociedade e Agricultura, 1996. p. 116-137.

EMBAR. Pellets de madeira: Fonte de energia renovável. 2009. Disponível em:<www.embar.pt/conteudos/.../094%20Pellets%20de%20madeira.pdf >. Acesso em 15 de jul de 2012.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética, Anuário Estatístico de Energia Elétrica, edição 2012 art 2º da Lei 10.847 de 15 de março de 2004. Disponível em www.epe.gov.br, acesso em 14/08/2012.

Faaij, A.; Walter, A.; Bauen, A.; Bezzon, G.; Rocha, J. D.; Moreira, J. R.; Craig, K. R.; Overend, R. P.; Bain, R. L.; Novas tecnologias para os vetores modernos de energia de biomassa. Campinas: Editora da UNICAMP, Campinas, 2005, p.339-411.

FARINHAQUE, R. Influência da umidade no poder calorífico da madeira de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) e os aspectos gerais de combustão. Curitiba, FUPEF, 1981. 13p.

FIGUEIROA, M. J. M.; MORAES, P. D. de. Comportamento da Madeira a Temperaturas Elevadas Ambiente Contruido, v.9, n. 4, p. 157-174, out./dez. 2009. Disponível em <[HTTP://www.seer.ufrgs.br/](http://www.seer.ufrgs.br/) em agosto de 2012.

FLORIANI, D. Conhecimento, meio ambiente e globalização. Curitiba: Juruá, 2003.

FURTADO, T. S.; VALIN, M.; BRAND, M. A.; BELOTE, A. F. J. Variáveis do Processo de Briquetagem e Qualidade de Briquetes de Biomassa Florestal; Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 30, n. 62, p. 101 a 106, mai./jun. 2010.

GARLIPP, R; FOELKEL, C. O Papel das Florestas Plantadas para Atendimento das Demandas Futuras da Sociedade. XII Congresso Mundial / FAO / Buenos Aires, Argentina 18 a 23 de Outubro de 2009.

GOLDEMBERG, J. *Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento*. São Paulo: Edusp, 1998. p. 235.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e Energia. Química Nova. São Paulo. 2009.

GONÇALVES, C.A. Celulose e carvão vegetal de mimosa *Caesalpiniaefolia* benthana (SABIÁ). *Floresta e Ambiente*, v. 6, n. 1, jan./dez. 1999.

GONÇALVES, M. T. T.; RUFFINO, R. T. Aproveitamento do Resíduo Gerado na Indústria Madeireira. III EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Anais... USP – EESC. São Carlos, SP. 1989. p 129 à 140.

GRAUER, A; KAWANO, M. Uso de Biomassa para Produção de Energia. 2001. Disponível em <www.ambientebrasil.com.br>. Acesso em 20 de ago de 2012.

GUARDABASSI, P. M. Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia – Perspectivas para países em desenvolvimento. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo – USP. São Paulo. 2006.

JÚNIOR, P. C. A.; FILHO, D. O.; COSTA D. R. Viabilidade econômica de Produção de Lenha de Eucalipto para Secagem de Produtos Agrícolas. *Eng. Agrícola.*, Jaboticabal, v.26, n.1, p.28-35, jan./abr. 2006.

LIMA, J. T.; VIEIRA, R. S.; SILVA, J. R. M.; PEDRESCH, R. Uso de madeira de *Eucalyptus* selecionado para confecção de móveis de alta qualidade. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 6., 2004, Cuiabá. Anais... Cuiabá, 2004.

LUCCI, E. A. Geografia Econômica: Geografia do Desenvolvimento Econômico Mundial e do Brasil. São Paulo, Saraiva, 1977. p 221.

MMA - MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. Estudo do potencial de geração de energia renovável proveniente dos “aterros sanitários” nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil. Piracicaba, 2005.

MIGLIORINI, A. J. DESINFECÇÃO DE BIOMASSA FLORESTAL, Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.1, n.2, p.C.1–C.9, Jul.1980. Disponível <http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr02/cap03.pdf> acesso em 22 de ago de 2012.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME. Balanço Energético Nacional. Brasília – Brasil, 2007.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. A cultura do eucalipto no Brasil. São Paulo – SP. 2000. 112 p.

NASCIMENTO, D.; BIAGGIONI, M. A. M. Avaliação energética do uso de lenha e cavaco de madeira para produção de energia em agroindústria seropédica. Revista Energia na Agricultura Botucatu, Botucatu, v. 25, n. 3, p.104-117, 2010.

OLIVEIRA, L. Mercado de Carbono e Fontes de Financiamento em Florestamento e Reflorestamento. Apresentação oral no 48º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Campo Grande, 25 a 28 de julho de 2009. Disponível em: argus.iica.ac.cr. acesso em: 10 de jun de 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). Dados sobre a terra. In: FAOSTAT, 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/corp/statistics/es/>. Acesso em: 9 de jul de 2012.

ORTIZ, L. S. Fontes alternativas de energia e eficiência energética – Opção para uma política energética sustentável no Brasil. Seminário Internacional. Brasília, 2002.

PAULA, J.C.M. de. Aproveitamento de Resíduos de Madeira para Confeção de Briquetes. Seropédica. Rio de Janeiro, 2006. Monografia

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal . Brasília, DF: IBAMA, Laboratório de Produtos Florestais, 1991, p. 16.

QUIRINO, W. F. Briquetagem de Resíduos Ligno-celulósicos. Laboratório de Produtos Florestais – LPF/IBAMA. Brasília, 2004. 10p.

QUIRINO, W. F. Utilização Energética de Resíduos Vegetais. Laboratório de Produtos Florestais - LPF/IBAMA. Brasília, 2003. 14p.

REIS, B.O.; SILVA, I.T.; SILVA, I.M.O.; ROCHA, B.P.R. Produção de briquetes energéticos a partir de caroços de açaí. Belém: Universidade Federal do Pará, 2002.

REMADE - Revista da Madeira. Bioenergia. Energia Limpa e Abundante. Curitiba, Lettech Editora e Gráfica Ltda, 2005.

RODRIGUES, L. D.; SILVA, I. T.; ROCHA, B. R. P., SILVA, I. M. O. Uso de briquetes compostos para produção de energia no Estado do Pará. In: IX Encontro de Energia no Meio Rural, Campinas-SP, outubro de 2002. Anais AGRENER, 2002.

SACHS, I. A revolução energética do século XXI. In: Dossiê Energia. Estudos Avançados, v. 21, n. 59, p. 1-383, São Paulo, 2007.

SAITER, O. Utilização de resíduos agrícolas e florestais como fonte de energia para a secagem de grãos de Coffea canephora var. Conilon, Seropedica, Rio de Janeiro, 2008

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; MORAIS, S. A. L e PILO-VELOSO, D. Ligninas: métodos de obtenção e caracterização química. Cienc. Rural [online]. 2001, vol.31, n.5, pp. 917-928. ISSN 0103-8478. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782001000500031>.

SANTOS, M. G. R. S.; MOTHÉ, C. G. Fontes alternativas de energia. Revista Analytica. Rio de Janeiro. 2008.

SBS. SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Relatório: fatos e números do Brasil Florestal. Publicado em novembro de 2006. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>>. Acesso em: 20 de jul de 2012.

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

SILVA, E. P. da. Fontes renováveis de energia para o desenvolvimento sustentável. São Paulo – SP, 2005. Disponível em www.ambiente.sp.gov.br. Acesso em 12 de ago de 2012.

SILVEIRA, M. S. Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquetes em Salvador- BA. Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2008. p 163.

SIMON, David. (org.). Energia Nuclear em Questão. Rio de Janeiro: Instituto Euvaldo Lodi, 1981.

TEIXEIRA, M. G. Aplicação de conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira. 2005. 159f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma retrospectiva. Novos Estudos – Cebrap [on-line], n. 79, p. 47-67, São Paulo, novembro, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000300003&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>.

VALVERDE, S. R. Plantações de eucalipto no Brasil. Revista da Madeira, ano 18, n.107, p. 130, 2007.

VICHI, F. M.; MANSOR, M.T.C. Energia, Meio Ambiente e Economia: O Brasil no contexto mundial. Revista Química Nova, São Paulo. 2009.

VIEIRA, R. Pequenos Objetos de Madeira de Eucalipto: possibilidade de aproveitamento de resíduo. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Lavras: UFLA, 2006.