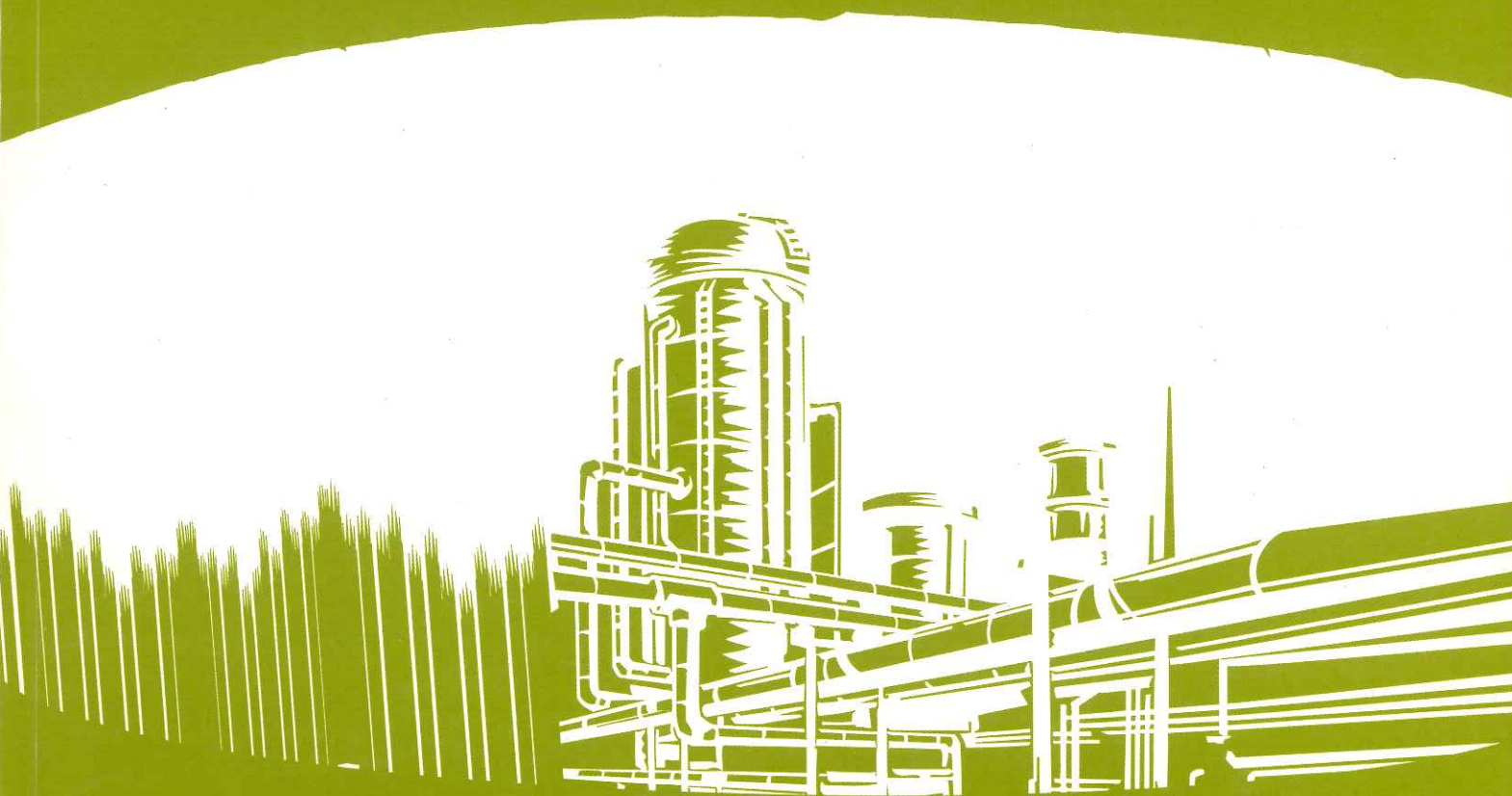


Projeto BRA/00/029

Capacitação do Setor Elétrico Brasileiro em
Relação à Mudança Global do Clima

PANORAMA DO POTENCIAL DE BIOMASSA NO BRASIL



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

Panorama do Potencial de Biomassa no Brasil

**PROJETO BRA/00/029 – CAPACITAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO EM RELAÇÃO À
MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA**

Profª. Drª. Suani Teixeira Coelho
M.Sc. Orlando Cristiano da Silva
Marcelo Consíglío
Marcelo Pisetta
Maria Beatriz C. de A. Monteiro.

Dezembro, 2002



Agência Nacional de Energia Elétrica



Ministério da Ciência e Tecnologia



Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento



Centro Nacional de Referência em Biomassa.



Universidade de São Paulo

APRESENTAÇÃO

A geração de energia elétrica no Brasil provém essencialmente de duas fontes energéticas, o potencial hidráulico e o petróleo, com grande predominância da primeira. Apesar da importância dessas fontes, o Brasil dispõe de várias alternativas para geração de energia elétrica, dentre as quais aquelas derivadas da biomassa. Em relação à biomassa, particularmente, há uma grande variedade de recursos energéticos, desde culturas nativas até resíduos de diversos tipos. No entanto, a pouca informação a respeito do potencial energético desses resíduos limita o seu efetivo aproveitamento.

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL desenvolve atividades em colaboração com o Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD e a Agência Brasileira de Cooperação – ABC, visando estimular e promover atividades de pesquisa ligadas ao setor de energia elétrica e implementar ações voltadas para o desenvolvimento da base energética nacional, conjugadas à preservação do meio ambiente e ao uso racional dos recursos naturais.

A presente publicação sintetiza os estudos desenvolvidos pelo Centro Nacional de Referência de Biomassa da Universidade de São Paulo – CENBIO/USP, com o apoio dos dados publicados pelas seguintes entidades: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Associação Brasileira de Florestas Renováveis – ABRACAVE, União da Agroindústria Canavieira de São Paulo – UNICA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA e Prefeituras Municipais.

No intuito de consolidar as informações existentes, o presente trabalho apresenta um panorama do potencial de biomassa no Brasil para a geração de energia elétrica, com a representação dos resultados em forma de mapas temáticos.

A ANEEL e as demais instituições envolvidas esperam que este trabalho possa contribuir com dados e informações que sirvam de base e estímulo a novas pesquisas sobre o tema, de forma a ampliar, com racionalidade, o uso energético de biomassa no país.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS E INFORMAÇÕES HIDROLÓGICAS
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

ÍNDICE

1-METODOLOGIA

2-REGIÃO NORTE

Aspectos característicos sobre a vegetação

1.2-Disponibilidade de Recursos de Biomassa e Potencial Energético

1.2.1 - Cana-de-açúcar

1.2.3 - Óleos Vegetais

1.2.4 - Resíduos Agrícolas

1.2.5 - Resíduos Florestais

3-REGIÃO NORDESTE

2.1-Aspectos característicos sobre a vegetação

1.2-Disponibilidade de Recursos de Biomassa e Potencial Energético

1.2.1 - Cana-de-açúcar

1.2.3 - Óleos Vegetais

1.2.4 - Resíduos Agrícolas

1.2.5 - Resíduos Florestais

4-REGIÃO CENTRO-OESTE

2.1-Aspectos característicos

1.2-Disponibilidade de Recursos de Biomassa e Potencial Energético

1.2.1 - Cana-de-açúcar

1.2.3 - Óleos Vegetais

1.2.4 - Resíduos Agrícolas

1.2.5 - Resíduos Florestais

5-REGIÃO SUDESTE

2.1-Aspectos característicos sobre a vegetação

1.2-Disponibilidade de Recursos de Biomassa e Potencial Energético

1.2.1 - Cana-de-açúcar

1.2.3 - Óleos Vegetais

1.2.4 - Resíduos Agrícolas

1.2.5 - Resíduos Florestais

6-REGIÃO SUL

2.1-Aspectos característicos sobre a vegetação

1.2-Disponibilidade de Recursos de Biomassa e Potencial Energético

1.2.1 - Cana-de-açúcar

1.2.3 - Óleos Vegetais

1.2.4 - Resíduos Agrícolas

1.2.5 - Resíduos Florestais

7 – BIBLIOGRAFIA

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE MAPAS

ANEXO I

ANEXO II

1 - METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido sob a coordenação do CENBIO, com envolvimento de estudantes de Geografia da Universidade de São Paulo (USP).

A pesquisa ficou baseada exclusivamente em dados publicados por entidades como o IBGE, ABRACAVE, UNICA, EMBRAPA e Prefeituras Municipais. Estes serviram para a elaboração e análise de séries históricas sobre a disponibilidade de biomassa nas diferentes regiões brasileiras. Contudo, para a elaboração de mapas temáticos, apenas os dados do IBGE se mostraram uniformes e com a atualização necessária, com exceção da cana-de-açúcar, para a qual foram usados dados do Ministério da Agricultura.

Os resíduos urbanos, assim como a disponibilidade de lenha e carvão, inicialmente contemplados, foram descartados: os resíduos urbanos em virtude da escassez e irregularidade dos dados adquiridos; e a disponibilidade de carvão e lenha em função dos mesmos já possuírem, no contexto atual um fim como fonte de energia térmica.

Para o caso da cana-de-açúcar foram adotados dois cenários. No Primeiro, considerou-se a geração de energia a partir do ciclo a vapor com caldeiras de 21 kgf/cm² e turbinas de múltiplo estágio também de 21 kgf/cm², com potencial de 10 kWh/tc (quilowatt hora por tonelada de cana). No segundo cenário foram consideradas caldeira e turbina de 60 kgf/cm², cujo potencial é de 120 kWh/tc.

Os cálculos da conversão energética dos resíduos agrícolas e da silvicultura foram baseados também na tecnologia do ciclo a vapor, considerando os respectivos poderes caloríficos. Para a silvicultura foram considerados apenas os resíduos deixados no campo, na medida em que se desconhece o fim da madeira destinada ao beneficiamento. E, para caso dos resíduos agrícolas, considerou-se apenas os de beneficiamento de arroz, castanha de caju e coco baía.

O potencial de geração de energia a partir de óleos vegetais foi estimado com base em dados experimentais de projetos em vigor na região amazônica, que mostram um consumo de 250 kg/MWh.

Nos Anexo 2 e 3 apresentamos os detalhes da metodologia dos cálculos.

Na ausência de dados para todo o território nacional optou-se por elaborar mapas temáticos, agrupando as informações relativas a quantidade de recursos ou do potencial energético por microrregiões e por Unidades da Federação segundo a classificação IBGE.

Para elaboração dos mapas temáticos utilizou-se a base cartográfica georreferenciada (Malha Municipal Digital do Brasil(CD-ROM situação 1997, Rio de Janeiro: IBGE, 1999) associada ao *software Arcview GIS 3.1*.

2 - REGIÃO NORTE

2.1 - Aspectos característicos sobre a vegetação

O regime de cheias do rio Amazonas e de seus tributários, de certa forma, cria condições que determinam a existência de diferentes tipos de mata dentro da mesma região. A floresta amazônica se estende por todos os estados da região norte, além dos estados do Maranhão e Mato Grosso e, ainda, nos territórios da Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela, Suriname, da Guiana e da Guiana Francesa.

A vegetação da floresta amazônica é um mosaico devido o regime dos rios, compreendendo as matas de terra firme (nunca inundadas), as matas de igapó (sempre inundadas) e as matas de várzea, que é alagada nas cheias quando os rios ocupam as várzeas interligando inúmeras lagoas. Nas áreas litorâneas encontramos os mangues além de manchas de cerrado no interior devido às condições do solo em alguns pontos. No Estado do Tocantins verifica-se a predominância da vegetação de cerrado.

Floresta amazônica

A floresta amazônica compreende as matas de terra firme, de várzea e de igapó. São florestas compactas, perenifólias e higrófilas. Em todas as matas é comum e abundante a presença de cipós e lianas. As matas de igapós são as mais ricas em biodiversidade. As matas de terra firme são as que apresentam o maior desenvolvimento em altura. Nos igapós e várzeas é comum a presença das palmeiras de diversas espécies e gêneros, sendo que nas de terra firme estas já não são tão numerosas. A floresta amazônica se estende pelos Estados do Amazonas, Acre, Pará, Amapá, Rondônia, Roraima e norte dos Estados do Mato Grosso e Tocantins.

A floresta amazônica e o clima encontram-se intimamente ligados em um estado de equilíbrio. Trata-se de um complexo onde interagem o clima, o relevo, a hidrografia, os solos e a vegetação em uma relação de dependência onde a modificação de um destes elementos certamente transformará os outros. Sabe-se que a vegetação é responsável por cerca de 50% da água na Amazônia através do processo de evapotranspiração.

O solo da região amazônica é, predominantemente, arenoso. A floresta que sobre ele se desenvolve produz o seu próprio sustento, ou seja, a mata retira seus nutrientes necessários do material que se acumula no chão da serapilheira. Assim, o desmatamento eliminação da floresta acaba com a fertilidade do solo e provoca o aquecimento deste, causando a eliminação do húmus e da flora de fungos e outros microorganismos que são indispensáveis à fertilização. Além disso, provoca o fenômeno da laterização que é a impermeabilização do solo por sais de ferro que vem das profundezas por evaporação direta devido o aquecimento. Isto dificulta a infiltração da água que passa a escorrer aumentando a erosão e assoreando a calha dos rios.

Matas de terra firme

As matas de terra firme, que ocupam 90% da área total da bacia amazônica, são aquelas que nunca são inundadas, já que ocupam terras mais altas, com altitude média de 200m. O principal fator que a diferencia dos outros tipos de matas da Amazônia é a formação do dossel (união das copas) a cerca de 60-65m, que é a altura das árvores mais

altas. O dossel retém cerca de 95% dos raios solares tornando o interior da mata escuro e úmido. Entre as plantas mais típicas estão a castanha-do-pará, a sapucaia, o caucho, a massaranduba, o acapu, o cedro, a sumaúma, as palmeiras e as figueiras.

Matas de várzea

As matas de várzea ocupam cerca de 55mil km² da região amazônica. A floração acontece conforme o regime de cheias dos rios que pode atingir até 100km de largura. Estas matas servem como uma transição entre as de terra firme e as de igapó, assemelhando-se a última nas áreas mais baixas e com as matas de terra firme nas partes mais altas. As árvores mais significativas são o cumaru-de-cheiro, a seringueira, a sumaúma e o pau-mulato.

Matas de igapó

As matas de igapó possuem o solo e a água ácidos. Diferentemente das outras matas da região, as maiores árvores atingem apenas 20 metros de altura, possuindo ramificação baixa e densa, sendo estas matas as mais densas da floresta amazônica. A presença de arbustos e cipós é abundante. Devido ao fato de estar sempre alagada as árvores possuem raízes que servem de escora e para respiração. As árvores mais típicas são o arapatí, o taxi, a oirana e a mamorana.

Mangue

Os manguezais ocorrem nas áreas litorâneas influenciadas pelas marés, ou seja, esta vegetação encontra-se associada às áreas que são invadidas pelas marés e que, desta forma, possuem água salobra.

Os mangues da Amazônia legal vão do Pará (inclusive a ilha de Marajó) ao Amapá, sendo certamente os maiores em extensão e profundidade do litoral brasileiro, avançando até 60 km de largura a partir da costa.

Apenas algumas espécies, extremamente adaptadas, conseguem se estabelecer e sobreviver no solo dos mangues que são fluídos. As árvores se desenvolvem sobre raízes aéreas que servem para a respiração. Estas raízes encontram-se na altura das marés mais altas. As espécies mais frequentes são o mangue-vermelho, a siriúba e samambaias.

Cerrado amazônico

No interior da floresta amazônica, especificamente nas matas de terra firme, encontram-se os campos cerrados, principalmente no alto rio Negro e no alto Solimões. São formações abertas, sempre verdes e com folhagem xeromórfica. Aparecem como manchas nos estados de Rondônia, Roraima, Amapá e Amazonas. Acontecem nesta região em meio a exuberante floresta amazônica devido à formação de laterita no solo, que impede a penetração da água e das raízes. As características desta formação são semelhantes às dos cerrados da região Centro-Oeste e Tocantins, apesar das diferenças climáticas.

Floresta Semi-Úmida

Na área de transição entre mata e campo cerrado, encontramos a floresta semi-úmida. Esta é constituída por árvores baixas com, no máximo, 15 metros de altura, e grande número de arbustos, lianas e gramíneas. Trata-se de uma área de transição, pois apresenta espécies típicas da mata amazônica (jacarandá, paineira, aroeira) e comuns ao cerrado (pequi e pau-santo). Comparativamente, é mais baixa e menos densa que a floresta amazônica e mais alta e densa do que o cerrado.

Cerrado

Esta formação vegetal é verificada na quase totalidade do Estado do Tocantins, que também possui áreas de floresta amazônica. O cerrado está descrito no tópico sobre vegetação da região Centro-Oeste.

2.2 - Disponibilidade de recursos de biomassa e potencial energético

2.2.1 - Cana-de-açúcar

Na região Norte, segundo dados da UNICA, foram moídas 521.339 toneladas de cana-de-açúcar na safra 1999/2000. Esta produção se refere apenas ao Estado do Pará e representa menos que 1% do total da cana moída na mesma safra em todo o país.

A região Norte produziu na última safra (1999/00) 25.504m³ de álcool (anidro + hidratado), quantidade inferior a 1% do total produzido em todo o país. Na safra de 1995/96 a produção de álcool na Região atingiu o teto de 34.043m³. Esta produção refere-se exclusivamente ao álcool hidratado, já que o álcool anidro passou a ser produzido a partir de 1998/99 apenas. Na safra de 1999/00 a Região produziu 14.160m³ de álcool anidro e 11.344m³ de hidratado.

Mapa 1
Quantidade de cana-de-açúcar moída na safra 2000/2001, segundo as mesorregiões da região Norte

Potencial energético de cana-de-açúcar

Com base nos dados da cana moída, da safra 2000/01, disponibilizados pelo Ministério da Agricultura e na determinação da quantidade do bagaço gerado, calculou-se o potencial teórico de aproveitamento energético do bagaço de cana na região Norte, chegando-se a conclusão de um potencial de 1,97 MW, quando usada a tecnologia de menor eficiência (10 kWh/tc). Este potencial pode ser elevado a 10,17 MW, considerando a tecnologia de maior eficiência (126 kWh/tc). O Estado do Pará concentra a maior parte deste potencial nas mesorregiões Sudeste Paraenses (51%) e Sudoeste Paraenses (21%). O restante potencial encontra-se no Estado do Amazonas, mesorregião Centro Amazonense (28%).

Mapa 2
Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo as mesorregiões da região Norte.

Cenário 1: Excedente específico de 10 kWh/tc – Geração na safra (novembro a maio) – 2000/2001

Mapa 3

Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo as mesorregiões da região Norte.

Cenário 2: Excedente específico de 126 kWh/tc – Geração o ano todo – 2000/2001

2.2.2 - Óleos vegetais

A colheita de babaçu ocorre nos Estados de Tocantins e Pará, apresentando a maior produção em 1992 com 48.137 t de amêndoas, equivalentes a 28,5% da produção nacional (no total o Brasil apresentou uma produção de 168.717 t). O Estado maior produtor é o Tocantins que obteve neste ano 48.137 t de amêndoas, enquanto o Pará apresentou em 1991 sua maior produção com apenas 48 t de amêndoas.

O óleo de copaíba foi produzido nos Estados do Amazonas e Roraima apresentando a maior produção em 1987 com 94 t, equivalentes a 94,9% da produção nacional (o país produziu neste ano 99 t). O Estado do Amazonas é o maior produtor apresentando em 1990 uma quantidade produzida do óleo de 92 t, enquanto Roraima obteve sua maior produção em 1995 com 20 t do óleo.

A extração de amêndoas de pequi ocorre no Estado do Pará cuja maior produção aconteceu no ano de 1992 com 245 t, equivalentes a 11,4% da produção nacional (a produção total do país foi de 2.149 t).

A produção de cumaru (amêndoa) só ocorre no Pará que apresentou a maior produção no ano de 1987 com 332 t, ou seja, 99,6 % da produção nacional (o Brasil produziu na totalidade 333 t).

O melhor desempenho da quantidade produzida de licuri (coquilha) ocorreu no ano de 1991 quando o Estado do Acre (único produtor até 1992) apresentou 4.366 t, equivalentes a 35,9% da produção nacional. Apenas a partir de 1993 o Estado do Amazonas passa a apresentar produção com 202 t de coquilha.

O Estado do Pará foi o único a apresentar extração de semente de oiticica na região Norte com 1.520 toneladas em 1988, sua maior produção, que corresponde a 14,7% da produção nacional (o total produzido no país foi de 10.277 t). No período analisado não houve produção nos anos de 1987, 1990, 1991, 1994 e 1995.

A cultura oleaginosa mais significativa na região Norte, segundo dados estatísticos do IBGE para o período de 1987-1998, é o milho que apresentou a maior produção no ano de 1997 com 1.043.157 t de quantidade colhida, equivalentes a 3% da produção nacional (total da produção no Brasil: 34.600.876 t), em uma área plantada de 649.914 ha e uma área colhida de 644.194 ha, valores estes que resultaram em um rendimento médio de 1.619 kg/ha. A menor produção ocorreu em 1987 com 434.208 t colhidas, uma área plantada e colhida de 326.838 ha e um rendimento médio de 1.328 kg/ha.

O Estado maior produtor de milho é o Pará cuja produção vêm aumentando desde 1987 atingindo em 1998 uma quantidade colhida de 498.163 t ou 1,4% da produção nacional, em uma área plantada de 358.877 ha, uma área colhida de 338.904 ha e um rendimento médio de 1.470 kg/ha.

No ano de 1994 ocorreu a maior produção de dendê (em coco) cuja quantidade colhida foi de 534.367 t ou 80,7% da produção nacional (o total produzido no país foi de 661.609 t), em uma área plantada de 38.837 ha, uma área colhida de 37.567 ha, resultando em um rendimento médio de 14.224 kg/ha. Estes valores correspondem à produção do Estado do Pará, já que neste ano não houve produção no Amapá. Nos anos em que o Amapá apresentou alguma produção de dendê esta foi modesta atingindo o seu ápice no ano de 1991 quando obteve 47.708 t de quantidade colhida, 30.277 ha de área plantada e colhida e um rendimento médio de 330.018 kg/ha.

Na região Norte pratica-se em pequenas quantidades outras culturas oleaginosas tais como abacate, amendoim, algodão, urucum, soja e coco baía apresentando valores de quantidade colhida inferiores a 50.000 toneladas.

Potencial energético dos óleos vegetais

A região Norte tem uma grande variedade de espécies oleaginosas nativas que podem ser utilizados como fornecedores de óleos vegetais para uso energético. Aliás, algumas experiências de suprimento de eletricidade, para comunidades isoladas, com base em óleos vegetais produzidos localmente, foram concretizadas com sucesso em diversos sítios na Amazônia. As oleaginosas nativas apresentam vantagens econômicas e sociais pelo fato de não envolverem custos de plantio e de tratamentos culturais e de permitirem uma grande quantidade de mão-de-obra envolvida. Por outro lado, na maioria dos casos, a produtividade é baixa, a sazonalidade da colheita dificulta o fluxo contínuo do abastecimento e existe a competição de outros setores tradicionalmente interessados no uso do óleo, fator decisivo para a elevação dos preços.

Por isso limitamos a nossa avaliação do potencial energético de óleos vegetais na região Norte, ao óleo de dendê, espécie que pode ser plantada e cuja produção pode ser planejada.

Alguns estudos dão conta de que a Amazônia brasileira possui um potencial para plantio de 70 milhões de hectares de dendê, o que corresponde à produção de 350 milhões de m³ de óleo. O consumo brasileiro de petróleo, segundo ANP, 1999, foi de 35 milhões de m³.

Estimativas feitas com base em dados de produção de dendê na região Norte (IBGE, 1999), mostram que o Estado do Pará concentra o maior potencial teórico de geração de energia a partir de óleo de dendê, 157,29 MW. Este potencial está concentrado nos arredores de Belém, onde se encontram as plantações e as indústrias extratoras do óleo de dendê.

O Estado do Amazonas tem um potencial teórico baixo (0,06 MW), concentrado na região de Manaus, em função da sua fraca produção.

Evidentemente que **esta estimativa é apenas uma simulação**, considerando que toda a produção de dendê foi destinada à geração de energia, o que não é realista. O potencial real de geração de energia com óleo de dendê deve ser dimensionado com base em mapeamento efetivo do potencial agrícola de produção do óleo na região.

Mapa 4

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de óleo de palma, segundo as microrregiões do Estado do Pará – 1999

2.2.3 - Resíduos agrícolas

2.2.3.1 - Arroz

O arroz (em casca) foi produzido no ano de 1999 em todos os Estados da região Norte, com destaque para os Estados do Pará e Tocantins com produções respectivamente de 414.928 t e 438.767 t, segundo os dados da Produção Agrícola Municipal do IBGE. O terceiro maior produtor é Rondônia que colheu 157.085 t. A casca do arroz que pode ser utilizada para geração de eletricidade representa 20% do total de arroz (em casca) colhido.

Mapa 5

Produção de arroz na Região Norte – 1999

Potencial energético de casca de arroz

A região Norte tem um potencial estimado de geração de energia a partir da casca de arroz, de 32,54 MW concentrado basicamente nas mesorregiões Ocidental do Tocantins (11,13 MW) e Sudeste Paraense (9,00 MW). Outro pólo que se destaca é o Leste Rondoniense com um potencial de 4,16 MW.

Mapa 6

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de arroz, segundo as microrregiões do Estado do Pará – 1999

2.2.3.2 - Castanha de caju

A castanha de caju (em casca) foi colhida em 1999 nos Estados do Amazonas e Pará. Somente este último que possui uma produção um pouco mais significativa já que este fruto é característico da região Nordeste. A produção paraense foi de 1.747 t. A casca da castanha de caju é 73% do peso total.

Mapa 7

Produção de castanha de caju na Região Norte – 1999

Potencial energético de casca de castanha de caju

Os resíduos da castanha de caju têm um aproveitamento estimado inexpressivo (0,17 MW) para a região.

Mapa 8

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de castanha de caju, segundo as mesorregiões da região Norte – 1999

2.2.3.3 - Coco baía

O coco da baía (em mil frutos) só não foi produzido na região Norte nos Estados do Amapá e Roraima. O maior produtor e único com produção representativa é o Pará com 141.914 mil frutos colhidos. Para o cálculo do resíduo do coco da baía (casca) considera-se que cada fruto pesa em média 500 gramas e que 60% deste peso corresponde à casca.

Mapa 9
Produção de coco baía na Região Norte – 1999

Potencial energético de casca de coco baía

O potencial estimado de aproveitamento energético a partir de resíduo do coco da baía é de 5,71 MW, com ênfase para a mesorregião Nordeste Paraense (4,33 MW).

Mapa 10
Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de coco baía, segundo as mesorregiões da região Norte – 1999

2.2.4 - Resíduos florestais

Segundo os dados estatísticos da publicação “Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – Brasil, 1996”, de autoria do IBGE, na região Norte as atividades de silvicultura predominam no Estado do Pará cuja produção para papel e celulose atingiu 1.600.000 m³ de madeira em tora destinada para papel e celulose. O Estado do Amazonas apresentou uma pequena produção de 20 m³ de madeira em tora destinada para outras finalidades. Nos demais Estados não há silvicultura.

Esta mesma publicação para o ano de 1997 demonstra uma produção de madeira em tora no Estado do Pará de 110.530 m³ destinada para papel e celulose. O Estado do Amapá apresentou 1.255.055 m³ para papel e celulose. O Estado do Amazonas totalizou uma produção de 24 m³ para outras finalidades.

No ano de 1999 o Pará foi o Estado maior produtor, com 1.505.800 m³ de madeira em tora, seguido do Estado do Amapá com 1.352.326 m³. O Estado do Amazonas produziu somente 23 m³ e os demais Estados não apresentaram produção.

A produção de madeira nativa (1999) foi maior no Estado do Pará com 11.325.056 m³, seguido do Estado de Amazonas com 792.731 m³. Os demais Estados produziram menos que 100.000 m³.

Mapa 11
Produção de madeira em tora (silvicultura) na Região Norte – 1999

Potencial energético de resíduos florestais

O maior potencial de conversão energética dos resíduos florestais provenientes da silvicultura na região Norte do Brasil concentra-se numa área correspondente as mesorregiões do Baixo Amazonas, no Estado de Pará e do Sul do Amapá, de acordo com os dados disponibilizados pelo IBGE. Estima-se em aproximadamente 13 MW, o potencial

teórico de geração de energia a partir de resíduos florestais. Este cálculo contempla exclusivamente os resíduos deixados no campo pela ação de exploração da silvicultura.

Mapa 12

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de resíduos florestais (silvicultura) deixados no campo, segundo as mesorregiões da região Norte – 1999

3 - REGIÃO NORDESTE

3.1-Aspectos característicos sobre a vegetação

As formações vegetais originais desta região podem ser divididas em Caatinga, Cerrado, Zona dos Cocais, Mata Atlântica e Mangues.

Caatinga

Esta vegetação recobre cerca de 11% do território nacional, abrangendo na região Nordeste os Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e pequenas porções do Piauí. No entanto, nestes Estados também encontramos outros tipos de vegetação, como nas áreas litorâneas, nas áreas denominadas de zona dos cocais e naquelas de domínio do cerrado.

O solo sobre o qual se desenvolve esta vegetação é caracteristicamente pouco profundo e bastante pedregoso, sendo que, por inúmeras vezes encontra-se a rocha exposta refletindo o sol e aquecendo demasiadamente o ar. O clima característico é quente e seco com uma pequena estação chuvosa denominada localmente de inverno.

As árvores em geral são esparsas e raramente ultrapassam os 10-12 metros de altura. Dentre as mais características destacam-se o umbuzeiro, a aroeira, a baraúna, o umbu, o juazeiro e a imburana, entre outras. Todas as árvores com exceção do juazeiro perdem suas folhas na estação seca, sendo este o mecanismo encontrado pelas espécies para evitar a perda excessiva de água. Os arbustos e árvores baixas são bastante numerosos destacando-se a favela que possui galhos providos de longos e agudos espinhos, assim como a maioria da vegetação arbustiva da região. A vegetação rasteira é representada por várias malváceas que desaparecem nas estações secas, mas brotam logo com a chegada das primeiras chuvas.

As plantas da caatinga apresentam xeromorfia (revestimento dos tecidos que ajuda a perder menos água por transpiração), assim como outras adaptações fisiológicas para sobreviver à seca. A quase totalidade das plantas da região perde suas folhas na época seca evitando a perda d'água por transpiração.

Ross (1996) distingue conforme os tipos de plantas mais frequentes e da estrutura da vegetação cinco tipos de caatinga: Caatinga seca não-arbórea, Caatinga seca arbórea, Caatinga arbustiva densa, Caatinga de relevo mais elevado e Caatinga do Chapadão Moxotó. No entanto, o mapeamento da distribuição das diferentes caatingas propostas por Ross é praticamente impossível, já que a transição de uma formação a outra não é pontual, mas se dão de forma gradual.

Cerrado

Esta formação vegetal é verificada no sul do Maranhão, sudoeste do Piauí, sudoeste e centro da Bahia. O cerrado está descrito no tópico sobre vegetação da região Centro-Oeste.

Zona dos cocais

Esta formação está presente na região nordeste do Brasil nos Estados do Maranhão, do Piauí e do Ceará. Está associada em geral como uma zona de transição entre a floresta

amazônica, no Estado do Maranhão, ou da vegetação litorânea, nos Estados do Piauí e Ceará que, em direção ao interior, transita para a caatinga e cerrado.

A vegetação da zona dos cocais é composta basicamente por duas palmeiras. Uma delas é o babaçu, coqueiro dominante no Maranhão, ocorrendo também no Piauí e no Oeste do Ceará. A outra é a carnaúba, uma palmeira que domina nos terrenos alagados ou nos baixos de rios, atingindo o centro-norte e nordeste do Maranhão, centro e norte do Piauí e no norte do Ceará. Outra planta que é encontrada nos carnaubais e, principalmente, nos babaçuais, é o Buriti.

As matas de babaçu são densas, com coqueiros adultos que podem chegar a 10 - 15 metros de altura, fazendo com que o interior destas matas sejam escuros. Suas folhas são de cor verde escura brilhante e atingem de 5 a 8 metros de comprimento. Cada planta pode ter de 10 a 40 cachos de frutos (cocos), sendo que cada cacho tem em média 200-300 frutos, que possuem de 8 a 10 cm cada um e são de cor marrom escuro. O buriti é um coqueiro de alto porte, com enormes folhas, tronco grosso e reto e com enormes cachos de cocos pendentes abaixo da copa.

Contrariamente ao babaçual, o carnaubal é esparso e por isso ensolarado. A carnaúba adulta atinge de 15 a 20 metros de altura. Suas folhas são verde-azuladas e dispostas como um cocar no ápice da palmeira. Os carnaubais do Nordeste marcam os terrenos baixos eventualmente alagados no inverno e os caminhos dos rios. As folhas da carnaúba são fonte de riqueza para a população local que a utilizam para a produção de cera e a palha da folha para os mais diversos fins de tecelagem.

Mata atlântica

A Mata Atlântica ocorre, na região Nordeste, na Bahia, em Alagoas, Sergipe, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. A vegetação da Mata Atlântica está descrita no tópico sobre vegetação da região Sudeste.

O Mangue

O mangue está descrito no tópico sobre vegetação da região Norte.

3.2 - Disponibilidade de Recursos de Biomassa e Potencial energético

3.2.1 - Cana-de-açúcar

Na região Nordeste, segundo dados da UNICA, foram moídas 42,5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na safra 1999/2000, correspondente a 13% do total do País. Esta região apresentou sua maior produção, ao longo do período analisado, na safra de 1989/90 com 60,2 milhões de toneladas e a menor produção foi observada na safra de 1993/94, com 34,1 milhões de toneladas.

Alagoas e Pernambuco são os maiores produtores, perfazendo juntos, na safra de 1999/2000, 76% do total da região, com 19,3 e 13,3 milhões de toneladas, respectivamente. Os Estados da Paraíba, Bahia e Rio Grande do Norte também apresentaram significativa produção na safra 1999/00. A Paraíba produziu 3,4 milhões, a Bahia 2,1 milhões e o Rio Grande do Norte 1,9 milhões de toneladas de cana-de-açúcar.

A região Nordeste produziu 1,3 milhões de m³ de álcool (anidro + hidratado) na safra 1999/00, o que representa 10% do álcool produzido em todo o país. No início do período analisado, 1989/90 a produção regional foi de 2,0 milhões de m³ álcool, representando 17% da produção nacional e no ano de menor safra, 1993/94, a produção foi de 893 m³ de álcool

Mapa 13

Quantidade de cana-de-açúcar moída na safra 2000/2001, segundo as mesorregiões da região Nordeste.

Potencial energético de cana-de-açúcar

O maior potencial teórico de geração de energia com bagaço de cana na região Nordeste concentra-se na mesorregião Leste Alagoano, com a capacidade de 59,6 MW. O potencial teórico total da região está estimado em 120,3 MW. As mesorregiões de Mata Pernambucana (28,6 MW), Mata Paraibana (9,3 MW) e a Metropolitana de Recife (6,4 MW) também se destacam em termos de potencial de geração de energia. Para estes cálculos, considerou-se apenas o cenário da tecnologia de menor eficiência.

Mapa 14

Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo as mesorregiões da região Nordeste.

Cenário 1: Excedente específico de 10 kWh/tc – Geração na safra (novembro a maio) – 2000/2001

Mapa 15

Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo as mesorregiões da região Nordeste.

Cenário 2: Excedente específico de 126 kWh/tc – Geração o ano todo – 2000/2001

3.2.3 - Óleos vegetais

A colheita de babaçu na região Nordeste ocorre nos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Bahia, apresentando a maior produção em 1987 com 161.600 t de amêndoas, equivalentes a 81% da produção nacional (no total o Brasil apresentou uma produção de 197.396 t). O Estado maior produtor é o Maranhão que obteve neste ano 147.245 t de amêndoas, ou seja, 74% da produção nacional.

A extração de amêndoas de pequi obteve o melhor resultado no ano de 1987, com 554 t, equivalentes a 52% da produção nacional (a produção total do país foi de 1.054 t). O Estado maior produtor é a Bahia, que obteve em 1992 sua maior produção com 329 t de amêndoas, correspondente a 18% da produção nacional que neste ano obteve 2.149 t.

O melhor desempenho da quantidade produzida de licuri (coquilho) ocorreu no ano de 1988 quando o Estado da Bahia (único produtor) apresentou 8.675 t, equivalentes a 63,6% da produção nacional (neste ano o Brasil obteve 13.632 t).

A extração de semente de oiticica é praticada nos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, sendo que a maior produção regional ocorreu no ano de 1989 quando apresentou 15.749 t, equivalentes a 63% da produção nacional (o total produzido no país foi de 13.632 t).

A maior quantidade produzida de tucum em amêndoa ocorreu no ano de 1987 quando apresentou 5.452 t, correspondentes a 100% da produção nacional, sendo o principal produtor o Estado do Piauí que em 1990 extraiu 4.483 t, ou seja, 83% do resultado nacional (a produção brasileira neste ano foi de 5.342 t).

A cultura oleaginosa mais significativa na região Nordeste, segundo dados estatísticos do IBGE para o período de 1987-1998, é o milho, que apresentou a maior produção no ano de 1994 com 2.721.615 t colhidas, equivalentes a 8,3% da produção nacional (total da produção no Brasil: 32.487.625 t), em uma área plantada e colhida de 3.206.200 ha, valores estes que resultaram em um rendimento médio de 848 kg/ha. A menor produção ocorreu em 1987, com apenas 620.722 t de quantidade colhida, em uma área plantada e colhida de 2.494.730 ha, resultando em um pequeno rendimento médio de 248 kg/ha.

O Estado maior produtor de milho é a Bahia, que obteve em 1997 uma quantidade colhida de 1.067.178 t ou 3% da produção nacional (total da produção no Brasil: 34.600.876 t), em uma área plantada e colhida de 691.996 ha, e um rendimento médio de 1.542 kg/ha. Outro importante produtor de milho é o Estado do Piauí que obteve em 1994 sua maior produção com 399.261 t de quantidade colhida, ou seja, 1,2% da produção nacional, que neste ano foi de 32.487.625 t, em uma área plantada e colhida de 605.767 ha, resultando em um rendimento médio de 659 kg/ha.

Outra importante cultura oleaginosa praticada na região é a soja, porém esta só é cultivada nos Estados da Bahia, Maranhão e Piauí. No total a região apresentou seu melhor desempenho no ano de 1998 com 1.529.186 t, equivalentes a 4,87% da produção nacional (neste ano a produção brasileira foi de 31.357.324 t), em uma área plantada de 728.288 ha, uma área colhida de 728.244 ha e um rendimento médio de 2.099 kg/ha. Estes resultados demonstram o crescente incremento da produção desta oleaginosa na região, sobretudo na Bahia, Estado que apresentou 1.188.000 t de quantidade colhida, ou seja, 3,7% da produção brasileira, em uma área plantada e colhida de 553.700 ha e um rendimento médio de 2.146 kg/ha.

A cultura do algodão (em caroço), de grande importância para a região, apresentou uma queda significativa na produção durante o período analisado, apresentando o maior desempenho no ano de 1988 com 481.816 t de quantidade colhida, correspondente a 19,7% da produção nacional (na totalidade a produção brasileira foi de 2.437.827 t), 728.578 ha de área destinada à colheita, 699.368 ha de área colhida e 688 kg/ha de rendimento médio. Após este ano a produção de algodão foi diminuindo, até atingir, em 1998, apenas 59.021 t de quantidade colhida (4,8% do total nacional, cuja produção neste ano foi de 1.217.378 t), em uma área plantada de 196.661 ha, uma área colhida de 159.839 ha, resultando em um rendimento médio de 369 kg/ha.

A lavoura do dendê é praticada apenas na Bahia, onde a maior produção ocorreu no ano de 1992 quando obteve 190.266 t de quantidade colhida de coco, correspondente a 29% da produção nacional (neste ano o país produziu 652.541 t), em uma área destinada à colheita de 45.380 ha, uma área colhida de 45.280 ha, resultando em um rendimento médio de 4.201 kg/ha.

O coco-da-baía é outra importante cultura oleaginosa da região, que obteve em 1997 um total de 809.464 t de quantidade colhida, equivalentes a 79,6% da produção nacional que foi de 1.015.994 t neste ano. A área destinada à colheita foi de 238.539 ha e a área colhida de 235.888 ha, resultando em um rendimento médio de 3.431 kg/ha. O Estado maior produtor é a Bahia, que apresentou sua maior produção no ano de 1998 quando registrou 809.464 t de quantidade produzida, correspondentes a 81% da produção nacional (a produção brasileira foi de 998.996 t), em uma área plantada e colhida de 70.057 ha, resultando em um rendimento médio de 5.050 kg/ha.

Potencial energético de óleos vegetais

A região Nordeste também apresenta uma diversidade de espécies oleaginosas nativas e a produção cultivada de milho, coco baía e dendê. A problemática do uso energético dos óleos vegetais, de origem nativa, para fins energéticos é semelhante ao caso da Amazônia.

Sendo também um produtor de óleo de dendê, usamos o mesmo critério do caso da região Norte e determinamos um potencial teórico de geração de energia de 44,66 MW, concentrados na faixa costeira que vai de Porto Seguro à Salvador, conhecida como “Costa do Dendê”.

Mapa 16

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de óleo de palma, segundo as microrregiões do Estado da Bahia – 1999

3.2.4 - Resíduos agrícolas

3.2.4.1 - Arroz

O arroz (em casca) no ano de 1999 foi produzido em todos os Estados da região Nordeste. Apenas os Estados do Ceará, Piauí e Maranhão produziram mais que 100.000 t deste produto agrícola. O Maranhão é o maior produtor com 646.134 t de arroz colhido.

Mapa 17

Produção de arroz na Região Nordeste – 1999

Potencial energético de casca de arroz

O potencial estimado de aproveitamento energético da casca de arroz no Nordeste é de 34,47 MW, pulverizado entre as mesorregiões Oeste, Centro, Leste, Sul e Sudeste Maranhense com potências que variam de 3 a 4,7 MW. O Sudoeste Piauiense apresenta o maior potencial fora dos estados de Maranhão com 3,43 MW, seguido pelo Estremo Oeste Baiano com 2,57 MW.

Mapa 18

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de arroz, segundo as mesorregiões da região Nordeste – 1999

3.2.4.2 - Castanha de caju

A região Nordeste é a grande produtora de castanha de caju (em casca). O maior produtor é o Ceará com 77.113 t, seguido pelo Piauí com 32.224 t e pelo Estado do Rio Grande do Norte com 17.898 t. O único Estado desta região que não produziu castanha de caju em 1999 foi Sergipe. A casca da castanha de caju é 73% do peso total.

Mapa 19

Produção de castanha de caju na Região Nordeste – 1999

Potencial energético de casca de castanha de caju

O potencial da casca de castanha de caju é estimado em 12,76 MW, com ênfase para o Norte Cearense (3,08 MW).

Mapa 20

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de castanha de caju, segundo as mesorregiões da região Nordeste – 1999

3.2.4.3 - Coco baía

O coco da baía foi produzido em todos os Estados da região Nordeste. O maior produtor é o Estado da Bahia com 426.673 frutos colhidos, seguido pelo Ceará, com 187.045 frutos. Para o cálculo do resíduo do coco da baía (casca) considera-se que cada fruto pesa em média 500 gramas e que 60% deste peso corresponde à casca.

Mapa 21

Produção de coco baía na Região Nordeste – 1999

Potencial energético de casca do coco baía

Os resíduos do coco da baía têm um potencial estimado de 36,19 MW, sendo que a maior concentração é verificada na mesorregião Nordeste Baiano (10,43 MW). Outros sítios de referência para o aproveitamento da casca do coco da baía são o Sul Baiano (4,34 MW), O Leste Sergipano (3,52 MW) e o Norte Cearense (3,88 MW).

Mapa 22

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de coco baía, segundo as mesorregiões da região Nordeste – 1999

3.2.5 - Resíduos florestais

Segundo os dados estatísticos da publicação “Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – Brasil, 1996”, de autoria do IBGE, na região Nordeste as atividades de silvicultura predominam no Estado da Bahia, cuja produção para papel e celulose atingiu 2.266.798 m³ de madeira em tora e 80.459 m³ para outras finalidades. O Estado do Ceará apresentou uma produção de 48.105 m³ de madeira em tora destinada para outras finalidades. A silvicultura também é praticada nos Estados do Piauí (com 2.629 m³ para papel e celulose) e Pernambuco (com apenas 285 m³ para outras finalidades).

Esta mesma publicação para o ano de 1997 demonstra uma produção de madeira em tora no Estado do Piauí de 2.890 m³ destinada para papel e celulose. O Estado da Bahia apresentou 2.879.703 m³ para papel e celulose e 88.203 m³ para outras finalidades. O Estado de Pernambuco totalizou 300 m³ destinados a outras finalidades.

No ano de 1999 o Estado maior produtor foi a Bahia que obteve 6.092.351 m³ de madeira em tora, seguido do Estado do Piauí que produziu apenas 3.674 m³ e de Pernambuco com 3.160 m³. Os demais Estados não apresentaram produção.

A produção de madeira nativa em tora para o ano de 1999 foi de 1.939.735 m³ no Estado da Bahia (maior produtor), seguido de 540.825 m³ no Maranhão. A menor produção foi de 255 m³ no Estado de Alagoas.

Mapa 23 Produção de madeira em tora (silvicultura) segundo as mesorregiões da Região Nordeste – 1999
--

Potencial energético de resíduos florestais

A silvicultura baiana representa o maior potencial de aproveitamento de resíduos florestais para fins de geração de energia em toda a região Nordeste. As mesorregiões Sul e Nordeste Baiano são responsáveis por mais de 99% de um potencial teórico total de 27,56 MW. Foi estimado para a mesorregião Sul Baiano o potencial teórico de 24,28 MW.

Outros pólos nordestinos com registros de práticas da silvicultura, no entanto com um potencial muito baixo (na ordem de 0,01 - 0,02 MW) de aproveitamento de resíduos para fins de geração de energia, são as mesorregiões Norte Piauiense e Mata Paraibana.

Mapa 24 Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de resíduos florestais (silvicultura) deixados no campo, segundo as mesorregiões da região Norte – 1999.

4 - REGIÃO CENTRO-OESTE

4.1 - Aspectos característicos sobre a vegetação

Na região Centro-Oeste, que compreende os Estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e o Distrito Federal, encontramos os seguintes tipos formação vegetal: cerrado, floresta amazônica e pantanal.

Cerrado

Esta formação vegetal é verificada em todos os Estados da região Centro-Oeste. O cerrado é um mosaico formado por campo limpo, campo cerrado e matas de galeria nas margens dos rios.

Caracteriza-se por dois estratos: um herbáceo, formado por gramíneas que recobrem inteiramente o solo ou se apresentam em tufos, com altura média de 50cm, que se transforma em palha na estação seca; e outro arbóreo-arbustivo, com árvores esparsas de médio e pequeno portes.

Como adaptação ao meio, as árvores do cerrado apresentam troncos e galhos retorcidos, revestidos de casca espessa, folhas grandes, simples ou compostas, coriáceas, brilhantes ou revestidas por numerosos pêlos. Espinhos e acúleos são raros.

As raízes aprofundam-se até 15 metros no solo a procura de água, o que não significa que os cerrados brasileiros são secos, na verdade são úmidos. São conhecidas cerca de 700 espécies de árvores e arbustos na flora do cerrado, entre eles, o barbatimão, o pau-santo, o pequi, o araçá, o murici, a gabioba, o pau-terra, a indaiá, a catuaba etc. Existem espécies originárias da Mata Atlântica, como: ipê-branco, o pau d'óleo, sucupira etc.

O fogo no Cerrado acontece naturalmente em pequenas extensões, fazendo parte da própria dinâmica do meio. Ele possui a propriedade de queimar as gramíneas que podem sufocar a diversidade, tornando as áreas impróprias para a rica fauna e flora do cerrado, além de promover o rebrotamento de várias espécies.

Pantanal

O pantanal é uma planície com altitudes inferiores a 200m, correspondendo às planícies sedimentares inundáveis da depressão da bacia hidrográfica do rio Paraguai. Ocorre em clima tropical, com temperaturas elevadas e estação seca prolongada. A região é inundada na época das chuvas, durante os meses de outubro a março, formando um grande mosaico entre as áreas inundadas e aquelas a poucos metros mais elevadas. Como nos ensina Joly, o período das enchentes “é a época de fertilização dos solos pela deposição da argila e detritos vegetais carregados pelas águas transbordantes” (1970, pp. 140).

Sua vegetação é denominada como *complexo do Pantanal* onde convivem espécies de cerrado e dos campos. O regime das águas na região pantaneira, cria diversos ambientes, como um mosaico, onde podemos transitar de um campo cerrado, nos trechos não inundáveis, para uma campina sem árvores ou para uma mata densa em um pequeno espaço físico.

Entre as espécies de cerrado, nas áreas não inundáveis, encontramos a aroeira, a cajazeira, a canela, o carandá, o jenipapo etc. Nas áreas alagadas, destacam-se a vitória-régia, o piri e a taboa.

Esta região confronta-se hoje com problemas ambientais que podem destruir este paraíso ecológico, como a utilização de seus campos para pastagem, o plantio de grãos em toda região Centro-Oeste, a mineração e o turismo.

A floresta amazônica

A floresta amazônica se estende pelo norte dos Estados do Mato Grosso e está descrita no tópico sobre vegetação da região Norte.

4.2 - Disponibilidade de recursos de biomassa e potencial energético

4.2.1 - Cana-de-açúcar

A região Centro-Oeste produziu na safra 1999/2000, 24,7 milhões de toneladas de cana moídas, de acordo com os dados da ÚNICA, quantidade inferior a 10% da produção nacional na mesma safra, em todo o país. Esta produção, no entanto, representa um aumento de 140% na produção de cana moída em dez anos. Neste mesmo período, o País apresentou, no seu conjunto, um incremento de 37% na produção de cana moída.

O Distrito Federal apresentou uma produção nula no período analisado (1989/90-1999/00).

O Estado do Mato Grosso é o maior produtor da região, somando na safra 1999/00 10,1 milhões de toneladas de cana moída. Este número representa uma evolução significativa ao longo do período analisado, pois na safra 1989/90, a produção do Estado foi de 2,5 milhões de toneladas.

O Estado de Goiás evoluiu de 4,4 milhões de toneladas em 1989/90 a 7,2 milhões de toneladas na safra de 1999/00. Desde o início do período analisado Goiás se manteve como o maior produtor regional de cana moída, sendo ultrapassado na safra de 1995/96 pelo Estado do Mato Grosso na safra de 1989/90 com as produções 6,3 milhões e 6,7 milhões de toneladas de cana moída, respectivamente.

O Estado do Mato Grosso também apresentou uma evolução semelhante, partindo de 3,8 milhões de toneladas na safra de 1989/90 e atingindo a 7,4 milhões de toneladas de cana moída na safra de 1999/00.

A região Centro-Oeste produziu na última safra (1999/00) 1,2 milhões de m³ de álcool (anidro + hidratado). Esta quantidade significa 9,4% do total produzido em todo o país. Assim como o restante do país o pico da produção do álcool se deu na safra 1997/98 onde o Brasil produziu 15,4 milhões de m³ e a região Centro-Oeste 1,5 milhões de m³. Apesar dos baixos índices comparativamente à produção nacional, o Centro-Oeste aumentou em 79% a sua produção de álcool, no período analisado, enquanto que para o Brasil o incremento no mesmo período foi apenas de 9%.

Considerando separadamente a produção do álcool anidro e hidratado, na região, percebe-se que enquanto o primeiro teve um enorme incremento na produção (748%), o hidratado apresentou uma queda (-3%). Na safra 1989/90 a região produziu 612 mil m³ de álcool hidratado, aumentando gradualmente a produção a cada safra chegando a de 1997/98

com 1,0 milhão de m³. No entanto, a região fechou o período com uma produção de 595,3 mil m³, na safra 1999/00.

Mapa 25

Quantidade de cana-de-açúcar moída na safra 2000/2001, segundo as mesorregiões da região Centro-Oeste.

Potencial energético de cana-de-açúcar

A região Centro-Oeste apresentou um potencial estimado de geração de energia a partir de bagaço de cana, de 59,5 MW, considerando a tecnologia de menor rendimento. A Mesorregião Sudoeste Mato-Grossense concentra o maior potencial deste total, equivalente a 15,4 MW. As mesorregiões Sul e Centro Goiano, com respectivamente, 11,1 e 8,5 MW, e Sudoeste do Mato Grosso do Sul, com 6,7 MW estimados, constituem os pólos mais significativos de aproveitamento energético de bagaço de cana na região Centro-Oeste brasileiro.

Mapa 26

Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo as mesorregiões da região Centro-Oeste.

Cenário 1: Excedente específico de 10 kWh/tc – Geração na safra (novembro a maio) – 2000/2001

Mapa 27

Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo as mesorregiões da região Centro-Oeste.

Cenário 2: Excedente específico de 126 kWh/tc – Geração o ano todo – 2000/2001

4.2.2 - Óleos Vegetais

Na região Centro-Oeste, segundo dados estatísticos do IBGE 1987-1995, a produção de espécies florestais nativas oleaginosas mostra-se irrelevante à produção de energia: a colheita de **babaçu** só ocorreu em Goiás até 1988, quando apresentou 39.989 t de amêndoas representando 19% da produção nacional.

O óleo de **copaíba** foi produzido no Mato Grosso em pequena escala com apenas 15 t nos anos de 1993 e 1994, a maior produção gerada no período analisado (1987-1995), representando 14,8% do total nacional.

A extração de amêndoas de pequi ocorre nos Estados de Goiás e Mato Grosso. A maior produção aconteceu em Goiás no ano de 1992 com 830 t. A produção em Mato Grosso foi de apenas 72 t no ano de 1993. O ano de maior produção em toda a região Centro-Oeste foi o de 1992 com 885 t, equivalentes a 41% do total nacional.

Com relação às lavouras de espécies oleaginosas, segundo dados do IBGE para o período de 1987-1998, a produção de **soja** (em grão) é a mais importante, com 13 milhões de toneladas no ano de 1998 (figura 1), equivalentes a 49% da produção nacional, em uma área colhida de 5,16 milhões de hectares, uma área plantada de 5,17 milhões de ha,

resultando em um rendimento médio de 2.522 kg/ha. Ressaltamos que no período de 1991 a 1998 a produção de soja duplicou, provavelmente relacionada com o desenvolvimento das indústrias de transformação desta cultura, aliado à expansão da fronteira agrícola das regiões Sul e Sudeste a esta região, principalmente ao Mato Grosso.

O maior produtor em todo o período analisado foi o Estado de Mato Grosso, com 7,2 milhões de t em 1998, em uma área colhida e plantada de 2,6 milhões de ha, resultando em um rendimento médio de 2.734 kg/ha. A quantidade colhida em 1991 foi de 2,7 milhões de t, portanto em 7 anos a produção aumentou em mais de duas vezes.

Por outro lado, o menor produtor de soja é o Distrito Federal, sobretudo devido a seu pequeno território. Apresentou em 1989 a maior produção no período com 122,8 mil t, em uma área colhida e plantada de 56.295 ha, resultando em um rendimento médio de 2.183 kg/ha. Estes valores foram diminuindo gradativamente até chegar em 1998 com 86.375 t de quantidade colhida, 35.628 ha de área colhida e plantada, e 2.424 kg/ha de rendimento médio.

Outra cultura importante na região é o **milho** (em grão), apresentando a maior produção em 1997 com 7,2 milhões de t, equivalentes a 20% da produção nacional, em uma área colhida e plantada de 2,1 milhões de ha, e um rendimento médio de 3.444 kg/ha.

O Estado maior produtor é Goiás, que em 1997 apresentou uma produção de 3,6 milhões de toneladas em uma área colhida de 949,7 mil ha, uma área plantada de 649,9 milhões de ha, resultando um rendimento médio de 3.885 kg/ha.

A terceira cultura de significativo volume é a de **algodão** herbáceo (em caroço), cuja maior produção regional ocorreu em 1998 com 637,1 mil toneladas, equivalentes a 52% da produção brasileira, em uma área plantada de 347,4 mil ha; a área colhida foi de 346,6 mil ha, resultando em um rendimento médio de 1.837 kg/ha. Ressaltamos que esta produção foi aproximadamente o dobro da ocorrida no ano anterior.

O Estado maior produtor é o Mato Grosso, que apresentou em 1998 seu melhor desempenho com 283,8 mil toneladas em 110,8 mil ha de área plantada e colhida, obtendo assim, 2.560 kg/ha de rendimento médio. Estes valores equivalem 3,6 vezes a produção do ano anterior.

O Estado de Goiás apresenta um significativo desenvolvimento desta cultura, passando de 58 mil t em 1987 para 260 mil t em 1998. A área plantada em 1998 foi de 187,2 mil ha e a colhida de 186,6 mil ha, sendo o rendimento médio de 1.394 kg/ha.

Na região Centro-Oeste também há o cultivo de outras espécies oleaginosas tais como **mamona**, **coco baía**, **urucum**, **abacate** e **amendoim**, porém a produção é pequena não apresentando excedentes que possam ser utilizados para outras finalidades que não sejam as tradicionais como alimentação.

Potencial Energético de Óleos Vegetais

Algumas espécies oleaginosas nativas, como babaçu, copaíba e pequi, são encontradas na região Centro-Oeste. Contudo suas produções ocorrem em pequena escala e são tradicionalmente destinadas a finalidades alimentar, farmacêutica, entre outras. A pequena escala de produção e a grande procura determinam o alto preço desses produtos, tornando-os pouco atrativos para o uso energético. Este ponto de vista é válido para todas as regiões brasileiras, especialmente para as do Centro-Sul.

Contudo, a região é também grande produtor de óleos vegetais de espécies cultivadas, de ciclo anual, cujos excedentes podem ser usados para fins energéticos.

A vocação de uso energético desses óleos vegetais, no contexto em que se enquadram, está mais voltada para a produção de combustíveis e substituição ao óleo diesel do que para geração de energia elétrica. A produção de biodiesel a partir desses óleos poderá trazer importantes benefícios econômicos, sociais e ambientais para a região e para o País e pode ser viabilizado num cenário de alta de preços do petróleo.

É necessário, contudo, empreendimentos de estudos que determinem a melhor tecnologia de transformação e de uso deste recurso e, sobretudo, a análise da oportunidade da utilização energética de óleos vegetais, em face de outros usos.

4.2.3 - Resíduos Agrícolas

4.2.3.1 - Arroz

A região Centro-Oeste é uma grande produtora de arroz (em casca). No ano de 1999 o Estado do Mato Grosso colheu 1.727.339 t de arroz, Goiás colheu 352.329 t e o Mato Grosso do Sul produziu 261.516 t. O Distrito Federal tem uma produção irrelevante.

Mapa 28
Produção de arroz na Região Centro-Oeste – 1999

Potencial energético de casca de arroz

O maior potencial de geração de energia a partir da casca de arroz encontra-se na mesorregião Norte Matogrossense, com 38,73 MW de um potencial total estimado para a região de 67,72 MW. As mesorregiões Sudoeste de Mato Grosso do Sul e Sul Goiano apresentam, respectivamente, 5,66 MW e 5,11 MW estimados. Os restantes situam-se abaixo de 5MW, com ênfase para Nordeste Matogrossense com 4,56 MW.

Mapa 29
Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de arroz,
segundo as mesorregiões da região Centro-Oeste – 1999.

4.2.4 - Resíduos Florestais

Segundo os dados estatísticos da publicação “Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – Brasil, 1996”, de autoria do IBGE, na região Centro-Oeste a atividade de silvicultura no Estado de Mato Grosso do Sul obteve uma produção de madeira em tora de 219.698 m³. O Estado de Mato Grosso apresentou uma produção de 2.227 m³ de madeira em tora. O Estado de Goiás obteve 5.315 m³. O Distrito Federal obteve 775.946 m³ de madeira em tora. Esta produção foi destinada para atividades diversas excluindo o uso para papel e celulose.

Esta mesma publicação para o ano de 1997 demonstra uma produção de madeira em tora no Estado do Mato Grosso do Sul de 115.470 m³. O Estado do Mato Grosso apresentou 2.300 m³. O Estado de Goiás totalizou 6.050 m³. O Distrito Federal obteve 75.946 m³. Esta produção também foi destinada para atividades diversas, exceto o uso para papel e celulose.

No ano de 1999 o Estado de Mato Grosso do Sul apresentou uma produção de 455.850 m³ de madeira em tora, o Estado de Goiás produziu 118.482 m³, o Estado de Mato Grosso produziu 5.200 m³, o Distrito Federal não apresentou produção.

A maior produção de madeira nativa para o ano de 1999 ocorreu no Estado do Mato Grosso com 2.636.544 m³ seguido de Goiás com 71.159 m³. Os demais Estados da região não apresentaram produção.

Mapa 30
Produção de madeira em tora (silvicultura) segundo as mesorregiões da Região Centro-Oeste – 1999

Potencial Energético de Resíduos Florestais

A região Centro-Oeste apresenta fraco potencial de aproveitamento de resíduos da silvicultura para fins energéticos, se levados em consideração os dados disponibilizados pelo IBGE, 1999. O potencial teórico total estimado, para a região foi de 2,65 MW, sendo que apenas a mesorregião Leste de Mato Grosso do Sul é responsável por 2,03 MW.

Sabe-se que existe uma intensa atividade madeireira na região, que coloca esse potencial estimado muito aquém do potencial real. Isso nos remete a hipótese de que grande parte da exploração florestal incida sobre as formações nativas. Ao se confirmar essa hipótese, estamos diante de uma acelerada atividade de devastação da floresta nativa, que requer uma urgente intervenção do poder público no sentido de estabelecer regras que levem a desaceleração da atividade destruidora do meio ambiente e promovam o uso sustentável da floresta.

Mapa 31
Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de resíduos florestais (silvicultura) deixados no campo, segundo as mesorregiões da região Centro-Oeste – 1999.

5-REGIÃO SUDESTE

5.1-Aspectos característicos sobre a vegetação.

Na região Sudeste podemos encontrar, em termos de vegetação, o cerrado, a mata atlântica e a caatinga.

Cerrado

Esta formação vegetal é verificada na região Sudeste nos Estados de São Paulo e Minas Gerais e está descrita no item sobre vegetação da região Centro-Oeste.

O mangue

O mangue está descrito no item sobre vegetação da região Norte.

Caatinga

Esta vegetação na região Sudeste ocorre apenas no norte do Estado de Minas Gerais e está descrita no tópico vegetação da região Nordeste.

Mata Atlântica

A Mata Atlântica ocorre, na região Sudeste, em São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais. Mata Atlântica é um nome genérico dado às variadas matas tropicais úmidas que ocorrem de forma sazonal nas regiões costeiras do Brasil, mais precisamente na costa dos Estados de Santa Catarina até o Rio Grande do Norte. Avança também para o interior nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, chegando ao Estado de Minas Gerais.

Estas matas estão muito associadas ao mecanismo de distribuição da Massa Polar Atlântica. Essa massa barrada pelos acidentes orográficos na zona costeira faz com que os maiores índices de pluviosidade encontrem-se na região Sudeste, na Serra do Mar em São Paulo, com índices de aproximadamente 3000mm anuais.

As florestas atlânticas são as de maior biodiversidade por hectare entre as florestas tropicais. Semelhantemente às florestas amazônicas, as matas atlânticas utilizam sua própria matéria orgânica em decomposição sobre o solo para suprir, em parte, de nutrientes suas plantas.

As plantas arbóreas são representadas, principalmente, por canelas, capuivas, paus-de-santa-rita, figueiras, jequitibás, cedros, quaresmeiras, ipês, cássias, palmeiras e embaúbas. Estas possuem seus troncos e galhos revestidos de epífitas e musgos. É marcante a presença de samambaias de diversos gêneros, assim como diversas bromélias e orquídeas, todas estas se encontrando, em geral, como plantas hospedeiras. Dentre a vegetação herbácea destacam-se os pacovas, diferentes espécies de Heliconia e Salpinga.

Estas florestas, quando da chegada dos portugueses, ocupavam cerca de 1,1 milhão de km². Atualmente as estatísticas apontam que a sua área não chega a 5% deste total. Este resquício se concentra nas regiões serranas (pela impossibilidade de ocupação) e em pequenas áreas protegidas por parques.

5.2 - Disponibilidade de Recursos de Biomassa e Potencial energético

5.2.1 - Cana-de-açúcar

A produção da cana moída na região Sudeste, na safra 1999/00, foi de 214,9 milhões de toneladas, 70% da produção nacional, segundo dados da ÚNICA.

A Região apresentou ao longo do período analisado, um aumento de aproximadamente 52% na sua produção e se mantém na liderança da produção nacional de cana moída.

O grande desempenho da região Sudeste no que se refere à cana-de-açúcar e seus derivados se deve principalmente ao Estado de São Paulo, que na safra 1999/00 foi responsável por 90% da cana moída e do álcool produzido. Este nível de produção, no entanto, não constitui uma exceção, já que a produção do Estado se situou entre 80-90% da produção regional, durante todo o período (1989/2000).

Na safra 1998/99, São Paulo teve a sua maior produção no período, com 199,5 milhões de toneladas de cana moída, o que representa 63% da produção de todo o país. No início do período analisado (1989/90) a produção foi de 122,7 milhões de toneladas.

O Estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor da região Sudeste. Na última safra do período (1999/00) produziu 13,6 milhões de toneladas, sua maior produção. No início do período (1989/90) sua produção foi de 9,4 milhões de toneladas, mantendo-se neste patamar até a safra 1996/97 (9,9 milhões de toneladas). A longo dos dez anos analisados, o aumento na produção de cana moída do Estado foi de 45%.

O Estado do Espírito Santo teve uma evolução na produção de cana moída de 1,8 milhões de toneladas na safra 1989/90, para 2,5 milhões na safra 1997/98, terminando o período com 2,1 milhões de toneladas.

O único Estado da Região que registrou declínio na produção de cana moída, no período analisado, foi o Rio de Janeiro, que passou de 7,3 milhões de toneladas em 1989/90 para 4,9 milhões de toneladas na safra de 1999/00, resultando em uma queda de 32%.

A região Sudeste produziu 9,4 milhões de m³ de álcool na safra 1999/00, equivalente a 72% da produção nacional (13,0 milhões de m³). 5,1 milhões de m³ deste total referem-se a álcool hidratado e 4,3 milhões de m³, a álcool anidro.

O Estado de São Paulo aparece como o maior produtor de álcool da região e do Brasil. Minas Gerais é o segundo maior produtor de álcool na região, seguido de Espírito Santos e Rio de Janeiro.

Mapa 32

Quantidade de cana-de-açúcar moída na safra 2000/2001, segundo as mesorregiões da região Sudeste.

Potencial energético de cana-de-açúcar

A região Sudeste é a maior produtora de cana-de-açúcar no Brasil e, por consequência, com maior potencial de aproveitamento de bagaço de cana para geração de energia. Seu potencial teórico estimado foi de 353,2 kW. A maior parte deste potencial se

concentra nas mesorregiões paulistas de Ribeirão Preto (117,2 MW), Bauru (41,5 MW), São José do Rio Preto (30,9 MW) e Piracicaba (30,7 MW). Fora do Estado de São Paulo, a mesorregião de Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Estado de Minas Gerais, concentra o maior potencial (15,2 MW). No Estado do Espírito Santo, a mesorregião Litoral Norte Espírito Santense reúne o maior potencial (3,8 MW). O Estado do Rio de Janeiro apresenta um potencial estimado de apenas (1,5 MW) concentrado na mesorregião Norte Fluminense.

Mapa 33
Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo as mesorregiões da região Sudeste.
Cenário 1: Excedente específico de 10 kWh/tc – Geração na safra (novembro a maio) – 2000/2001

Mapa 34
Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo as mesorregiões da região Sudeste.
Cenário 2: Excedente específico de 126 kWh/tc – Geração o ano todo – 2000/2001

5.2.2 - Óleos Vegetais

Na região Sudeste, segundo dados estatísticos do IBGE (para os anos de 1987 a 1995), a produção das espécies florestais nativas oleaginosas mostra-se pequena como fonte para a geração de energia: a colheita de babaçu nesta região ocorreu apenas no Estado de Minas Gerais, apresentando a maior produção em 1987 com 34 t de amêndoas, equivalentes a 0,01% da produção nacional (no total o Brasil apresentou uma produção de 197.396 t). A extração de amêndoas de pequi também ocorre somente em Minas Gerais, que obteve a maior produção no ano de 1993 com 661 t, equivalentes a 30% da produção nacional (a produção total do país foi de 2.149 t).

A cultura oleaginosa mais significativa na região Sudeste, segundo dados estatísticos do IBGE para o período de 1987-1998, é a do milho, cuja maior produção ocorreu no ano de 1997 com 8.296.309 t de quantidade colhida, equivalentes a 24% da produção nacional (total da produção no Brasil: 34.600.876 t), em uma área plantada de 2.731.014 ha, uma área colhida de 2.723.911 ha e um rendimento médio de 3.045 kg/ha. A menor produção ocorreu em 1990 com 5.258.538 t de quantidade colhida, em uma área plantada e colhida de 2.704.098 ha, resultando em um rendimento médio de 1.944 kg/ha.

Os Estados que mais produzem milho são Minas Gerais e São Paulo. A maior produção mineira aconteceu em 1997, apresentando uma quantidade colhida de 4.140.622 t ou 11,9% da produção nacional, em uma área plantada e colhida de 1.413.917 ha, e um rendimento médio de 2.928 kg/ha. Em São Paulo a maior produção se deu em 1995, com 4.175.280 t de quantidade colhida, ou seja, 11,5% da produção nacional, que neste ano foi de 36.274.584 t, em uma área plantada e colhida de 1.243.300 ha, resultando em um rendimento médio de 3.358 kg/ha.

Outra importante cultura oleaginosa praticada na região é a soja, porém esta só é cultivada nos Estados de Minas Gerais e São Paulo. No total a região apresentou seu melhor desempenho no ano de 1989 com 2.518.819 t, equivalentes a 10,4% da produção

nacional (neste ano a produção brasileira foi de 24.071.360 t), em uma área plantada de 1.180.857 ha, uma área colhida de 1.179.597 ha e um rendimento médio de 2.135 kg/ha.

A maior produção em Minas Gerais ocorreu em 1998, quando apresentou 1.281.695 t de quantidade colhida, ou seja, 4% da produção brasileira (neste ano o total nacional foi de 31.357.324 t), em uma área plantada e colhida de 563.987 ha e um rendimento médio de 2.273 kg/ha. Em São Paulo a maior produção ocorreu no ano de 1997, com 1.408.500 t de quantidade colhida, equivalentes a 5,3% da produção nacional (a produção nacional totalizou 26.430.782 t), em uma área plantada e colhida de 574.900 ha, resultando em um rendimento médio de 2.450 kg/ha.

Na região Sudeste, a cultura do algodão herbáceo (em caroço) é praticada apenas nos Estados de Minas Gerais e São Paulo, apresentando o maior desempenho no ano de 1988 com 849.049 t de quantidade colhida, correspondente a 34,8% da produção nacional (na totalidade a produção brasileira foi de 2.437.827 t), 398.389 ha de área destinada à colheita e colhida, e 688 kg/ha de rendimento médio.

São Paulo é o maior produtor, apresentando em 1988 uma quantidade colhida de 714.119 t, equivalentes a 29,2% da produção nacional, em uma área destinada à colheita e colhida de 353.000 ha, resultando em um rendimento médio de 2.023 kg/ha. Minas Gerais obteve sua maior produção também no ano de 1988 com 134.930 t de quantidade colhida, ou seja 5,5% da produção nacional, em uma área destinada à colheita de 162.239 ha, uma área colhida de 162.209 ha, e um rendimento médio de 831 kg/ha.

Na região Sudeste pratica-se em menor proporção outras culturas oleaginosas tais como abacate, amendoim, urucum, coco baía, e mamona.

Potencial Energético de Óleos Vegetais

Na região Sudeste também ocorre espécies oleaginosas nativas como babaçu e pequi, e culturas extensivas de soja, milho e algodão. O raciocínio desenvolvido para a região Centro-Oeste também se aplica a esta região. Por se tratar de uma região que concentra as maiores cidades, os aglomerados populacionais e os maiores focos de poluição ambiental através de emissão de gases de efeito estufa, torna-se estratégico e de maior pertinência, a análise da viabilidade técnica, econômica e social da produção de combustíveis a base de óleos vegetais para substituição de combustíveis fósseis.

5.2.3 - Resíduos Agrícolas

5.2.3.1 - Arroz

O arroz (em casca) foi colhido no ano de 1999 segundo os dados da Produção Agrícola Municipal do IBGE, em todos os Estados da região Sudeste. O Estado maior produtor foi Minas Gerais com 305.216 t de arroz colhido, seguido por São Paulo com 126.100 t. A casca do arroz que pode ser utilizada para geração de eletricidade representa 20% do total de arroz (em casca) colhido.

Mapa 35

Produção de arroz na Região Sudeste – 1999

Potencial energético de casca de arroz

A região Sudeste é um fraco produtor de arroz. A estimativa do aproveitamento energético das cascas na região situam-se na faixa de 13 MW, sendo que nenhuma mesorregião isoladamente atinge a 2 MW. As mesorregiões do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Noroeste Mineiro e Vale do Rio Doce são os mais expressivos.

Mapa 36

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de arroz, segundo as mesorregiões da região Sudeste – 1999

5.2.3.1 - Coco baía

O coco da baía foi produzido em todos os Estados da região Sudeste. O Estado maior produtor foi o Espírito Santo com 73.943 mil frutos colhidos. Para o cálculo do resíduo do coco da baía (casca) considera-se que cada fruto pesa em média 500 gramas e que 60% deste peso corresponde à casca.

Mapa 37

Produção de coco baía na Região Sudeste – 1999

Potencial energético de casca de coco baía

O potencial dos resíduos do coco da baía é estimado em 4,58 MW na região, sendo a mesorregião Litoral Norte Espírito-Santense de maior potencial estimado em 1,47 MW.

Mapa 38

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de coco baía, segundo as mesorregiões da região Sudeste – 1999

5.2.4 - Resíduos Florestais

Segundo os dados estatísticos da publicação “Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – Brasil, 1996”, de autoria do IBGE, na região Sudeste a atividade de silvicultura no Estado de Minas Gerais obteve uma produção para papel e celulose de 2.346.846 m³ de madeira em tora e 31.253.000 m³ para outras finalidades. O Estado de São Paulo apresentou uma produção de 9.600.785 m³ de madeira em tora destinada para papel e celulose e 5.071.832 m³ para outras finalidades. O Estado do Espírito Santo obteve 4.846.515 m³ para papel e celulose e 285.926 m³ para outras finalidades. No Rio de Janeiro não houve produção para papel e celulose apresentando apenas 11.431 m³ de madeira em tora destinada para outras finalidades.

Esta mesma publicação para o ano de 1997 demonstra uma produção de madeira em tora no Estado de Minas Gerais de 2.358.583 m³ destinada a produção de papel e celulose, e 2.398.633 m³ para outras finalidades. O Estado do Espírito Santo apresentou 3.417.397 m³ para papel e celulose, e 277.677 m³ para outras finalidades. O Estado de São Paulo

totalizou 10.707.394 m³ para papel e celulose, e 5.182.109 m³ para outras finalidades. O Estado do Rio de Janeiro obteve 44.200 m³ para outras finalidades.

Para o ano de 1999 o Estado maior produtor foi São Paulo, que obteve 18.348.029 m³, seguido de Minas Gerais, com 5.108.914 m³. O terceiro Estado maior produtor foi o Espírito Santo, que apresentou uma produção de 3.370.244 m³, e o Rio de Janeiro produziu apenas 11.778 m³.

A produção de madeira nativa para 1999 foi de 129.178 m³ para o Estado de Minas Gerais, de 13.106 m³ para o Estado do Espírito Santo, de 5.445 m³ em São Paulo e de 1.128 m³ para o Rio de Janeiro.

Mapa 39 Produção de madeira em tora (silvicultura) segundo as mesorregiões da Região Sudeste – 1999

Potencial Energético de Resíduos Florestais

O potencial teórico estimado de aproveitamento de resíduos da silvicultura, para fins energéticos, na região Sudeste é de 121,27 MW. Este potencial é significativo, superado apenas pela região Sul. O Estado de São Paulo detém a maior parte deste potencial, que se concentra nas mesorregiões de Itapetininga e Bauru, seguidos da do Vale do Paraíba Paulista. Estes três pólos de produção da silvicultura paulista representam aproximadamente 45% do potencial da região Sudeste. O potencial total estimado para geração de energia a partir dos resíduos da silvicultura no Estado de São Paulo é de 82,90 MW e o potencial estimado para o Brasil é de 291,72 MW.

Fora do Estado de São Paulo, merecem referências as mesorregiões do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, com um potencial estimado de 12,18 MW e Litoral Norte Espírito-Santense, com 11,36 MW.

Mapa 40 Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de resíduos florestais (silvicultura) deixados no campo, segundo as mesorregiões da região Sudeste – 1999.

6 - REGIÃO SUL

6.1 - Aspectos característicos sobre a vegetação

A vegetação que recobre esta região pode ser dividida, de forma genérica, em vegetação litorânea, mata de araucárias, mata atlântica e campo limpo.

Vegetação litorânea

A vegetação encontrada no litoral varia entre manguezais e restingas que se iniciam na linha de costa e adentram até encontrar com a mata atlântica. Esta transição acontece gradualmente e em cada ponto da costa com uma diferente profundidade, estando muito associada com a geomorfologia de cada área.

O Manguê

Os manguezais ocorrem nas áreas litorâneas influenciadas pelas marés, ou seja, esta vegetação encontra-se associada às áreas que são invadidas pelas marés através da foz de rios e que, desta forma, possuem água salobra.

Apenas algumas espécies extremamente adaptadas aí se estabelecem e sobrevivem no solo dos mangues que são fluídos. As árvores se desenvolvem sobre raízes aéreas que servem para a respiração. Estas raízes encontram-se na altura das marés mais altas. As espécies mais freqüentes são o mangue-vermelho, a siriúba e samambaias.

A Restinga

A vegetação de restinga é aquela que predomina nos conjuntos de dunas e areais costeiros. São ecossistemas costeiros determinados pelas condições edáficas (solo arenoso) e pela influência marinha. Suas plantas estão adaptadas a condições de salinidade, extremos de temperatura, forte presença de ventos, escassez de água, solo instável e a uma insolação forte e direta.

A restinga pode ser dividida em quatro ambientes: faixa halófila, vegetação esclerófila, vegetação hidrófila e mata seca. A primeira é aquela faixa de livre alcance das ondas e marés diárias, sujeita à força das ressacas, formada por espécies rasteiras. A vegetação esclerófila é formada por um denso emaranhado de ramos e espinhos, com folhas de aspecto ressecado. As hidrófilas são locais úmidos a alagados, por acúmulo de água das chuvas, ou por afloramento do lençol freático, onde as plantas formam matas paludosas, ou brejos herbáceos e arbustivos. A última é um ambiente de transição para a mata atlântica, onde com melhores condições de fertilidade e água, as matas apresentam níveis herbáceos, arbustivos e arbóreos, com bom número de epífitas e cipós.

Mata Atlântica

A Mata Atlântica está descrita no item vegetação da região Sudeste.

Mata de Araucárias

São matas de clima úmido, com solos férteis, influenciadas por climas com temperaturas moderadas a baixas no inverno. Ocupam altitudes que variam entre 700 e 1100 m e só é encontrada entre os paralelos 21° e 30° de latitude sul. A cidade de Curitiba é considerada a área de clima ótimo para o desenvolvimento da araucária. São formações florestais bastante homogêneas, onde além da *Araucária angustifolia* existe forte presença de outro “pinheiro”, o *Podocarpus spp.*

A araucária, árvore que caracteriza esta região, atinge 1 metro de diâmetro ou mais, sendo que quando adulta, possui 25-30 metros de altura. Sua copa é inconfundível, sendo formada por longos ramos arqueados em forma de um ‘guarda-chuva’ invertido. Uma árvore dista da outra, aproximadamente, 20 a 30 metros, sendo que suas copas apenas se tocam. Uma araucária leva em média 35-40 anos para atingir seu ápice.

Intercalada à mata de araucárias existem outras várias espécies. Dentre elas, merecem destaque o chamado pinheiro-bravo, a embuia, a canela, a perobeira, a erva-mate e uma das maiores samambaias da flora brasileira (*Dicksonia sellowiana*), de cujo tronco se obtém o xaxim. São abundantes os líquens e musgos que revestem totalmente os troncos e galhos na sombra da mata, ao contrário das lianas, que aparecem, mas não na abundância que há em outros tipos de florestas.

Estas florestas possuem peculiaridades como a produção do pinhão e a presença da gralha-azul, ave da família dos corvídeos, com canto inconfundível e responsável pela dispersão de suas sementes.

Campo Limpo

No Brasil existe uma rica variedade de formações abertas que recebem designação de campo. No entanto, devido a características climáticas, de solo e relevo existem grandes diferenças ambientais entre as formações de campos.

No Rio Grande do Sul, nas áreas denominadas localmente de campanhas e pampas, encontra-se a maior extensão de campos naturais que são formações “predominantemente herbáceas, com extensos banhados ao redor de lagos e lagunas na região costeira e campos naturais de gramíneas no interior, entremeados por matas subtropicais e florestas de araucária” (Ross, 1996).

Nos pampas, áreas mais próximas ao litoral, a vegetação se desenvolve sobre um relevo relativamente bastante plano. Dominam as gramíneas e as plantas herbáceas, onde uma árvore ganha grande destaque na paisagem. Entre as árvores esparsas encontradas destacam-se a capororoca, o pau-de-leite e a corticeira. Na região denominada campanha gaúcha, as árvores isoladas desaparecem, dando lugar a arbustos. Avançando ainda mais ao interior, alcança-se o relevo das coxilhas, onde surgem junto aos rios as chamadas matas ciliares formadas por árvores não muito altas, onde se destacam o sarandi, as espinhentas unhas-de-gato, sombra-de-touro, a aroeira e o salgueiro.

6.2 - Disponibilidade de Recursos de Biomassa e Potencial energético

6.2.1 - Cana-de-açúcar

A produção sulista de cana moída na safra 1999/00 foi de 24,4 milhões de toneladas, representando 8% da produção nacional segundo dados da ÚNICA.

Esta produção é devida ao Estado do Paraná, maior e atualmente, o único produtor regional de cana moída. O Estado evoluiu de 10,4 milhões de toneladas na safra 1989/90, para 24,4 milhões de toneladas na safra de 1999/00. Na safra 1997/98, o Estado atingiu sua maior produção no período analisado com o processamento de 24,9 milhões de toneladas. No mesmo período, o Estado de Santa Catarina teve a sua melhor safra em 1990/91 com a produção de 463,4 mil toneladas de cana moída e teve a sua última safra registrada, em 1994/95, com o processamento de 235,5 mil toneladas.

O Rio Grande do Sul teve a sua última safra registrada em 1998/99 com 32,5 mil toneladas de cana moída.

A Região Sul produziu na última safra (1999/00) 1,0 milhão de m³ de álcool (anidro + hidratado). Esta quantidade significa 7,9% do total produzido em todo o país. Assim como o restante do país o pico da produção do álcool se deu na safra 1997/98 onde o Brasil produziu 15,4 milhões de m³ e a região Sul 1,3 milhão de m³. A região apresentou um aumento de 52% na produção de álcool.

Na primeira safra analisada (1989/90), o estado do Paraná produziu 667,3 mil m³ de álcool, sendo 623,7 mil m³ de hidratado e 43,6 mil m³ de álcool anidro.

O Estado de Santa Catarina produziu álcool hidratado somente no período 1989/90 a 1993/94. A safra de maior produção deste Estado foi a de 1990/91 com 8,6 mil m³.

O Rio Grande do Sul produziu álcool hidratado até a safra 1998/99. Neste ano a produção foi de 2,0 m³ de álcool. Na safra 1989/90 teve a sua mais expressiva produção: 4,2 mil m³ de álcool.

Mapa 41
Quantidade de cana-de-açúcar moída na safra 2000/2001, segundo as mesorregiões da região Sul.

Potencial Energético de Cana-de-açúcar

O potencial da utilização energética de bagaço de cana na região Sul foi estimado em torno de 42,2 MW. Este potencial está limitado ao estado do Paraná, uma vez que os outros Estados sulistas deixaram de produzir cana-de-açúcar. As mesorregiões Norte Central e Noroeste Paranaenses detêm a maior parte deste potencial, 17,6 MW e 14,9 MW respectivamente. Para as outras mesorregiões, Norte Pioneiro e Centro Ocidental, foram estimadas potências que variam de aproximadamente 7,2 a 2,5 MW.

Mapa 42
Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo as mesorregiões da região Sul.
Cenário 1: Excedente específico de 10 kWh/tc – Geração na safra (novembro a maio) – 2000/2001

Mapa 43
Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo as mesorregiões da região Sul.
Cenário 2: Excedente específico de 126 kWh/tc – Geração o ano todo – 2000/2001

6.2.2 - Óleos Vegetais

Na região Sul não ocorre espécies florestais oleaginosas nativas devido às condições do meio físico. A cultura oleaginosa mais significativa na região Sul, segundo dados estatísticos do IBGE para o período de 1987-1998, é a do milho cuja maior produção ocorreu no ano de 1995 com 18.575.039 t de quantidade colhida, equivalentes a 51% da produção nacional (total da produção no Brasil: 36.274.584 t), em uma área plantada de 5.645.115 ha, uma área colhida de 5.638.962 ha e um rendimento médio de 3.294 kg/ha. A menor produção ocorreu em 1991 com 8.397.305 t de quantidade colhida, em uma área plantada de 5.357.540 ha e uma área colhida de 5.116.891 ha, resultando em um rendimento médio de 1.641 kg/ha.

O Estado maior produtor de milho é o Paraná, cujo melhor resultado aconteceu em 1995 apresentando uma quantidade colhida de 8.988.166 t, ou seja, 24,7% da produção nacional, em uma área plantada de 2.699.663 ha e uma área colhida de 2.699.273 ha, e um rendimento médio de 3.330 kg/ha. No Rio Grande do Sul a maior produção também se deu em 1995 com 5.935.667 t de quantidade colhida, equivalentes a 16,3% da produção nacional, em uma área plantada de 1.883.870 e uma área colhida de 1.883.445 ha, resultando em um rendimento médio de 3.151 kg/ha.

Outra importante cultura oleaginosa praticada na região é a soja que apresentou seu melhor desempenho no ano de 1998 com 14.403.434 t, equivalentes a 45,9% da produção nacional (neste ano a produção brasileira foi de 31.357.324 t), em uma área plantada de 6.234.349 ha, uma área colhida de 6.228.726 ha e um rendimento médio de 2.312 kg/ha.

A maior produção no Paraná ocorreu em 1998 quando apresentou 7.286.000 t de quantidade colhida, ou seja, 23,2% da produção brasileira (neste ano o total nacional foi de 31.357.324 t), em uma área plantada e colhida de 2.848.000 ha e um rendimento médio de 2.558 kg/ha. No Rio Grande do Sul a maior produção ocorreu no ano de 1990 com 6.313.476 t de quantidade colhida, equivalentes a 31% da produção nacional (a produção nacional totalizou 19.887.642 t), em uma área plantada e colhida de 3.516.048 ha, resultando em um rendimento médio de 1.796 kg/ha. Os maiores valores referentes a esta cultura em Santa Catarina ocorreram em 1989 com 660.567 t de quantidade colhida (2,7% da produção nacional que neste ano foi de 24.071.360 t), em uma área plantada de 438.405 ha e uma área colhida de 436.435 ha, resultando em um rendimento médio de 1.513 t. Ressalta-se que a região Sul e a região Centro-Oeste são as maiores produtoras de soja do país.

Na região Sul, a cultura do algodão herbáceo (em caroço) é praticada apenas no Estado do Paraná, que apresentou seu maior desempenho no ano de 1991, com 1.024.111 t de quantidade colhida, correspondente a 50,2% da produção nacional (na totalidade a produção brasileira foi de 2.037.756 t), 618.000 ha de área destinada à colheita e colhida, e 1.657 kg/ha de rendimento médio. Ressalta-se que o Paraná é o Estado maior produtor de algodão herbáceo do país.

Na região Sul pratica-se em menor proporção outras culturas oleaginosas, tais como abacate, amendoim, urucum e mamona, todas com menos de 50.000 t de quantidade colhida.

Potencial Energético de Óleos Vegetais

O Sul do Brasil é um importante produtor de óleos vegetais, principalmente o de soja e de milho e em menor escala, de amendoim e mamona, entre outros. Alguns estados do Sul têm sido palcos de estudos e experiências de utilização de óleos vegetais como combustíveis em substituição ao diesel, com resultados altamente satisfatórios em termos de diminuição das emissões atmosféricas e de desempenho dos motores. Estas iniciativas corroboram com a idéia da necessidade de estudos mais profundos sobre a viabilidade da utilização de óleos como combustíveis para motores veiculares no Brasil.

O potencial de produção de combustíveis a partir de excedentes de óleos vegetais deve ser objeto de estudos específicos.

6.2.3 - Resíduos Agrícolas

6.2.3.1 - Arroz

A região Sul é a maior produtora de arroz (em casca), segundo dados da Produção Agrícola Municipal do IBGE. Isto se deve principalmente ao Estado do Rio Grande do Sul, que em 1999 colheu 5.630.077 t, seguido por Santa Catarina que colheu 758.837 t. A casca do arroz que pode ser utilizada para geração de eletricidade representa 20% do total de arroz (em casca) colhido.

Mapa 44

Produção de arroz na Região Sul – 1999

Potencial energético de casca de arroz

A região Sul tem o maior potencial estimado de geração de energia a partir da casca de arroz (189,89 MW) e concentrado majoritariamente nas mesorregiões Sudoeste e Sudeste Rio-Grandense com 72,61 e 33,07 MW respectivamente. A região Metropolitana de Porto Alegre aparece também com um potencial bom (28,98 MW).

Mapa 45

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de arroz, segundo as mesorregiões da região Sul – 1999.

6.2.4 - Resíduos Florestais

Segundo os dados estatísticos da publicação “Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – Brasil, 1996”, de autoria do IBGE, na região Sul a atividade de silvicultura no Estado do Paraná obteve uma produção para papel e celulose de 6.350.171 m³ de madeira em tora destinada para papel e celulose e 4.676.988 m³ para outras finalidades. O Estado de Santa Catarina apresentou uma produção de 5.525.964 m³ de madeira em tora destinada para papel e celulose, e 5.088.961 m³ para outras finalidades. O Estado do Rio Grande do Sul obteve 1.136.683 m³ para papel e celulose, e 2.441.796 m³ para outras finalidades.

Esta mesma publicação para o ano de 1997 demonstra uma produção de madeira em tora no Estado do Paraná de 8.041.983 m³ para papel e celulose, e 5.549.066 m³ para outras

finalidades. O Estado de Santa Catarina apresentou 5.525.964 m³ para papel e celulose, e 5.088.961 m³ para outras finalidades. O Estado do Rio Grande do Sul totalizou 1.136.683 m³ para papel e celulose, e 2.441.796 m³ para outras finalidades.

Para o ano de 1999 o Estado maior produtor foi o Paraná que obteve 12.505.715 m³ de madeira em tora, seguido de Santa Catarina com 11.669.438 m³. O Estado do Rio Grande do Sul obteve 4.012.049 m³ de madeira em tora.

A produção de madeira nativa para o ano de 1999 foi de 1.893.140 m³ no Estado do Paraná, seguido do Rio Grande do Sul com 126.573 m³ e de Santa Catarina com 119.342 m³.

Mapa 46

Produção de madeira em tora (silvicultura) segundo as mesorregiões da Região Sul – 1999

5.3.5 - Potencial Energético de Resíduos Florestais

A região Sul concentra o maior potencial de aproveitamento energético de resíduos da silvicultura para geração de energia, no Brasil. O potencial teórico estimado é de 127,36 MW, com a liderança da mesorregião Serrana de Santa Catarina com 20,43 MW, de potencial estimado, seguido de perto pela mesorregião Centro Oriental Paranaense, com 19,97 MW. Somam-se ao potencial de Santa Catarina, 28,44 MW provenientes da mesorregiões Norte e Oeste Catarinenses.

O Estado do Paraná apresenta também outros importantes centros de silvicultura com potencialidade de uso energético dos resíduos. São eles, o Centro Sul e Sudeste Paranaense com 10,10 e 9,58 MW respectivamente, e a Região Metropolitana de Curitiba com 9,25 MW de potencial teórico estimado.

O Rio Grande do Sul apresenta um potencial de cerca de 18 MW, concentrado na sua maioria na mesorregião Metropolitana de Porto Alegre.

Mapa 47

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de resíduos florestais (silvicultura) deixados no campo, segundo as mesorregiões da região Sul – 1999.

BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO, Aroldo de. *Brasil – A Terra e o Homem: As bases Físicas – volume 1*. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 1964.

BRANCO, Samuel Murgel. *O desafio amazônico*. Ed. Moderna, São Paulo, 1995.

CUNHA, Sandra Baptista e GUERRA, Antônio José Teixeira (org). *Geomorfologia do Brasil*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998.

DEMATTE, José Luiz Ioriatti. *Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos- Região Amazônica*. Fundação Cargill, Campinas, 1988.

IBGE. *Anuário Estatístico do Brasil – 1998*. Ed. do IBGE, Rio de Janeiro – 1998.

IBGE. *Geografia do Brasil - Região Centro-Oeste*. Ed. do IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

IBGE. *Geografia do Brasil - Região Norte*. Ed. do IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

IBGE. *Geografia do Brasil - Região Nordeste*. Ed. do IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

IBGE. *Geografia do Brasil - Região Sudeste*. Ed. do IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

IBGE, *Geografia do Brasil - Região Sul*. Ed. do IBGE, Rio de Janeiro, 1977.

IBGE. *Manuais de descrição física das grandes regiões do Brasil*. Ed. do IBGE, Rio de Janeiro, 1986

IBGE. *Novo - Paisagens do Brasil*. Ed. do IBGE, Rio de Janeiro, 1968.

IBGE. *Produção Agrícola Municipal - 1999*.

IBGE, *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – 1999*.

JOLY, Aylthon Brandão. *Conheça a vegetação brasileira*. Editora Polígono, São Paulo, 1970.

LAROUSSE CULTURAL. *Enciclopédia Compacta – Brasil Temático*. Círculo do Livro, São Paulo, 1995.

MIRANDA, R. de M. & MOURA, R. D. *Óleo de dendê, alternativa ao óleo diesel como combustível para geradores de energia em comunidades isoladas da Amazônia*. Trabalho apresentado no Seminário Internacional USP-PETROBRAS sobre biomassa para produção de energia. Rio de Janeiro, 2001.

ROSS, Jurandyr L. Sanches (org.). *Geografia do Brasil*. Edusp, São Paulo, 1996.

SILVA, Orlando Cristiano. *Funcionamento de motores com óleos vegetais in natura – experiência brasileira na Amazônia*. Trabalho apresentado no seminário internacional USP-PETROBRAS sobre biomassa para produção de energia. Rio de Janeiro, 2001.

ANEXO I

Mapas do Brasil

Mapa 48

Quantidade de cana-de-açúcar moída na safra 2000/2001, segundo Unidades da Federação.

Mapa 49

Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo Unidades da Federação

Cenário 1: Excedente específico de 10 kWh/tc – Geração na safra (novembro a maio) – 2000/2001

Mapa 50

Potencial técnico para geração de excedente no setor sucroalcooleiro, segundo Unidades da Federação

Cenário 2: Excedente específico de 126 kWh/tc – Geração o ano todo – 2000/2001

Mapa 51

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de óleo de palma, segundo Unidades da Federação – 1999.

Mapa 52

Produção de arroz, segundo Unidades da Federação – 1999

Mapa 53

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de arroz, segundo Unidades da Federação – 1999.

Mapa 55

Produção castanha de caju, segundo Unidades da Federação – 1999

Mapa 55

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de castanha de caju, segundo Unidades da Federação – 1999.

Mapa 56

Produção coco baía, segundo Unidades da Federação – 1999

Mapa 57

Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de casca de coco baía, segundo Unidades da Federação – 1999.

Mapa 58
Produção de madeira em tora (silvicultura) segundo Unidades da Federação – 1999

Mapa 59
Estimativa de potencial para geração de eletricidade a partir do uso de resíduos florestais (silvicultura) deixados no campo, segundo Unidades da Federação – 1999.

Determinação do Potencial Técnico de Geração de Excedente de Eletricidade a partir de bagaço de cana-de-açúcar

Cenário 1

Opção tecnológica: caldeira de 21 bar, turbinas de múltiplos estágios para acionamento de moendas com potencial de geração de eletricidade excedente de 10 kWh/tc (geração somente na safra).

Caldeiras: 21 bar – 300°C

Consumo de vapor no processo: 500 kg/tc.

Sobra de bagaço: aproximadamente igual à atual.

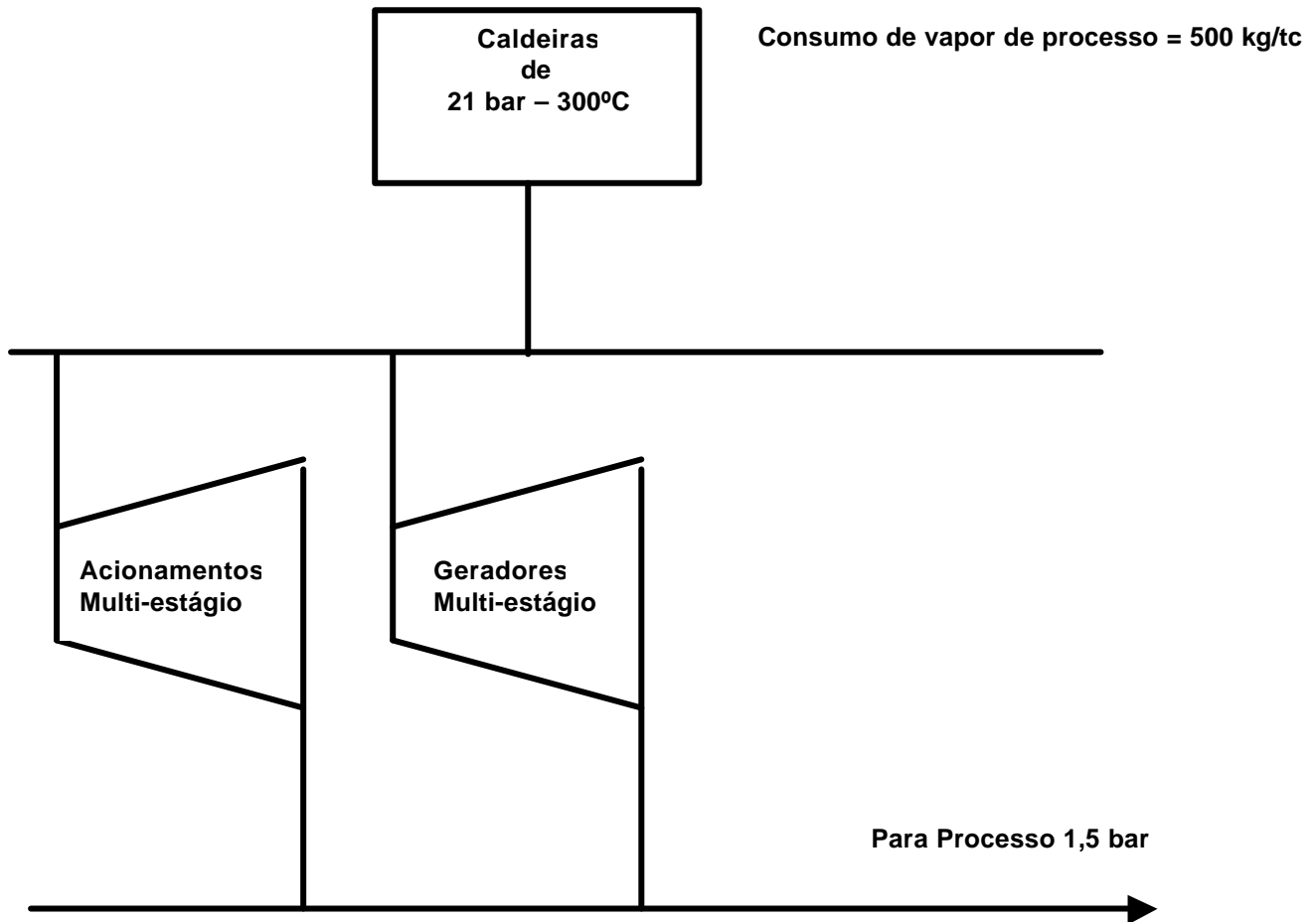
Geração de energia elétrica somente na safra da região centro-sul = 180 dias/ano com Fator de Utilização de 95%

Geração de energia elétrica somente na safra da região norte-nordeste = 150 dias/ano com Fator de Utilização de 95%

Assim, calculando a potência correspondente para cada 1.000.000 de toneladas de cana moída, considerando uma usina específica que trabalhou 180 dias na safra 2000-2001, temos:

$$Pt_1 = [1.000.000 \text{ tc}/(180\text{dias} * 24 \text{ horas} * 0,95)] * 10 \text{ kWh/tc} = 2.437 \text{ kW}$$

Esquema do Cenário 1
Opção com caldeira de 21 bar



Cenário 2

Opção tecnológica: caldeira de 80 bar, turbinas de condensação/extração, turbinas de múltiplos estágios para acionamento de moendas com potencial de geração de eletricidade excedente de 126 kWh/tc (geração na safra/entressafra).

Caldeiras: 80 bar – 480°C

Consumo de vapor no processo: 340 kg/tc

Necessita combustível adicional (todo o bagaço + 40% de palha com 15% umidade)

Geração de energia elétrica 8.323 h/ano (ano inteiro, com fator de utilização igual a 95%)

Utilização de todo vapor em 80 bar

Utilização de toda a geração de energia elétrica 80 bar com turbina de extração e condensação

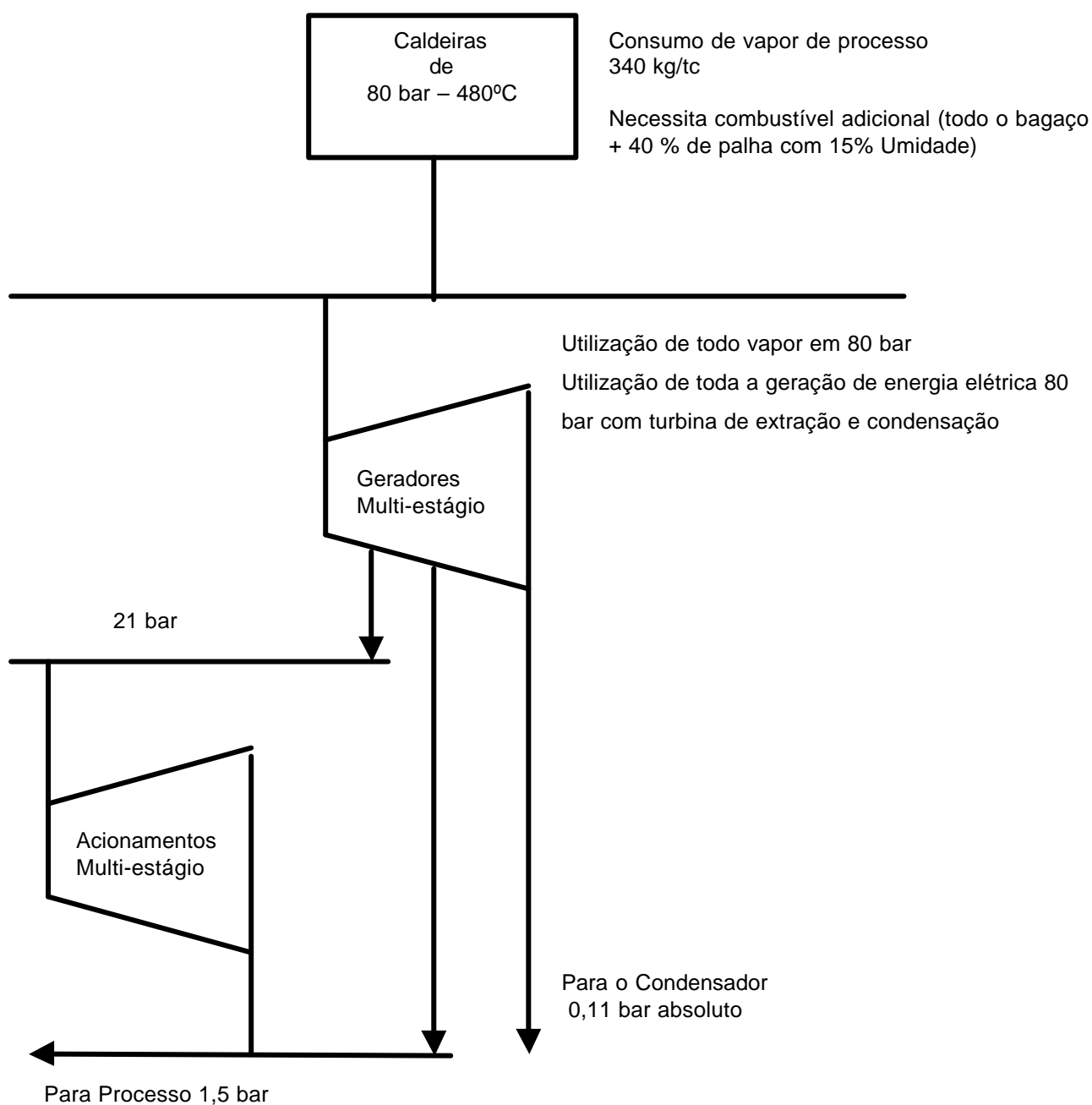
Substituição dos acionamentos mecânicos do preparo e da moenda por turbinas de múltiplo estágios em 21 bar.

Assim, calculando a potência correspondente para cada 1.000.000 de toneladas de cana moída, temos:

$$Pt_2 = [1.000.000 \text{ tc} / (365 \text{ dias} * 24 \text{ horas} * 0,95)] * 126 \text{ kWh/tc} = 15.141 \text{ kW}$$

Esquema do Cenário 2

Opção com caldeira de 80 bar - Aproveitando os acionamentos mecânicos em 21 bar (porém com turbinas de múltiplo estágio)



Determinação do Potencial de Geração de Eletricidade a partir de resíduos agrícolas e da silvicultura

Resíduos Agrícolas

Para o cálculo das potências instaladas considerou-se o uso de ciclos a vapor de pequeno porte com rendimento de 15% e o teor de resíduos e o P.C.I. em cada caso:

Arroz

Teor de resíduo – 30%

P.C.I. – 3.384 kcal/kg

Castanha de Caju

Teor de resíduo – 73%

P.C.I. - 4.281 kcal/kg

Coco da Bahia

Teor de resíduo – 60%

P.C.I. - 4.556 kcal/kg

Silvicultura

Índice de resíduos no campo - 0,1765

P.C.I. - 2000 kcal/kg

Notas: Conversão de m³ para ton = m³ * 0,45

(Considerando densidade média do eucalipto no Brasil = 450 kg/m³)

Equação para determinação da energia gerada

$$EG \text{ (MWh/ano)} = (\text{Quant. (ton)} * \text{PCI (kcal/kg)} * 0,15) / 860$$

$$PI \text{ (MW)} = EG / (8760 * 0,70)$$

Onde:

EG = Energia Gerada

PI = Potência Instalada

Determinação do Potencial de Geração de Eletricidade a partir Óleos Vegetais

O potencial de geração de eletricidade a partir de óleos vegetais foi calculado com base nos projetos experimentais desenvolvidos na região norte do País, nomeadamente no Projeto “GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM COMUNIDADE ISOLADA DA AMAZÔNIA, UTILIZANDO ÓLEO DE PALMA (DENDÊ), PRODUZIDO NA PRÓPRIA COMUNIDADE, COMO COMBUSTÍVEL” desenvolvido na Comunidade Vila Boa Esperança, em Moju-PA, onde se obteve o resultado de consumo de óleo de dendê, de 250 kg/MWh.

Utilizou-se o fator de capacidade (FC), ou seja, tempo de utilização ao longo do ano, de 30%. Este índice é satisfatório para as pequenas comunidades, na medida em que, devido às atividades que desenvolvem (agricultura de subsistência e extrativismo vegetal), passam a maior parte do dia fora de casa.

Equação para determinação da energia gerada

$$EG \text{ (MWh)} = Q_{\text{de. Óleo}} \text{ (kg)} / 250 \text{ (kg/MWh)}$$

$$PI \text{ (MW)} = EG / 8760 * 0,30$$

Onde:

EG = Energia Gerada

PI = Potência Instalada

