

# ATLAS DE BIOENERGIA DO ESPÍRITO SANTO



2 0 1 3

ATLAS DE  
**BIOENERGIA**  
DO ESPÍRITO SANTO

2 0 1 3



SECRETARIA DA AGRICULTURA,  
ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA



SECRETARIA DE  
DESENVOLVIMENTO



## Governo do Estado do Espírito Santo

Governador: **Renato Casagrande**

Vice-Governador: **Givaldo Vieira**

## Secretaria de Estado de Desenvolvimento do Espírito Santo

Secretário: **Nery Vicente Milani De Rossi**

## Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (Aspe)

Diretor Geral: **Luiz Fernando Schettino**

Diretor Técnico: **Ayrton de Souza Porto Filho**

Diretor Administrativo e Financeiro: **Alexandre Guimarães Mendes**

Gerente de Energia Elétrica: **Carla Costa Madureira**

Analista de Suporte Técnico: **Suely Cardoso de Oliveira Doria**

Especialista em Regulação e Fiscalização: **Alexandre de Mello Delpupo**

Assistente de Gerência: **Paulo Victor Dias Almeida**

Estagiário de Geoprocessamento: **Murilo Pereira Scarpatti**

## Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper)

**Marcio Adonis Miranda Rocha**

**Itamar Alvino de Souza**

## Companhia Espírito Santense de Saneamento (Cesan)

**Ludimila Marvila Girondoli**

## Consultoria Externa

**Alexandre Carvalho de Souza**

A265a Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE)  
Atlas de Bioenergia do Espírito Santo / Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo  
(ASPE) . \_ Vitória, ES, 2013.  
100 p.; Il.; 32cm.  
ISBN: 978-85-66756-00-5  
1. Biomassa. 2. Energia de biomassa – Espírito Santo. 3. Energias renováveis. 4. Fontes alternativas de energia.  
I. Governo do Estado do Espírito Santo. II. Agência de Serviços Públicos de  
Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE). III. Título.

CDD: 662.88

Autorizada a reprodução parcial desde que citada a fonte

# CAMINHO PARA UMA ENERGIA LIMPA

Um dos maiores desafios do nosso tempo é encontrar alternativas para suprir as necessidades atuais de consumo dos seres humanos, sem comprometer a qualidade de vida e a própria sobrevivência das próximas gerações. Por isso, a utilização eficiente e criteriosa dos recursos naturais e a luta pela manutenção dos diferentes ecossistemas que convivem em nosso planeta vêm se tornando objetivos cada vez mais urgentes no mundo contemporâneo. Por outro lado, a expansão das cidades, da população e do acesso a bens de consumo fez com que a destinação final dos resíduos urbanos se tornasse um problema de grande magnitude, uma vez que a maioria dos aterros sanitários existentes está saturada ou prestes a alcançar seu limite.

É nesse quadro que o desenvolvimento de tecnologias e processos de produção de energia a partir da biomassa se revela uma opção eficiente, integradora e com imenso potencial. E é nesse quadro que o Governo do Espírito Santo, por meio da Agência de Serviços Públicos de Energia, lança agora o Atlas de Biomassa, com o objetivo de estudar as potencialidades do Estado para o uso desses recursos, visando a eficiência energética e um consumo mais consciente.

Temos o firme compromisso com a promoção de um novo modelo de desenvolvimento em terras capixabas. Um modelo que parte do respeito ao meio ambiente e às características socioeconômicas de cada região para construir um cenário de prosperidade mais horizontal, com oportunidades de crescimento individual, social e profissional para todos os moradores e maior equilíbrio na distribuição geográfica dos investimentos públicos e privados. Para isso, precisamos investir em alternativas energéticas mais limpas e eficientes, que sejam também capazes de estender seus benefícios para outras áreas, garantindo ganhos de sinergia em sua aplicação. É o que nos oferece a chamada bioenergia. E é o que levou à produção deste Atlas, que pretende servir como mapa do caminho que nos levará a soluções integradas para dois dos principais desafios que enfrentamos hoje.

**Renato Casagrande**

Governador do Espírito Santo

# APRESENTAÇÃO

O presente trabalho tem por finalidade apresentar o potencial da biomassa do Estado do Espírito Santo e sua viabilidade para a geração de energia. Ele foi desenvolvido a partir do Termo de Cooperação Técnica Aspe – n. 001/2011, estabelecido entre a Agência de Serviços Público em Energia do Estado do Espírito Santo (Aspe), o Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (Idaf) e o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), juntamente com a Companhia Espírito Santense de Saneamento (Cesan).

Os dados utilizados para a elaboração desta obra foram disponibilizados pelo IBGE por meio das Séries Históricas para as diversas biomassas do Estado até 2010 e também pela Associação de Suinocultores e Avicultores do Estado do Espírito Santo, Ases e Aves, dentre outros órgãos e instituições, conforme bibliografia.

A metodologia de conversão da biomassa em energia utilizada foi a mesma desenvolvida pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (Cenbio). Através desses dados, foram gerados mapas, por meio de geoprocessamento, acerca da disponibilidade de cada tipo de biomassa por município do Estado.

Os mapas elaborados para este Atlas são referentes ao potencial de geração de energia dos seguintes tipos de biomassa:

- Resíduos de cana-de-açúcar, com cenários para 30 kWh e 60 kWh por tonelada de cana moída;
- Resíduos florestais, considerando cenários com eficiência de 15% e 30%;
- Resíduos agrícolas;
- Biogás (fração de metano) proveniente do tratamento de efluentes líquidos gerados na criação de suínos, nas demais criações e nos abatedouros;
- Biogás (fração de metano) proveniente do tratamento de efluentes líquidos domésticos e comerciais, e
- Biogás (fração de metano) proveniente da disposição de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários.

Com a elaboração deste Atlas, almejamos contribuir com dados e informações que possam ser utilizadas como base e estímulo para novas pesquisas e investimentos na área de conversão de biomassa em energia no Estado do Espírito Santo. Este é um trabalho de desenvolvimento contínuo, que contará com a agregação de contribuições e críticas em atualizações futuras.

***Diretorias e Equipe Técnica da Aspe,  
Idaf, Incaper e Cesan.***



**A** Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (Aspe) é uma autarquia de regime especial, dotada de autonomia administrativa, financeira e técnica, vinculada à Secretaria do Estado de Desenvolvimento do Espírito Santo (Sedes) e criada em 2004, pela Lei n. 7.860 e regulamentada pelo Decreto n. 1.525-R, de 8 de agosto de 2005.

A agência tem por finalidade regular, controlar e fiscalizar o setor energético do Espírito Santo, incluindo a energia elétrica, por meio de delegação conferida pela União Federal, e gás natural, no que tange à eficiência dos serviços públicos, fornecimento, distribuição e demais condições de atendimento aos usuários.

Ainda em 2005, a Lei n. 8.121 alterou a redação da lei de constituição da Aspe, incluindo dentre suas atividades o estudo e o planejamento do setor energético do Estado.

Assim, a Aspe tornou-se a primeira agência reguladora estadual do país a exercer também a atribuição de elaborar estudos e propostas para subsidiar decisões, políticas e diretrizes do Governo do Estado relacionadas à segurança energética e ao desenvolvimento sustentável.

As fontes de energia renováveis estão cada vez mais assumindo um maior protagonismo no cenário energético mundial. Acredita-se que os seus benefícios serão duradouros em matéria de segurança energética e conservação do meio ambiente. Diante desse contexto, o Governo do Estado do Espírito Santo vem elaborando estudos a fim de estimular o uso de energias alternativas.

Seguindo esse pensamento, a Aspe elaborou o Atlas Eólico do Espírito Santo e agora desenvolve o presente Atlas de Bioenergia do Estado, juntamente com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e a Companhia Espírito Santense de Saneamento (Cesan). Esta obra tem como finalidade principal apresentar o potencial da biomassa do Estado do Espírito Santo em seus diferentes setores. Por meio dos dados e informações presentes neste trabalho, pretende-se subsidiar novas pesquisas e incentivar a elaboração de políticas públicas que visem a atrair investimentos na área de conversão de biomassa em energia no Estado do Espírito Santo.

**Luiz Fernando Schettino**

Diretor Geral da Aspe

**Ayrton de Souza Porto Filho**

Diretor Técnico da Aspe

**Alexandre Guimarães Mendes**

Diretor Administrativo e Financeiro da Aspe



O desenvolvimento do presente Atlas, juntamente com a Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (Aspe), teve como finalidade principal apresentar o potencial da biomassa do Estado do Espírito Santo em seus diferentes setores. O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) participou, com grande satisfação, da elaboração deste documento, uma vez que essa iniciativa vai ao encontro da missão do Instituto em promover soluções tecnológicas e sociais por meio de ações integradas de pesquisa, assistência técnica e extensão rural, visando ao desenvolvimento do Espírito Santo. Nesta obra, o Incaper agregou o conhecimento desenvolvido por seus pesquisadores e extensionistas em termos agronômicos, subsidiando-a com informações relevantes para a temática em questão.

Será possível perceber na presente obra que a biomassa no Espírito Santo é bastante diversificada, sendo produzidos no Estado os quatro segmentos principais da agroenergia do Brasil: o biodiesel, proveniente de resíduos agrícolas; o etanol, a partir da cana-de-açúcar; as florestas energéticas, e os resíduos e dejetos, dos quais é proveniente o biogás (fração de metano), a partir do tratamento de efluentes líquidos gerados na criação de suínos, nas demais criações de animais e nos abatedouros, de efluentes líquidos domésticos e comerciais e da disposição de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários.

O levantamento da potencialidade energética desses segmentos em localidades específicas proporciona uma base de informações sobre a viabilidade técnica de sua utilização para a geração de energia e também subsidia a escolha de políticas públicas para o uso das biomassas. É importante destacar que o Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (Geobases), ferramenta de geoprocessamento, foi importante para a elaboração do Atlas, gerando mapas da bioenergia estimada por município para cada biomassa.

O destaque na execução desta obra se traduz na importância das potencialidades energéticas que o Estado possui, abrindo um horizonte para o desenvolvimento de informações técnicas mais específicas sobre as diferentes condições agroclimáticas do Espírito Santo. A partir do mapeamento das potencialidades, podem ser gerados conhecimentos e tecnologias com foco na recomendação técnica para minimizar os impactos ambientais e, ao mesmo tempo, propor soluções inteligentes que permitam a reciclagem dos resíduos gerados nas diversas atividades e a sinalização de novas técnicas de geração de energia, como as eólicas e as provenientes do biodiesel. O Incaper, com foco de atuação na agricultura familiar e na sustentabilidade, acredita que esse seja um caminho inovador para enfrentar os desafios no âmbito energético que se colocam para a sociedade.

**Evair Vieira de Melo**

Diretor Presidente do Incaper

**Aureliano Nogueira da Costa**

Diretor Técnico do Incaper



**A** Cesan, visando a ser referência na gestão ambiental de seus sistemas e no intuito de prevenir e minimizar os impactos ambientais dos processos, produtos e serviços, tem realizado estudos para aproveitamento energético do biogás gerado nas estações de tratamento de esgoto como subproduto do processo.

Como diretriz para a universalização do saneamento, prevê-se a implantação de ETEs mais compactas, de mais baixo custo operacional, com boa eficiência de remoção de poluentes e que gerem subprodutos que possam ser utilizados como insumos na própria estação ou em outros processos. Dessa forma, a publicação do Atlas de Bioenergia do Espírito Santo vem ao encontro dos anseios da empresa na busca de soluções para reduzir a utilização de recursos naturais, em especial o emprego de energia nos processos de coleta e tratamento de esgoto, assim como para o abastecimento de água. Aliado a esse objetivo, vem atender a crescente demanda da sociedade por soluções mais sustentáveis, tanto do ponto de vista ambiental, quanto econômico.

Atualmente, a empresa opera 37 estações em que há biogás. Com os investimentos previstos para o aumento da cobertura de coleta e do tratamento de esgoto nos 52 municípios onde atua, presencia-se um cenário promissor para a utilização do biogás. Assim, a participação da Cesan neste grupo de trabalho foi fundamental, pois, além de agregar mais conhecimentos à empresa, firmaram-se parcerias importantes para o desenvolvimento de estudos para a geração de energias alternativas no âmbito do saneamento ambiental.

**Neivaldo Bragato**

Diretor-presidente da Companhia Espírito Santense de Saneamento

**Anselmo Tozi**

Diretor de Meio Ambiente

# Sumário

## 1

Introdução à Biomassa .....	19
1.1 Tecnologia de aproveitamento .....	22

## 2

Metodologia .....	23
2.1 Resíduos agrícolas .....	24
2.1.1 Coco .....	25
2.1.2 Cana de açúcar .....	26
2.2 Silvicultura .....	27
2.2.1 Resíduos de madeira em tora .....	38
2.3 Efluentes .....	29
2.3.1 Efluentes líquidos animais .....	29
2.3.2 Efluentes líquidos domésticos e comerciais .....	31
2.4 Resíduos Sólidos .....	33
2.4.1 Resíduos Sólidos Urbanos .....	33

## 3

Resumo do Potencial de Biomassa .....	35
---------------------------------------	----

## 4

Análises e Diagnósticos das Biomassas no ES .....	39
4.1 Introdução .....	40
4.2 Biodigestor .....	40
4.3 Processos de Densificação Visando Maior Eficiência .....	47
4.4 A Lavoura Temporária .....	49
4.4.1 Cana de Açúcar .....	49
4.4.2 Milho .....	49
4.5 Lavoura Permanente .....	50
4.6 Silvicultura .....	50
4.6.1 A Floresta Energética no Espírito Santo .....	50
4.7 Efluentes Líquidos dos Animais .....	51
4.7.1 Contribuições para a Produção de Biogás a partir de Dejetos de Animais .....	55
4.8 Os Efluentes Líquidos Domésticos e Comerciais .....	58
4.8.1 O Lodo de Esgoto na Agricultura .....	59
4.9 Os Resíduos Sólidos Urbanos .....	60
4.10 Lixívia .....	61
4.11 O Biodiesel e as Oleaginosas no Espírito Santo .....	61
4.11.1 Algas .....	61
4.11.2 A Pesquisa do Pinhão Manso no Espírito Santo .....	62
4.11.3 A Mamona .....	65
4.11.4 Aptidão Agrícola para A Cultura do Girassol (Helianthus Annus L.) no Estado do Espírito Santo Para Produção de Energia .....	67
4.12 A Biomassa Turfa no Espírito Santo .....	70
4.13 Ergometria .....	70

# 5

## Mapas das Biomassas.....71

5.1 Mapa da Biomassa Total .....	72
5.2 Mapas da Biomassa Cana de Açúcar (Bagaço) .....	73
5.2.1 Cenário 1 .....	73
5.2.2 Cenário 2 .....	74
5.2.3 Mapa do Zoneamento Agroecológico .....	75
da CANA DE AÇÚCAR no Espírito Santo	
5.3 Mapa da Biomassa Milho (palha) .....	76
5.4 Mapa da Biomassa Cacau (casca) .....	77
5.5 Mapa da Biomassa Café (casca de grão) .....	78
5.6 Mapa da Biomassa Coco (casca) .....	79
5.7 Mapa da Biomassa Resíduo de Madeira em Tora .....	80
5.8 Mapa da biomassa Lenha .....	81
5.9 Mapa da biomassa Carvão Vegetal .....	82
5.10 Mapa da biomassa Efluente Líquido Bovino .....	83
5.11 Mapa da biomassa Efluente Equino, .....	84
Asinino e Muar	
5.12 Mapa da biomassa Efluente Suíno .....	85
5.13 Mapa da biomassa Efluente das Aves .....	86
5.14 Mapa da Biomassa Efluentes .....	87
Domésticos e Comerciais	
5.15 Mapa da Biomassa Resíduos Sólidos Urbanos .....	88

# 6

## Potencial Energético da Biomassa Municipal.....89

# 7

## Exemplos de Sucesso.....91

Apêndice .....	95
Glossário .....	96
Referências Bibliográficas .....	99



# 1

## INTRODUÇÃO À BIOMASSA

Uma fonte de energia é considerada renovável quando as condições naturais permitem sua reposição em um curto horizonte de tempo. São fontes renováveis a energia solar, a maremotriz, a geotermal, a eólica, a hidráulica e a biomassa (GOLDEMBERG e LUCON, 2008). Segundo o World Energy Outlook 2011, elaborado pela Agência Internacional de Energia (IEA), a participação das energias renováveis não hidrelétricas na matriz energética mundial será de 15% em 2035, sendo que em 2009 essa participação era de 3%.

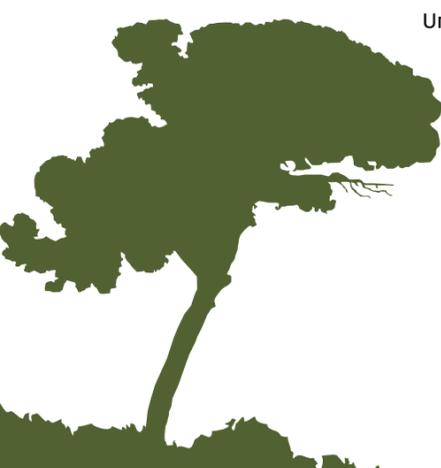
Do ponto de vista energético, para fins de outorga de empreendimentos do setor elétrico, biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia.

Dentre todas as utilizações possíveis para a biomassa, a geração de energia pode ser considerada a mais expressiva. Em efeito, a sua combustão constitui tradicionalmente a fonte de energia mais antiga e importante desde o descobrimento do fogo e teve participação significativa até a Revolução Industrial, quando outras fontes alternativas de energia foram disponibilizadas, de forma acompanhar o surto do desenvolvimento e a respectiva demanda por produtos industrializados (COUTO et al. Apud INFANTE & VEIRAS, 2003). Perdendo cada vez mais sua liderança histórica para a energia provinda do carvão, e, depois, com o crescimento contínuo do petróleo e do gás natural, a utilização da biomassa foi reduzida praticamente às residências particulares em regiões agrícolas (CORTEZ et al., 2008).

Há cerca de 50 anos, mais de 50% da energia consumida no Brasil provinha da madeira, e esta não era uma contingência peculiar nossa. Mais de metade da população mundial era dependente desse mesmo energético. O uso da lenha foi até recentemente considerado um indício de atraso, não apenas econômico ou tecnológico, mas até mesmo quanto ao nível de civilização de uma nação (CORTEZ et al., 2008).

Existe um grande número de tecnologias disponíveis para a conversão da biomassa em energia adequadas para aplicação em pequena e grande escala. Essas tecnologias incluem gaseificação, métodos de produção de calor e eletricidade (cogeração), recuperação de energia de efluentes líquidos animais, domésticos e comerciais, de resíduos sólidos urbanos e gás de aterros sanitários, além dos biocombustíveis para o setor de transportes (etanol e biodiesel). O recente interesse na energia derivada da biomassa tem dado ênfase em aplicações que produzem combustíveis líquidos para o setor de transportes (biocombustíveis) (GOLDEMBERG, 2009).

Os cinco países que possuem a maior capacidade instalada para a produção de energia elétrica provinda da biomassa no mundo são Estados Unidos, Brasil, Alemanha, China e Suécia. A Tabela 1 mostra a energia elétrica obtida de biomassa produzida por países de destaque em 2010 (REN21, 2011).



## ENERGIA PRODUZIDA (TWh)

48

ESTADOS UNIDOS

28,7

ALEMANHA

28

BRASIL

12,1

SUÉCIA

10

JAPÃO\*

4

CHINA

Não inclui a queima conjunta com carvão mineral. Fonte: REN21, 2011

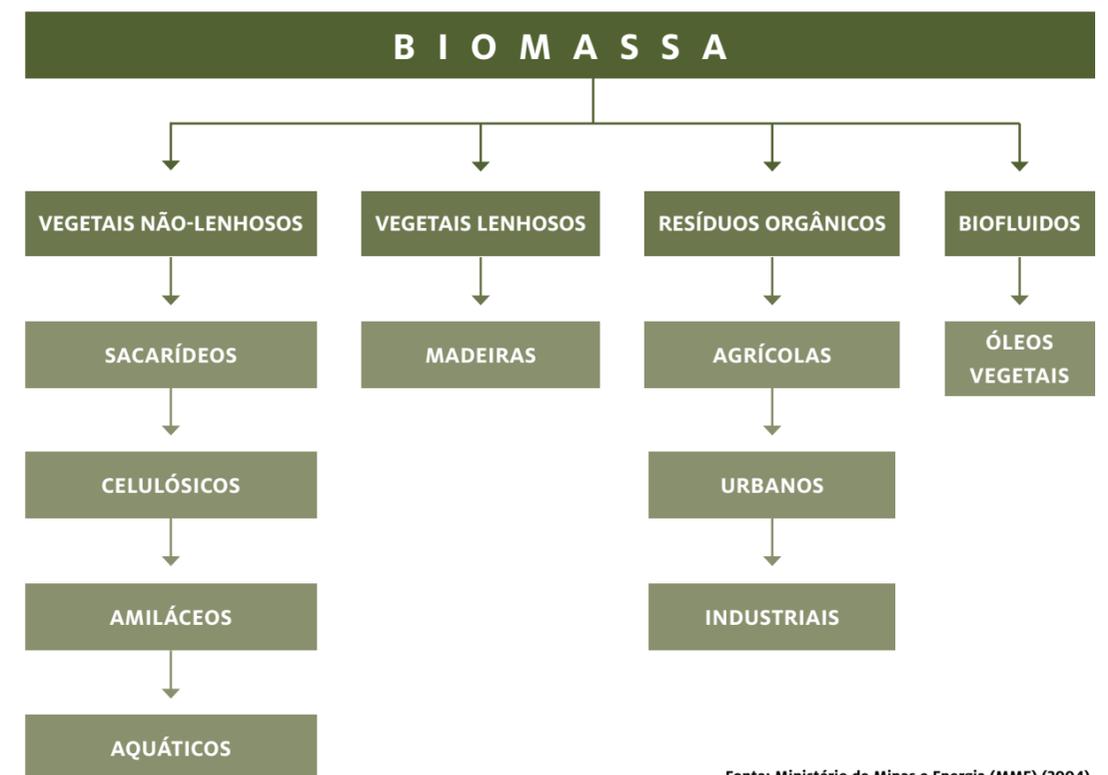
Embora grande parte do planeta esteja desprovida de florestas, a quantidade de biomassa existente na Terra é da ordem de dois trilhões de toneladas, o que significa cerca de 400 toneladas per capita. Em termos energéticos, isso corresponde a mais ou menos 3.000 EJ por ano, oito vezes mais do que o consumo mundial de energia primária (da ordem de 400 EJ por ano) (ANEEL apud RAMAGE; SCURLOCK, 1996).

Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por intermédio da combustão em fornos, caldeiras etc. Para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos socioambientais, têm-se desenvolvido e aperfeiçoado tecnologias de conversão mais eficientes, como a gaseificação e a

pirólise, também sendo comum a cogeração em sistemas que utilizam a biomassa como fonte energética. Observa-se a participação da biomassa em 30% dos empreendimentos de cogeração em operação no Brasil.

As vantagens do uso da biomassa na produção de energia são o baixo custo produtivo e operacional; o fato de se tratar de insumo renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos e ser bem menos poluente do que outras fontes de energia, como o petróleo ou o carvão mineral, e também sua alta densidade energética e facilidades de armazenamento, conversão e transporte. A semelhança entre os motores que utilizam biomassa e os que utilizam energias fósseis é outra vantagem. Dessa forma, a substituição das formas de obtenção de energia não teria um impacto tão expressivo na indústria em geral.

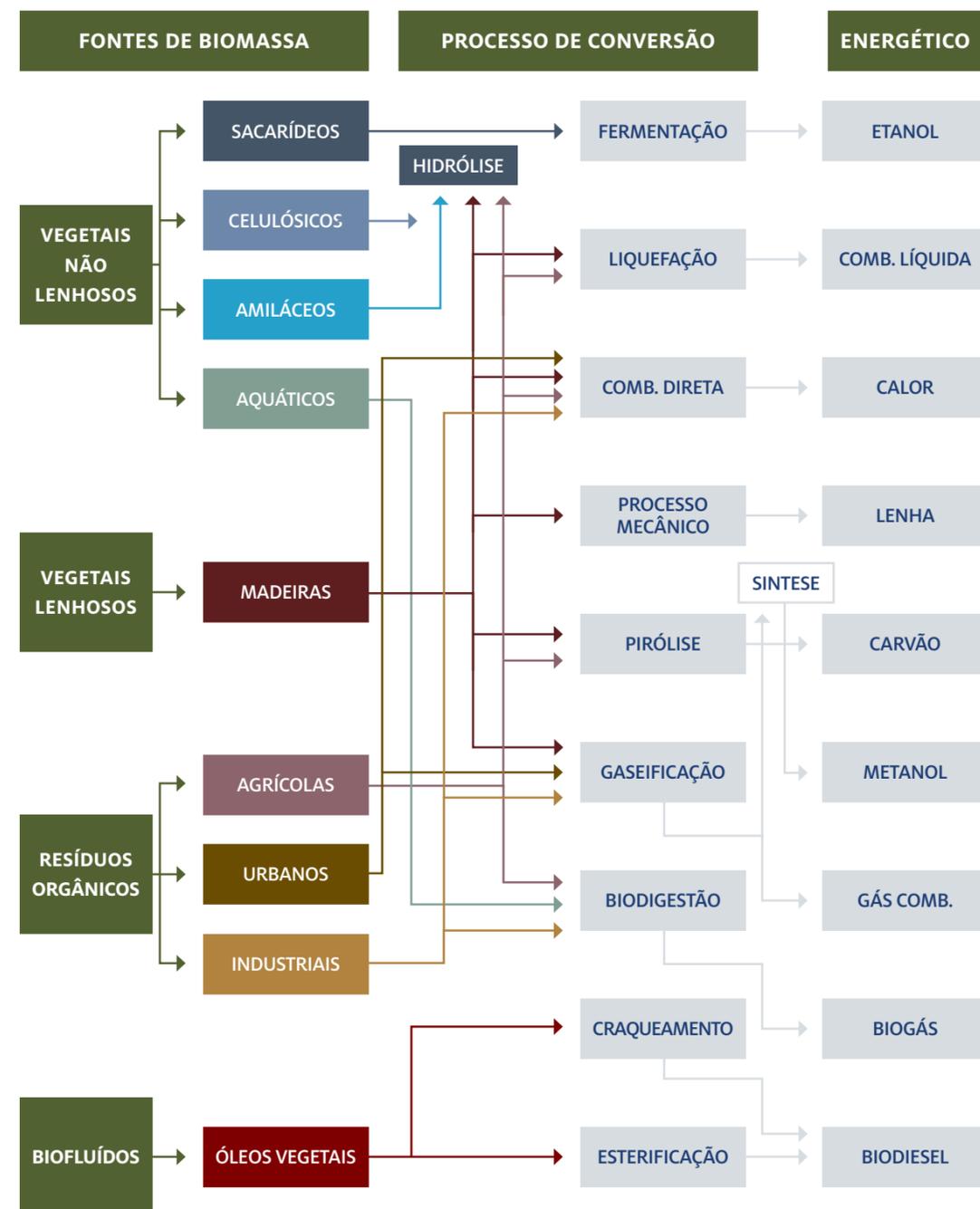
## TIPOS DE BIOMASSA



Fonte: Ministério de Minas e Energia (MME) (2004).

## 1.1 TECNOLOGIA DE APROVEITAMENTO

O aproveitamento da biomassa pode ser feito por meio da combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/quebra etc), de processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou de processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação).



Fonte: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL - BEN. Brasília: MME, 1982. (adaptado)

# 2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo foi a mesma empregada pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (Cenbio) para a elaboração do Atlas de Bioenergia do Brasil (2009). Para efetuar o cálculo de conversão energética dos diversos tipos de biomassa, foram estabelecidas diferentes tecnologias de conversão (fórmulas específicas) e considerados seus respectivos poderes caloríficos. Os resultados obtidos são apresentados nos itens a seguir, separados por tipo de biomassa.

## 2.1 RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Para estimar o potencial de geração de energia a partir de resíduos agrícolas, foram levados em consideração os valores das produções agrícolas em cada município do Estado do Espírito Santo. O quantitativo de resíduos foi calculado a partir de índices obtidos na literatura especializada. O método de cálculo de conversão da eficiência ( $n$ ) adotado foi de 15%, considerando um baixo rendimento termodinâmico, a exemplo da utilização de sistemas de geração compostos de caldeira de 20 bar e turbina de condensador atmosférico.

Os dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, média de 2001 a 2010) na agricultura, são em toneladas de cacau, milho e café em casca produzidos; os potenciais energéticos dos

mesmos foram calculados com a metodologia para o arroz, adaptada. Portanto, é necessário considerar apenas a casca como resíduo agrícola aproveitável que, nesse caso, representa 80%, 25% e 20% do peso total de cada biomassa, respectivamente. O Poder Calorífico Inferior (PCI) da casca do cacau é de 3.900 kcal/kg, do milho 3.000 kcal/kg e do café 3.206 kcal/kg, e a conversão de kcal/kg para kWh/kg é dada pela divisão por 860. O cálculo do potencial a partir desses resíduos foi efetuado pela **equação 1**:

*Considera-se que o sistema opere o ano todo com os resíduos gerados e que a operação ocorra em 95% das horas anuais, o que resulta em 8.322 horas de operação/ano.*

### Equação 1

$$\text{Potencial} \left( \frac{\text{MW}}{\text{Ano}} \right) = \frac{[(t_{\text{Biomassa}} \times 0,3) \times \text{PCI kcal/kg} \times 0,15]}{(860 \times 8.322) (1)}$$



Casca de Milho



Casca de Cacau

### 2.1.1 COCO

Segundo o Incaper, o Espírito Santo apresenta a maior produção de coco por hectare do Brasil. Enquanto a produtividade nacional média é de sete mil frutos por hectare, a capixaba é de 14 mil. Em relação às exportações, o Estado está em quarto lugar, comercializando mais de sete mil toneladas por ano.



Coco aberto



Coco em cacho

A quantidade de unidades utilizadas como referência para o cálculo do potencial em MW/ano do coco, apresentado pelo IBGE (média de 2001 a 2010), é de mil frutos. É necessário estabelecer um peso médio para cada coco, aproximadamente 500 gramas, e considerar apenas a casca do fruto como resíduo agrícola aproveitável, que, neste caso, representa 60% no peso total do coco.

Posteriormente, é necessário dividir o resultado por mil. O PCI da casca é de 4.556,82 kcal/kg (COELHO, PALETTA e FREITAS, 2000), e a conversão de kcal/kg para

kWh/kg é dada pela divisão por 860. Considera-se que um sistema de geração opere o ano todo, e que a operação ocorra em 95% da carga horária anual, o que resulta em 8.322 horas de operação/ano.

O cálculo do potencial a partir desse resíduo é demonstrado na **Equação 2**:

**Equação 2**

$$\text{Potencial} \left( \frac{\text{MW}}{\text{Ano}} \right) = \frac{\left( \frac{\text{mil frutos} \times 500\text{g}}{1.000} \right) \times 0,6 \times \text{PCI kcal/kg} \times 0,15}{860 \times 8.322}$$

Considera-se que o sistema opere somente durante a safra (abril a novembro), resultando em 5.563 horas de operação anual. A mesma situação é válida também para a Equação 4.

**Equação 3 - 30kWh/t cana**

$$\text{Potencial} \left( \frac{\text{MW}}{\text{Ano}} \right) = \frac{t_{\text{cana}} \times 30 \text{ kWh/h}}{(1.000 \times 5.563)}$$

**Equação 4 - 60kWh/t cana**

$$\text{Potencial} \left( \frac{\text{MW}}{\text{Ano}} \right) = \frac{t_{\text{cana}} \times 60 \text{ kWh/h}}{(1.000 \times 5.563)}$$

## 2.1.2 CANA-DE-AÇÚCAR

O uso da cana-de-açúcar para a cogeração de energia já foi largamente estudado no Brasil. Neste trabalho, são propostos dois cenários para a geração de energia a partir dos resíduos dessa cultura: 30 kWh/t e 60 kWh/t de cana. O potencial para a geração de energia é calculado multiplicando a eficiência do processo (kWh/tc) pela quantidade de cana colhida em cada município da federação, dado fornecido pelo IBGE (média de 2001 a 2010), conforme as equações 3 e 4.



Cana-de-açúcar

## 2.2 SILVICULTURA

A silvicultura é a ciência que se ocupa das atividades ligadas à implantação e regeneração de florestas. Visa, dessa forma, o aproveitamento e manutenção racional das florestas, em função do interesse ecológico, científico, econômico e social.

O setor florestal do Estado do Espírito Santo é constituído pelo patrimônio florestal remanescente da Mata Atlântica, com 512.590 ha (11% da área estadual), e 249.922 ha (5% da área estadual) com florestas plantadas pela base industrial agregada. (SOS Mata Atlântica, 2011). A silvicultura representa, em toda sua cadeia no Espírito Santo, 25% do PIB do Agronegócio Estadual, gerando cerca de 80 mil empregos diretos e indiretos. (CEDAGRO 2011, Obra: Dimensionamento do Mercado Capixaba de produtos florestais madeiráveis).

Os resíduos da silvicultura são gerados em três momentos: a deixada no campo após o corte (15%), a do preparo da madeira (50%) e a gerada na indústria moveleira (20%). Neste estudo, os dados fornecidos pelo IBGE (média de 2001 a 2010) correspondem à madeira em tora já processada. Considerações sobre florestas energéticas serão avaliadas no item 4.6.1.

Por corresponder à madeira já processada, o resíduo utilizado para fins energéticos é apenas o resultante de seu processamento (50%). A fase anterior ao corte e a moveleira não é considerada. O cálculo do potencial teórico para geração de energia considera um sistema convencional de turbina a vapor (ciclo Rankine), com diferentes percentuais de rendimento: 15% (pequeno porte) e 30% (médio porte).

O dado apresentado pelo IBGE (média entre 2001 e 2010) é fornecido em metro cúbico de madeira em tora, sendo necessário converter esses valores para tonelada numa relação que é de 1m³ para 0,68t (FLORESTAR ESTATÍSTICO, 2004). Adaptamos a fórmula de conversão de resíduos de madeira para lenha e carvão vegetal.



Eucalipto

## 2.2.1 RESÍDUOS DE MADEIRA EM TORA

Para calcular o potencial energético dos resíduos de madeira em tora, levaram-se em consideração apenas os resíduos gerados na fase de processamento, que representam 50% do peso total da madeira em tora. O PCI do resíduo é de 2.000 kcal/kg (COELHO, PALETTA e FREITAS, 2000), e a conversão de kcal/kg para kWh/kg é dada pela divisão por 860. O cálculo do potencial a partir desse resíduo é demonstrado na **Equação 5**:

**Equação 5**

$$\text{Potencial} \left( \frac{\text{MW}}{\text{Ano}} \right) = \frac{t_{\text{madeira}} \times 0,5 \times \text{PCI kcal/kg} \times 0,15}{(860 \times 8.322)}$$

*Equação 5: Para os potenciais maiores que 200 kW/ano e menores que 10 MW/ano, foi considerada a utilização de equipamentos com eficiência (n) = 15%.*

Os potenciais maiores que 10 MW/ano, em que se utilizam equipamentos com eficiência (n) = 30%, não são apresentados no Estado.

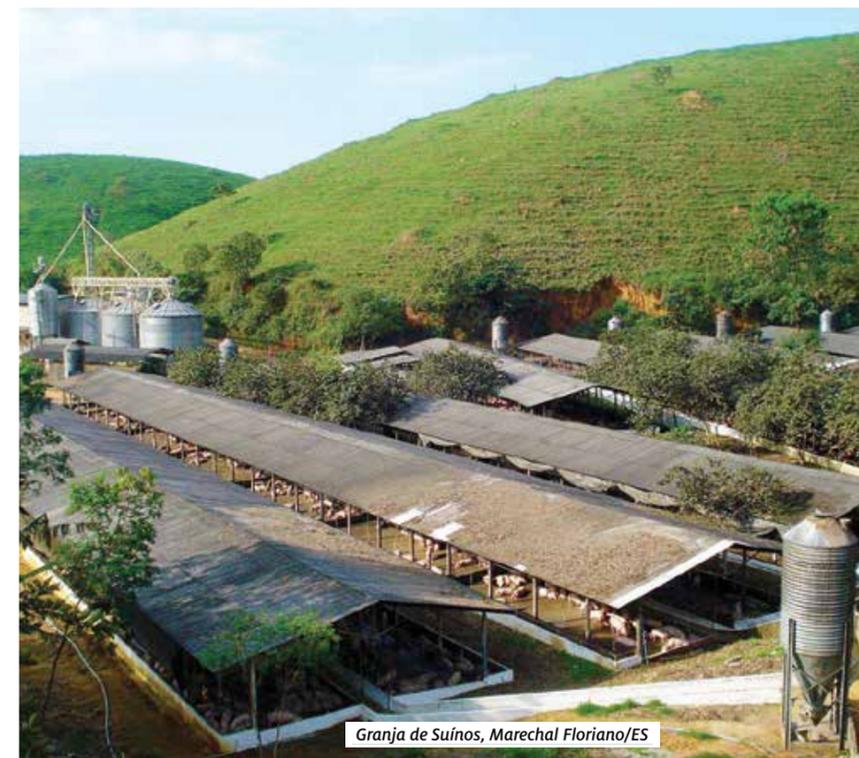
Resíduo de madeira

## 2.3 EFLUENTES

Os efluentes são geralmente produtos líquidos ou gasosos provenientes da geração de resíduos domésticos, comerciais e animais. Quando lançados em locais inadequados, podem causar poluição do solo, das águas superficiais e subterrâneas. Dessa maneira, é necessário estabelecer padrões para lançamento.

### 2.3.1 EFLUENTES LÍQUIDOS ANIMAIS

Os dados apresentados pelo IBGE (média de 2001 a 2009) para suinocultura são referentes ao número de cabeças. A fórmula utilizada para o cálculo da estimativa de geração de biogás a partir de efluentes líquidos suínos foi retirada do “Manual do Usuário do Programa de Computador – Biogás – Geração e Uso Energético versão 1.0”, publicado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb).



Granja de Suínos, Marechal Floriano/ES



Suínos confinados

Com base na publicação, o metano (em m<sup>3</sup>) gerado corresponde à quantidade do gás contido no biogás, resultante da decomposição do esterco gerado diariamente nas propriedades criadoras de suínos, bovinos, aves e demais criações e abatedouro. O cálculo para esse potencial é apresentado na **Equação 6**:

Equação 6: Cálculo de metano gerado

Equação 6

$$\text{Metano} \left( \frac{\text{MWh}}{\text{Ano}} \right) = 30 \times 12 \text{ dias} \times n^{\circ} \text{ de cabeças} \times \text{Et} \times \text{Pb} \times \text{Conc. CH}_4 \times \text{VE}_1$$

Onde

**Et:** Esterco total [kg esterco/(dia.unidade geradora)]

**Pb:** Produção de biogás [kg biogás/kg esterco]

**Conc. CH<sub>4</sub>:** Concentração de metano no biogás [%]

**VE:** Volume específico do metano [kgCH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>], sendo este igual a 0,670 kgCH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>

Valores de conversão energética para diferentes tipos de efluentes líquidos animais

Origem do Material	[Kg esterco/(dia.unidade geradora)]	(kg biogás/Kg esterco)	Concentração de Metano
Suínos	2,25	0,062	66%
Bovinos	10	0,037	60%
Equinos	12	0,048	60%
Aves	0,18	0,055	60%
Abatedouro	1,0	0,100	55%

Fonte: MOTTA, 1986



Bovino semiconfinado

### 2.3.2 EFLUENTES LÍQUIDOS DOMÉSTICOS E COMERCIAIS

Para o cálculo do volume de efluente tratado, foram utilizados os dados de população do Senso Demográfico 2010 elaborado pelo IBGE e considerados 60% de coleta e tratamento de esgoto, conforme meta do Governo do Estado para a cobertura de tratamento de esgoto na Região Metropolitana da Grande Vitória, através do Programa Águas Limpas. Embora sabendo que esse percentual não corresponde à realidade, a fim de utilizar um valor padrão, considerou-se 60% de coleta e tratamento de esgoto para todos os municípios do Estado.

*Dessa forma, a geração de metano a partir de esgoto doméstico e comercial tratado nos municípios do Estado do Espírito Santo é estimada através da Equação 7.*

Equação 7

$$\text{Metano} \left( \frac{\text{MWh}}{\text{Ano}} \right) = \left( \text{Ef. Trat} \times \frac{\text{DBO}_5}{\text{m}^3 \text{ efluente}} \times n \text{ biodigestor} \times \text{MFEM} \right) \times R$$

Onde

**Ef. Trat:** Quantidade de efluente tratado por ano (em m<sup>3</sup>)

**DBO<sub>5</sub>:** Taxa de geração de demanda bioquímica de oxigênio (tDBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.ano).

**En:** Eficiência do biodigestor (fração adimensional)

**MFEM:** Máximo fator de emissão de metano (fração adimensional)

**R:** Quantidade de metano recuperado (kg<sub>CH<sub>4</sub></sub>/ano)

- a) **Cálculo da Taxa de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>)**  
 A geração de carga orgânica para a população do Brasil, segundo Feachem (1983, in CETESB, 1998), equivale a 0,05 kgDBO<sub>5</sub> por habitante por dia. Segundo a norma ABNT NBR 7229/93, são utilizados, aproximadamente, 160 litros de água por dia por habitante nas regiões urbanas, o que equivale a 0,312 kgDBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> de esgoto gerado. Para os cálculos, foi considerado o valor em toneladas de 0,000312.
- b) **Cálculo da eficiência do biodigestor:** adotou-se uma eficiência de 50% para os biodigestores anaeróbios com base na eficiência média desses equipamentos.
- c) **Cálculo do Máximo Fator de Emissão de Metano (MFEM)**  
 O valor assumido para o máximo fator de emissão de metano é igual ao valor sugerido pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC de 1996), de 0,25 tCH<sub>4</sub> por tonelada de DBO<sub>5</sub> (cabe ressaltar que no IPCC de 2006 usa-se 0,6 tonelada de CH<sub>4</sub> por tonelada de DBO<sub>5</sub>, 2,4 vezes maior que o usado pelo IPCC de 1996).
- d) **Cálculo da Quantidade de Metano Recuperado (R)**  
 A quantidade de metano recuperado é considerada insignificante.



Estação de Tratamento de Esgoto Mangueiras, inaugurada em 2010



ETE com capacidade para tratar mais de 1,3 milhão de litros de esgoto por dia

## 2.4 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos constituem aquilo que genericamente se chama lixo, ou seja, materiais sólidos considerados sem utilidade, supérfluos ou perigosos, gerados pela atividade humana e que devem ser descartados ou eliminados.

### 2.4.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O trabalho sobre o potencial de produção de biogás a partir de resíduos sólidos foi feito com base no senso demográfico do IBGE (2010). Pelos dados do IBGE, do número de habitantes tem-se a estimativa do volume total do lixo enviado a aterros sanitários em toneladas por dia em cada município. Desse volume, consideraram-se 53%, que equivale à média do lixo encaminhado para os aterros sanitários na Região Sudeste, informação fornecida pela COPE/UFRJ, com dados do Censo IBGE e Abrelpe 2009.

*O cálculo do potencial de emissão de metano a partir do biogás oriundo da disposição de resíduos sólidos foi baseado na metodologia recomendada pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Revised 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual and Workbook", conforme demonstra a Equação 8.*

## Equação 8

$$\text{Metano} \left( \frac{t_{\text{CH}_4}}{\text{Ano}} \right) = V_{\text{lixo}} \times \text{FCM} \times \text{COD} \times \text{CODf} \times F \times 16 - R \times (1 - \text{OX})$$

- a) **Cálculo do Fator de Correção de Metano (FCM)**  
O IPCC recomenda valores de FCM de acordo com a profundidade do local de disposição de resíduos sólidos. Um desses valores é 60% para os locais sem classificação. Uma vez que não se conhece a profundidade dos locais de disposição de resíduos sólidos no Estado do Espírito Santo, será utilizado o valor de 60% para todos os municípios.
- b) **Cálculo do Carbono Orgânico Degradável (COD)**  
O valor do carbono orgânico degradável utilizado nesse panorama foi o sugerido pelo IPCC, igual a 12%, valor que não leva em consideração a composição de resíduos no Estado, pois os dados de composição, nas diferentes cidades no Espírito Santo, são escassos.
- c) **Cálculo da fração de COD que Realmente Degrada (CODf)**  
Foi utilizado nesse panorama, conforme recomendado pelo IPCC (2006), o valor de 77%, correspondente à fração de COD que realmente degrada.
- d) **Cálculo da Fração de Metano no Biogás (F)**  
O IPCC recomenda que se considere a fração de gás metano no biogás de aterro da ordem de 50%. Uma amostra de dados da composição de gás na Região Metropolitana de São Paulo confirma os dados do IPCC. Porém, com a variação de um aterro para outro, pode-se considerar um erro da ordem de 10%.
- e) **Cálculo da Quantidade de Metano Recuperado (R)**  
A quantidade de metano recuperado é considerada insignificante.
- f) **Cálculo do Fator de Oxidação (OX)**  
O fator de oxidação é considerado zero.

### Onde

**V lixo:** Volume de resíduos sólidos depositados no aterro (tonelada por dia)

**FCM:** Fator de correção de metano (adimensional)

**COD:** Carbono orgânico degradável no RSD (resíduo sólido domiciliar) (adimensional)

**CODf:** Fração de COD que realmente degrada (adimensional)

**F:** Fração de CH<sub>4</sub> no gás de aterro (adimensional)

**16/12:** Taxa de conversão de carbono em metano (adimensional)

**R:** Quantidade de metano recuperado (kgCH<sub>4</sub>/ano)

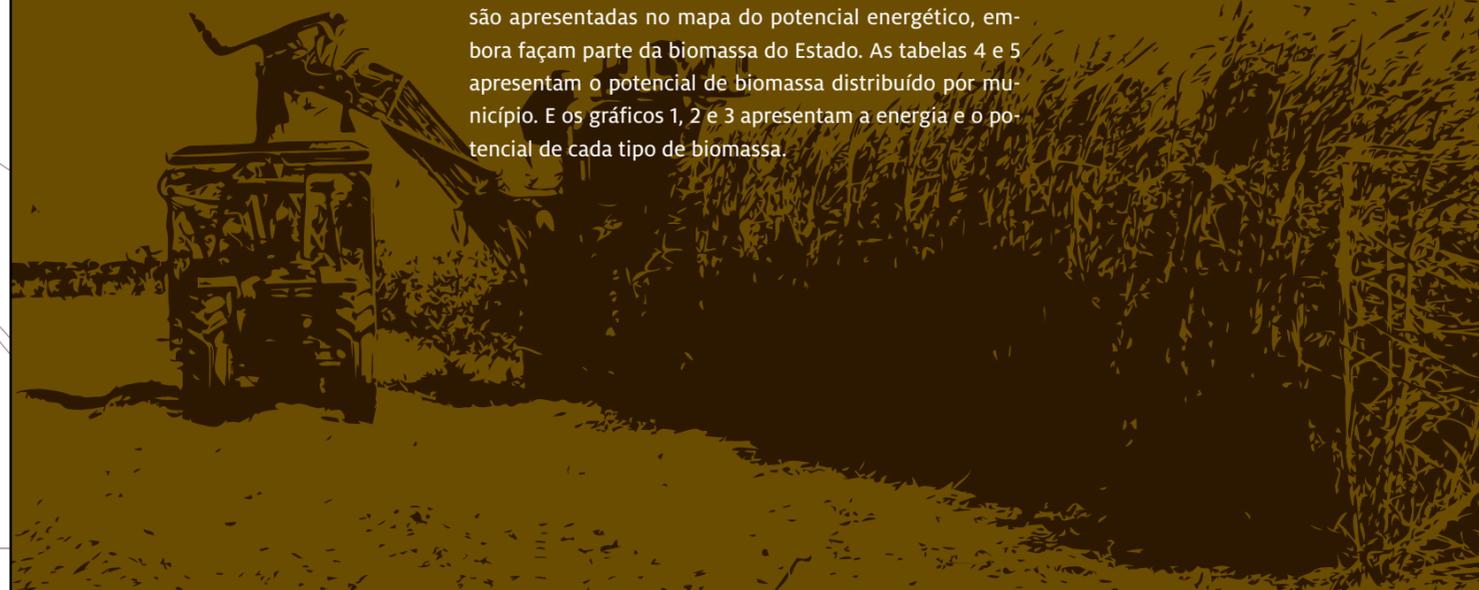
**OX:** Fator de oxidação (adimensional)

É necessário salientar que, na geração de metano, a partir da disposição de resíduos sólidos, há variação ao longo do tempo conforme aumenta ou diminui a disposição de matéria orgânica. Sendo assim, a Equação 8 refere-se ao potencial de metano gerado ao longo de um ano de disposição, não considerando o metano emitido a partir do lixo depositado anteriormente. A quantidade de metano emitida poderá aumentar conforme o aumento de lixo contido no aterro com o passar do tempo e vice-versa, pois a curva de geração de metano tem comportamento crescente durante o período em que o aterro recebe lixo – a cada nova tonelada de lixo depositada, soma-se um novo potencial de geração de biogás. O ponto máximo da curva ocorre no último ano de disposição do lixo no aterro e, a partir daí, a curva é regida pela constante de decaimento referente à degradação da matéria orgânica no tempo.

# 3

## RESUMO DO POTENCIAL DE BIOMASSA

Para estimar a energia e o potencial de cada biomassa, foi utilizada a metodologia desenvolvida pelo Cenbio. Essas biomassas foram catalogadas pelo IBGE e apresentadas como Grupo A. O Grupo B é composto pelas biomassas que não têm distribuição municipal pelo IBGE ou não possuem metodologia de conversão, portanto, não são apresentadas no mapa do potencial energético, embora façam parte da biomassa do Estado. As tabelas 4 e 5 apresentam o potencial de biomassa distribuído por município. E os gráficos 1, 2 e 3 apresentam a energia e o potencial de cada tipo de biomassa.



As principais biomassas presentes no Estado são as seguintes:

## Grupo A

*Biomassas com distribuição por municípios e metodologia de conversão*

1. Lavoura temporária: resíduos de milho, bagaço de cana-de-açúcar
2. Lavoura permanente: resíduos de cacau, café e coco
3. Silvicultura: resíduo de madeira em tora, lenha e carvão
4. Efluentes animais: biogás de estrume (dejetos, urina e cama) de bovinos, equinos, asininos, muars, suínos, caprinos, ovinos e aves
5. Biogás de efluentes líquidos domésticos e de comerciais
6. Biogás de resíduos sólidos

## Grupo B

*Biomassas sem distribuição por municípios ou sem metodologia de conversão*

Lixívia, abatedouros, algas, pinhão manso e mamona para biodiesel, abatedouro da aquicultura e piscicultura, bioálcool de cana-de-açúcar, florestas energéticas, turfa e ergometria.

### Energia e potencial por tipo de biomassa

Energia e Potencial por tipo de biomassa no ES (média 2001 a 2010)					
Tipo de Biomassa	Quantidade Produzida em [toneladas]	Energia por tipo de biomassa em [MWh]	Potencial por tipo de biomassa em [MW]	Energia por tipo de biomassa em Percentual	Potencial por tipo de biomassa em Percentual
Lavoura Temporária	4.312.179	139.827	24,0	3,2%	4,4%
Lavoura Permanente	854.202	110.941	13,1	2,6%	2,4%
Silviculturas	1.851.203	755.922	90,8	17,4%	16,8%
Efluentes Animais* (Cabeças)	17.604.726	3.104.371	373,0	71,5%	69,1%
Efluentes Domésticos e Comerciais (Habitantes)	3.392.775	64.310	18,5	1,5%	3,4%
Resíduos Sólidos Urbanos (Habitantes)	3.392.775	168.237	20,2	3,9%	3,7%
<b>Biomassa Total</b>		<b>4.343.608</b>	<b>539,7</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Resultados ASPE 2012. Fonte IBGE, ano base 2010. Metodologia do CENBIO, 2009. \*dados IBGE 2000 a 2009.

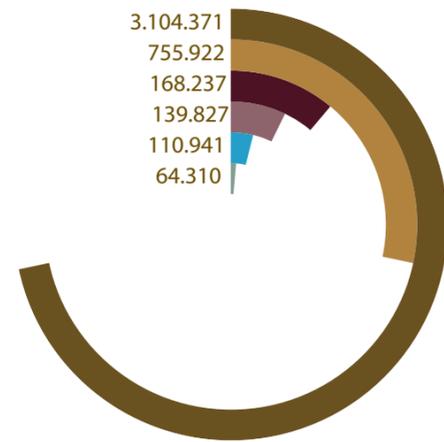
### Energia e potencial de cada biomassa no Espírito Santo versus consumo residencial (média 2001 a 2010)

Energia e Potencial de cada biomassa no ES Versus o Consumo Residencial (média 2001 a 2010)				
Tipo de Biomassa	Quantidade Produzida em [toneladas]	Energia por tipo de biomassa em [MWh]	Potencial por tipo de biomassa em [MW]	Equivale ao Nº de Residências consumindo (280 KWh/mês)**
Lavoura Temporária				
Milho (casca) ton	106.443,7	13.924	1,4	1.036
Cana de açúcar ton	4.196.749,8	125.902	22,6	9.368
Lavoura Permanente				
Cacau (casca) ton	8.569,1	4.663	0,6	347
Café (casca) ton	607.802,9	67.969	8,2	5.057
Coco (casca) Mil frutos	160.663,0	38.308	4,4	2.850
Silviculturas				
Resíduos de Madeira em Tora, ton	1.707.189,3	674.935	81,1	50.218
Lenha, ton	104.144,7	45.049	5,4	3.552
Carvão, ton	39.869,3	35.938	4,3	2.674
Efluentes Animais (Cabeças)*				
Bovino	1.963.812,0	2.314.395	278,1	172.202
Equino, Asinino e Muar	89.143,3	163.549	19,7	12.169
Suíno	295.103,2	144.237	17,3	10.732
Caprino e Ovino	49.311,0	2.675	0,3	199
Ave	15.206.576,3	479.515	57,6	35.678
Efluentes Domésticos e Comerciais	3.392.775,0	64.310	18,5	4.785
Resíduos Sólidos Urbanos (Habitantes)	3.392.775,0	168.237	20,2	12.518
<b>Biomassa Total</b>		<b>4.343.608</b>	<b>539,7</b>	<b>323.185</b>

Resultados ASPE 2012. Fonte IBGE, ano base 2010. Metodologia do CENBIO, 2009. \* dados IBGE de 2000 a 2009. \*\* Considerado de 25% o rendimento do Grupo Motogerador.

# 4

## ANÁLISES E DIAGNÓSTICOS DAS BIOMASSAS NO ESPÍRITO SANTO

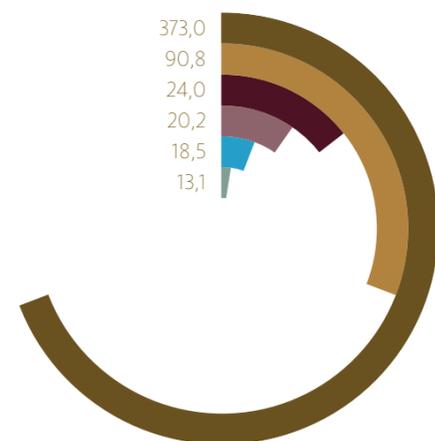


Energia por tipo de biomassa em [MWh] disponível no Estado do Espírito Santo

Energia total 4.343.608 [MWh]

- Efluentes Domésticos e comerciais
- Lavoura Permanente
- Lavoura Temporária
- Resíduos Sólidos Urbanos
- Silviculturas
- Efluentes Animais

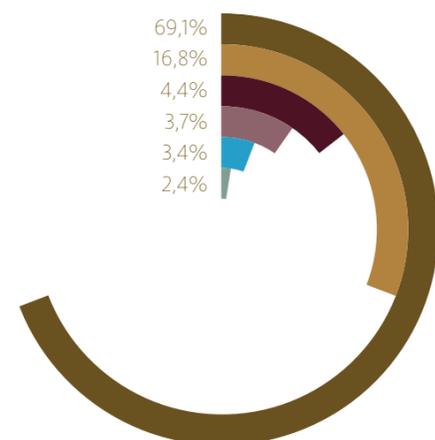
Resultados ASPE 2012. Fonte IBGE, ano base 2010. Metodologia do CENBIO, 2009.



Potencial por tipo de biomassa em [MW] disponível no Estado do Espírito Santo

Potencial total 539,7 [MW]

- Lavoura Permanente
- Efluentes Domésticos e comerciais
- Resíduos Sólidos Urbanos
- Lavoura Temporária
- Silviculturas
- Efluentes Animais



Potencial por tipo de biomassa em [%] disponível no Estado do Espírito Santo

Potencial total 539,7 [MW]

- Lavoura Permanente
- Efluentes Domésticos e comerciais
- Resíduos Sólidos Urbanos
- Lavoura Temporária
- Silviculturas
- Efluentes Animais

## 4.1 INTRODUÇÃO

A biomassa encontrada no Estado do Espírito Santo é bem diversificada e podemos classificá-la entre os seguintes segmentos da agroenergia: biodiesel, etanol, florestas energéticas e resíduos e dejetos. O enfoque desta obra está no potencial energético das biomassas, portanto, não serão consideradas as demais características que, porventura, elas tenham.

O potencial de cada município é analisado por meio de seis tipos de biomassas disponíveis no Estado, apresentadas como Grupo A (no item 3) e catalogadas pelo IBGE por meio da metodologia de conversão do Cenbio. As demais biomassas do Estado também serão apresentadas, e foram classificadas no item 3 como Grupo B.

Em seguida, serão apresentadas as características de cada tipo de biomassa e seus respectivos potenciais de geração de energia. Utilizando como referência estudos elaborados pelo Cenbio, serão considerados apenas 15% do potencial total estimado (média de todas as biomassas estudadas), visto que não é possível o aproveitamento total dos insumos. Por exemplo, dos 540 MW de potencial total estimado, serão considerados 81 MW. Isso equivale a 3,6% da demanda de energia do estado em 2010, que foi de 2.202 MW.

## 4.2 BIODIGESTOR

Integrado ao tratamento dos efluentes, como peça fundamental, está o biodigestor ou reator anaeróbio.

Um biodigestor, digestor ou biorreator pode ser definido como uma câmara de fermentação fechada onde a biomassa é digerida pelas bactérias anaeróbicas, produzindo biogás. Em outras palavras, trata-se de um recipiente completamente fechado e vedado, impedindo qualquer entrada de ar, construído de alvenaria, concreto e outros materiais, onde é colocado o material a ser degradado para posterior fermentação. Existem vários tipos de biodigestores, porém, os mais difundidos são chineses, indianos e canadenses. Cada um possui sua peculiaridade, mas todos têm como objetivo criar condição anaeróbica, ou seja, total ausência de oxigênio para que a biomassa seja completamente degradada (GASPAR, 2003).

## HISTÓRICO

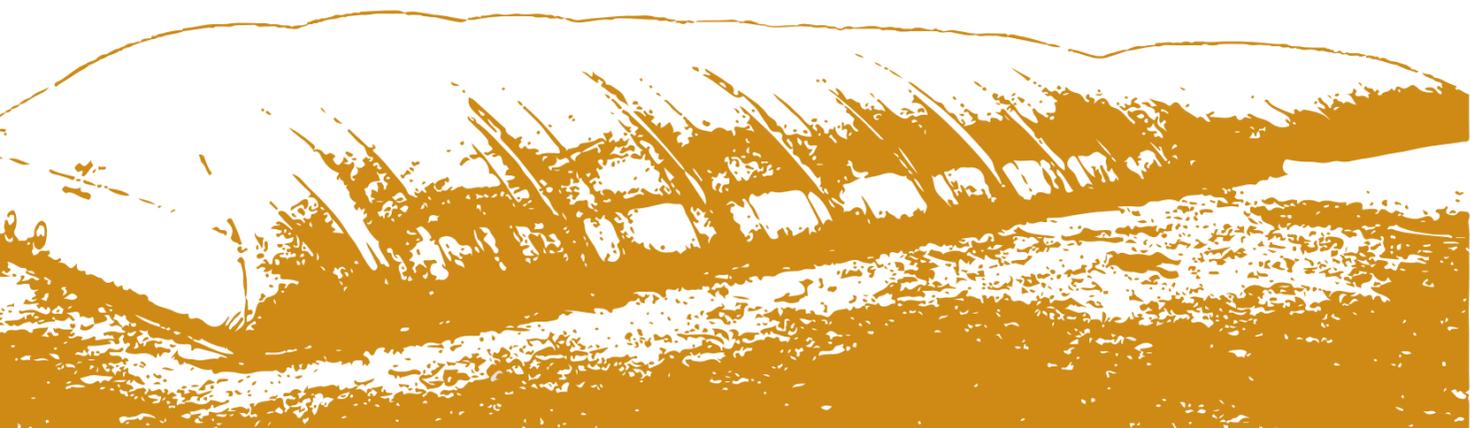
Embora a primeira instalação operacional destinada a produzir gás combustível só tenha surgido na segunda metade do século XIX, o biogás já era conhecido há muito tempo, pois a produção de gás combustível a partir de resíduos orgânicos não é um processo novo. Já em 1776, o pesquisador italiano Alessandro Volta descobriu que o gás metano já existia incorporado ao chamado “gás dos pântanos”, como resultado da decomposição de restos vegetais em ambientes confinados (GALVÃO, 2006).

Em 1806, na Inglaterra, Humphrey Davy identificou um gás rico em carbono e dióxido de carbono, resultante da decomposição de dejetos animais em lugares úmidos. Apenas em 1857, em Bombaim, na Índia, foi construída a primeira instalação operacional destinada a produzir gás combustível, para um hospital de hansenianos. Nessa mesma época, pesquisadores como Fischer e Schrader, na Alemanha, e Grayon, na França, entre outros, estabeleceram as bases teóricas e experimentais da biodigestão anaeróbia. Posteriormente, em 1890, Donald Cameron projetou uma fossa séptica para a cidade de Exeter, na Inglaterra, sendo o gás produzido utilizado para iluminação pública. Uma importante contribuição para o tratamento anaeróbio de esgotos residenciais foi feita por Karl Imhoff, na Alemanha, que, por volta de 1920, desenvolveu um tanque biodigestor, o tanque Imhoff, bastante difundido na época (GASPAR apud NOGUEIRA, 1986).

Através de várias pesquisas que disseminaram o uso de biodigestores, foi criado em 1939 na cidade de Kampur, na Índia, o Institute Gobár Gás (Instituto de Gás de Esterco), onde foi criada a primeira usina de gás de esterco, que tinha por objetivos tratar os dejetos animais, obter biogás e aproveitar o biofertilizante. Foi esse trabalho pioneiro que permitiu a construção de quase meio milhão de biodigestores na Índia. A utilização do biogás na Índia como fonte de energia motivou a China a adotar tal tecnologia a partir de 1958 e, em 1972, os chineses já possuíam aproximadamente 7,2 milhões de biodigestores em atividade (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

A partir da crise energética disparada em 1973, a implantação de biodigestores passou a ser interessante tanto para países ricos, quanto para países de terceiro mundo, mas em nenhum deles, o uso dessa tecnologia foi ou é tão difundida como na China e na Índia. No caso da China, o interesse pelo uso de biodigestores deveu-se, originalmente, a questões militares. Preocupada com a Guerra Fria, a China temeu que um ataque nuclear impedisse toda e qualquer atividade econômica (principalmente industrial). Entretanto, com a pulverização de pequenas unidades biodigestoras no país, algumas poderiam escapar ao ataque inimigo. Nos dias atuais, o foco do uso de biodigestores na China é outro. Como o país possui excedente de população, não seria recomendável mecanizar a atividade agrícola em larga escala, sendo que o uso de tratores e demais implementos resultaria em um índice de desemprego rural alarmante. Dessa forma, o governo chinês achou viável aperfeiçoar as técnicas rudimentares de cultivo do solo, com os biodigestores ocupando papel de destaque (GASPAR, 2003).

No caso da Índia, o país não pensava em guerras nucleares, pois sempre fez parte do grupo dos países conhecidos como não alinhados. A fome e a falta de combustíveis fósseis é que motivaram o desenvolvimento da tecnologia dos biodigestores. Logo, são dois extremos de utilização: chineses priorizam o biofertilizante para produção dos alimentos necessários à nação populosa, enquanto indianos focam no biogás para cobrir o imenso déficit de energia. Dessa maneira, foram desenvolvidos na época dois modelos diferentes de biodigestor: o modelo chinês e o modelo indiano (BARRERA, 1993).

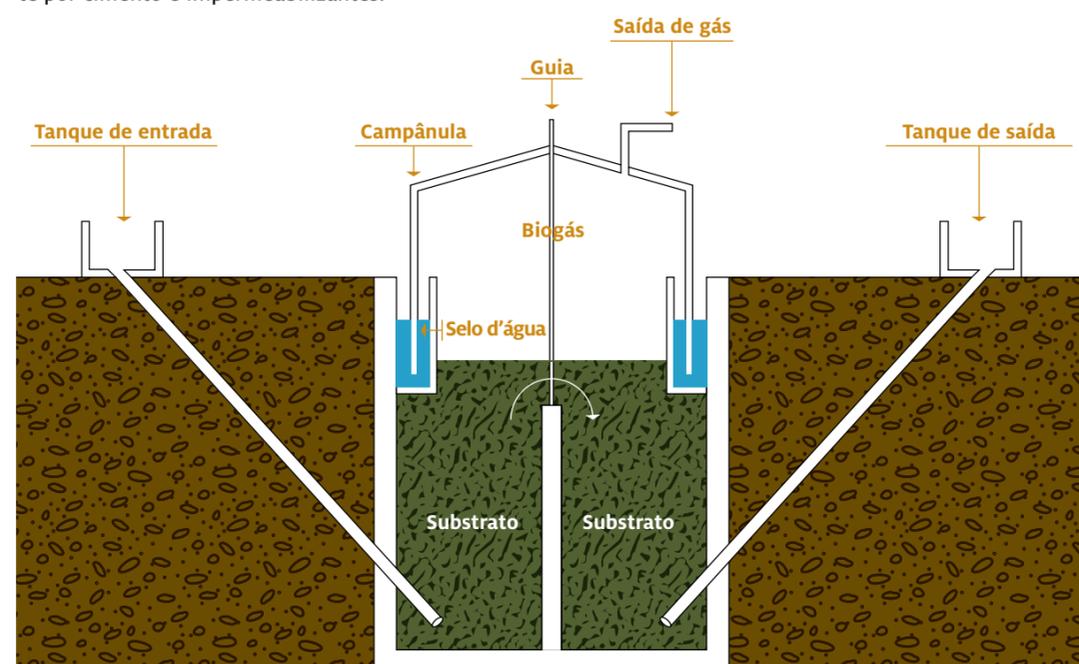


## MODELOS DE BIODIGESTORES

Segundo Cortez, Lora e Gómez (2008), os biodigestores foram desenvolvidos de acordo com a aplicação (resíduos) e/ou com o nível tecnológico disponível. Os tipos de biodigestores mais difundidos, como citado anteriormente, são os modelos indiano, chinês e canadense, sendo este bastante utilizado recentemente, principalmente pelo desenvolvimento de geomembranas (KUNZ e OLIVEIRA, 2006).

### a) Modelo indiano

O biodigestor de modelo indiano é caracterizado por possuir uma campânula flutuante como gasômetro, fazendo dele um biodigestor de pressão constante, e uma parede central, que divide longitudinalmente o reservatório de fermentação em duas câmaras. Em uma metade é conectado o tubo de entrada e na outra, o tubo de saída (NISHIMURA, 2009). Como mostrado na Figura abaixo, o cilindro fica na posição vertical e é construído com tijolos e revestido internamente por cimento e impermeabilizantes.



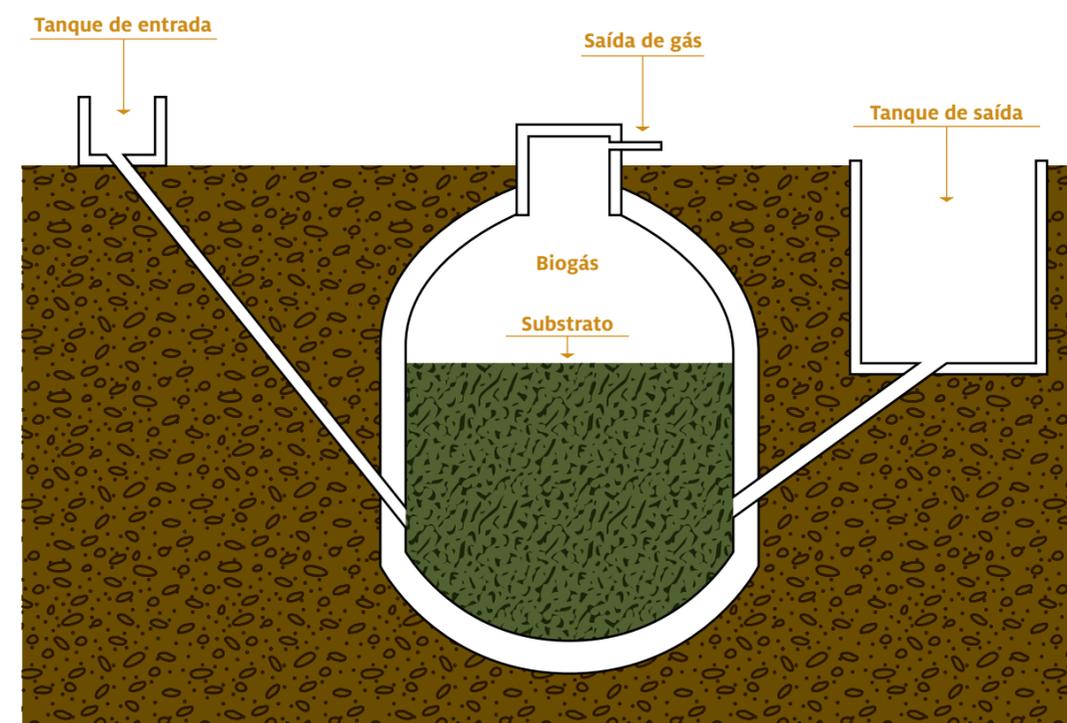
Biodigestor de modelo indiano  
Fonte: Nishimura (2009)

De acordo com Nishimura (2009), a função das duas câmaras é possibilitar a circulação do material em fermentação no interior do cilindro. A porção do substrato que entra no biodigestor vai para o fundo e, com o avanço do processo, fica menos densa, até cair para a outra metade da câmara.

Para que o gás não escape, na parte superior do cilindro, há uma campânula que flutua sobre o próprio substrato ou sobre um selo d'água. Assim, esse mecanismo permite que a pressão no interior do biodigestor permaneça constante, mesmo com a variação do volume.

### b) Modelo chinês

Segundo Cortez, Lora e Gómez (2008), o biodigestor de modelo chinês difere fundamentalmente do indiano por não dispor de um gasômetro e, em decorrência disso, produz gás a uma pressão variável. Desse modo, o gás é armazenado no interior do próprio reator, sendo construído totalmente enterrado no solo. É feito geralmente em alvenaria e possui teto em forma de abóboda, conforme pode ser visualizado na figura (NISHIMURA, 2009).



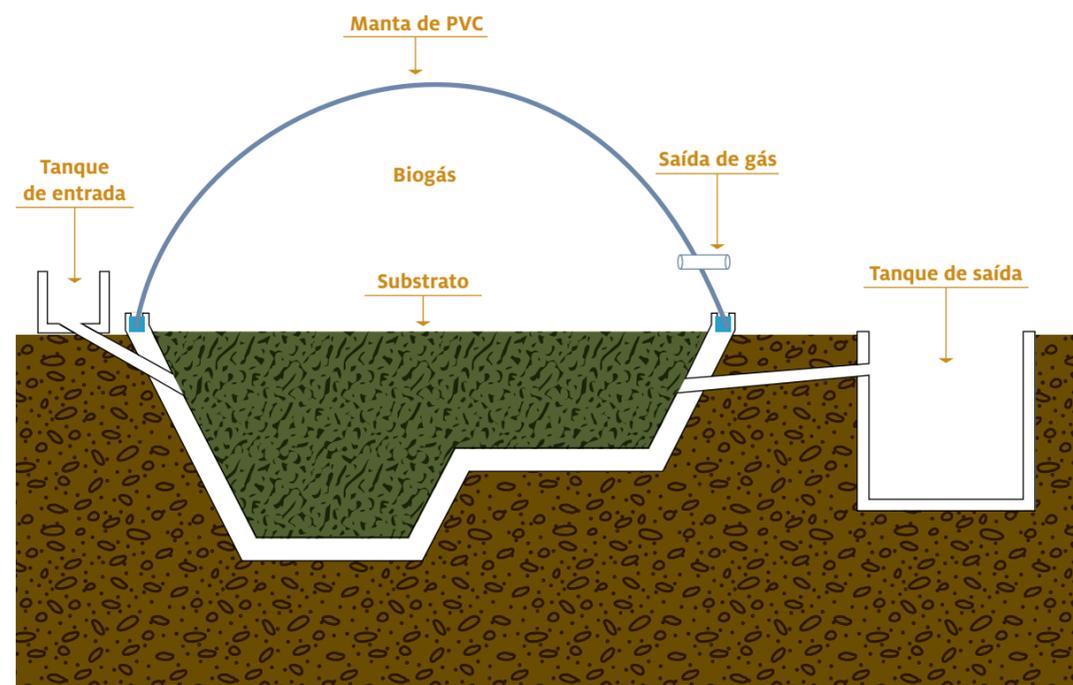
Biodigestor de modelo chinês  
Fonte: Nishimura (2009)

O custo de construção é inferior ao do biodigestor de modelo indiano, por não necessitar de gasômetro e utilizar materiais de menor custo e de fácil aquisição (NISHIMURA, 2009). Entretanto, esse biodigestor requer cuidados especiais na sua construção para evitar vazamentos, principalmente do biogás (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

Sabe-se que, nesse biodigestor, quanto maior for a quantidade de gás no interior da câmara, maior será a pressão, fazendo com que o efluente se desloque para o tanque de saída e em sentido contrário, quando ocorre uma descompressão (BENINCASA, ORTOLANI e LUCAS JÚNIOR, 1991).

### c) Modelo canadense

O modelo canadense caracteriza-se por possuir uma base retangular construída de alvenaria, onde é depositado o substrato, e gasômetro feito em manta flexível de policloreto de vinila (PVC) fixa sobre uma vala coberta de água que circunda a base, como pode ser observado na figura. É mais usado em regiões quentes, onde a temperatura ambiente ajuda a manter a do biodigestor em níveis adequados para a realização do processo de digestão anaeróbia (NISHIMURA, 2009).

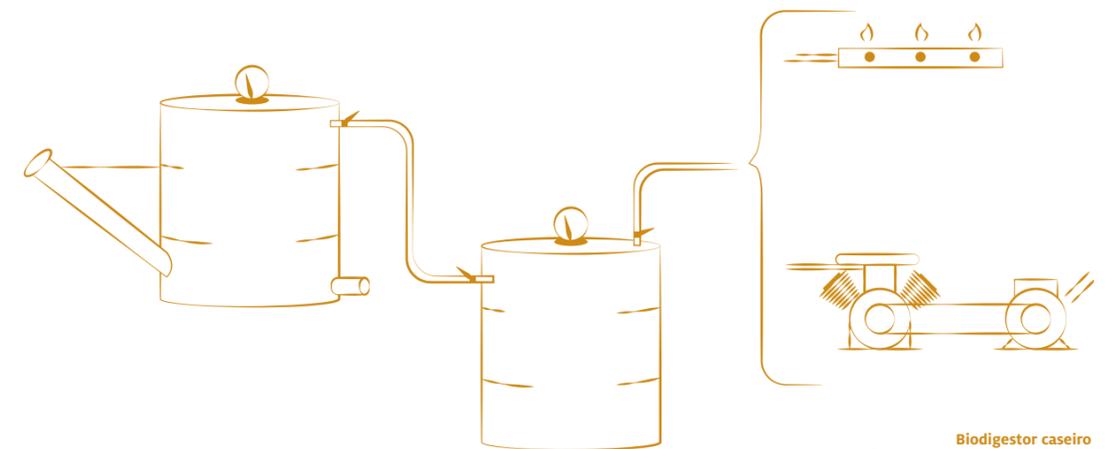


Biodigestor modelo canadense  
Fonte: Nishimura (2009)

A cobertura consiste numa geomembrana sintética de polietileno de alta densidade (Pead), fixada por um sistema de ancoragem ao redor de todo o perímetro do biodigestor. O Pead é um excelente produto para grandes aplicações que exigem resistência contra radiação ultravioleta, ozônio e compostos químicos (FERNANDES apud AGCERT, 2005).

### d) Modelo caseiro

Arruda et al. (2002) propôs um tipo de biodigestor simples, para obtenção de biogás através da fermentação de esterco bovino, chamado de biodigestor caseiro. A construção é feita a partir de um tambor metálico de 200 litros (0,2 m<sup>3</sup>), facilmente encontrado a preço reduzido, de fácil construção e montagem, garantindo o baixo custo final.

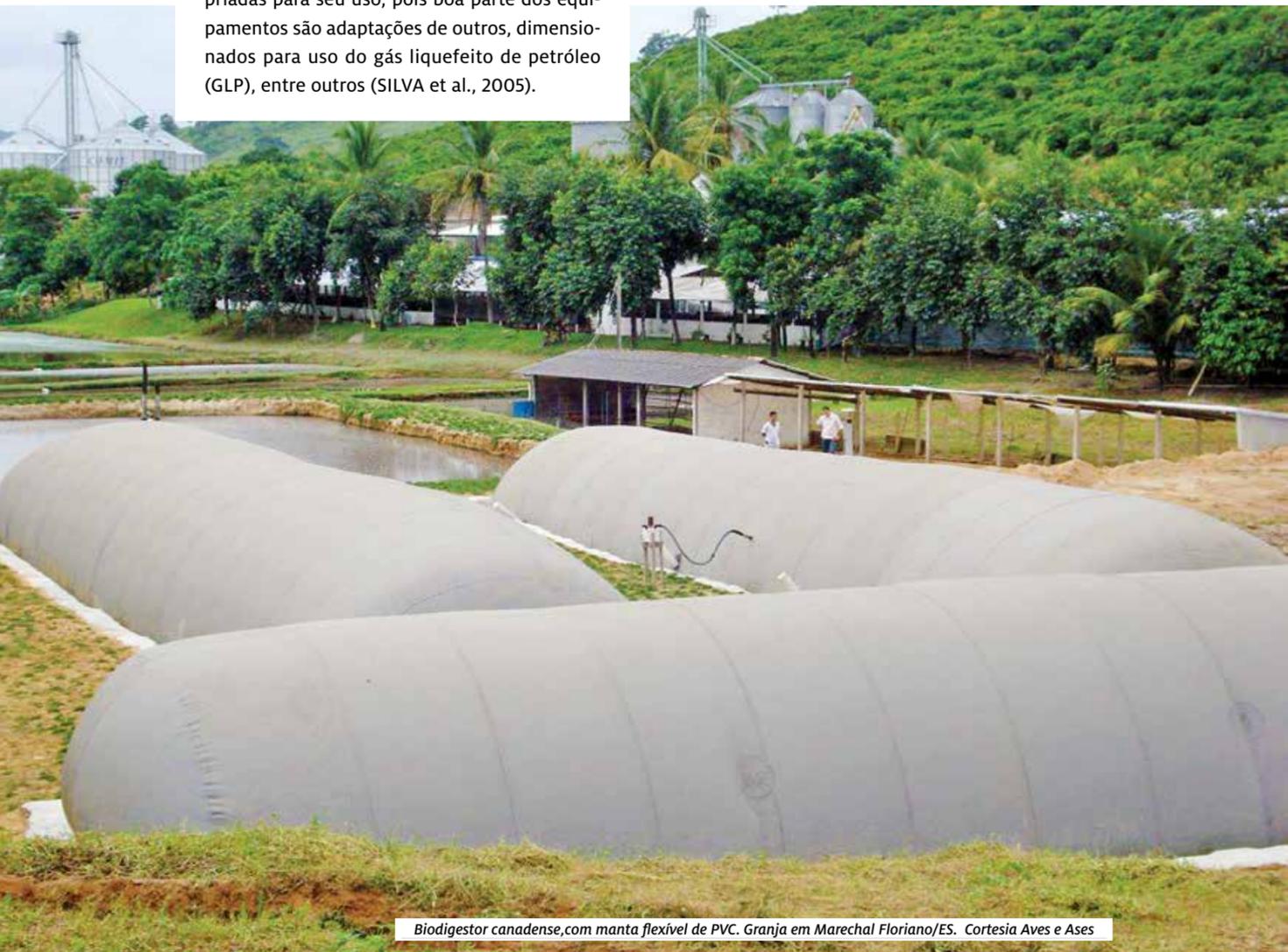


Biodigestor caseiro  
Fonte: Arruda et al., 2002, p. 15

## BIODIGESTOR NO BRASIL

O biodigestor mais difundido no Brasil é o modelo canadense, produzido com manta de PVC. Ele oferece menor custo e maior facilidade na sua instalação em relação aos modelos antigos, podendo ser utilizado tanto em pequenas, quanto em grandes propriedades. O desenvolvimento de biodigestores no mercado se deve ao incentivo do setor privado aliado às 23 universidades e centros de pesquisa, conforme consta no "Manual de Treinamento de Biodigestão" (2008).

A utilização do biogás no Brasil tem sido atualmente limitada pela falta de tecnologias apropriadas para seu uso, pois boa parte dos equipamentos são adaptações de outros, dimensionados para uso do gás liquefeito de petróleo (GLP), entre outros (SILVA et al., 2005).



Biodigestor canadense, com manta flexível de PVC. Granja em Marechal Floriano/ES. Cortesia Aves e Ases



Estação de biogás



Grupo gerador de energia elétrica com motor a biogás da Granja de Suínos, imagem cedida pela Ases e Aves.

## 4.3 PROCESSO DE DENSIFICAÇÃO VISANDO A MAIOR EFICIÊNCIA

Este é o processo pelo qual se pode obter, através de biomassa, um combustível uniforme, limpo, de maior densidade, com umidade controlada, poder calorífico elevado e, conseqüentemente, melhor queima, com maior rendimento energético.

A energia requerida para a densificação depende do conteúdo de umidade, tamanho e tipo do mate-

rial densificado, equipamento usado etc. O consumo de energia oscila entre 10 a 20% do conteúdo energético do material. Assim, uma matéria-prima que contém 100 unidades de energia, ao final do processo apresenta 80 a 90 unidades, pois o restante foi consumido pelo processo. A maior parte da energia necessária é utilizada para a secagem do material.

### BRIQUETE

O briquete é um subproduto da madeira obtido através da secagem e compactação mecânica da serragem ou pó dos mais diversos tipos de resíduos madeiros, sem receber nenhum tipo de aglutinante ou componente químico em seu processo de fabricação, resultando em blocos cilíndricos ou poligonais de biomassa compactada (SILVEIRA, 2011).

Uma das formas de processar a biomassa é transformá-la em briquetes, para aumentar a eficiência de sua queima, uma vez que estará na forma e granulometria adequadas ao processo térmico. A briquetagem consiste no processo de densificação do resíduo através da compactação utilizando uma prensa (QUIRINO, 2009).

O briquete vegetal produz três vezes mais energia do que a lenha, podendo substituir com vantagem quaisquer processos de queima de madeira, sendo ideal para churrasqueiras, fogões e fornos industriais de padarias, olarias, laticínios, caldeiras e, até mesmo, para uso doméstico (QUIRINO, 2010).

A principal característica dos briquetes é ter o volume menor do que os resíduos originais, além de ser reciclável, possuir o mesmo poder calorífico, durabilidade até três vezes superior a da lenha, ter formato homogêneo e tamanho programado, o que facilita o transporte e manuseio (ROCHA, 2010).



Foto: Andrea Guidi

## PELLET

Os pellets são um tipo de lenha geralmente produzidos a partir de serragem ou serradura de madeira refinada e seca que depois é comprimida. Para obter um bom pellet de madeira é necessário possuir serradura fresca, de primeira transformação, proveniente de serrações locais (PRESTENERGIA).



Pellets

Os pellets são extremamente densos e devem ser fabricados com um baixo índice de umidade (abaixo de 1%), o que lhes permite serem consumidos (isto é, queimados) com uma elevada eficiência calorífica.

## 4.4 A LAVOURA TEMPORÁRIA

Lavouras temporárias são culturas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que, após a colheita, necessitam de novo plantio para voltar a produzir (SÉRIES ESTATÍSTICAS IBGE).



### 4.4.1 CANA-DE-AÇÚCAR

Dentre os resíduos gerados na lavoura temporária, destacamos os resíduos da cana-de-açúcar.

Em 2010, através da queima de resíduos provenientes das plantações de cana-de-açúcar, gerou-se energia elétrica a uma potência de 7,3 MW no Estado do Espírito Santo. A estimativa do potencial total desse insumo é de 22 MW. A diferença é produzida através de pequenos produtores e seu aproveitamento está condicionado à logística de suprimento para geração de energia elétrica.

Embora já utilizado no Estado para geração de energia, o bagço poderia também ser transformado em pellets e briquetes. A produção dos pellets e briquetes pode ser destinada ao uso na própria usina ou ainda ser comercializada para usos diversos, como combustível para termelétricas.

### 4.4.2 MILHO

Os resíduos provenientes do milho possuem uma estimativa de potencial de 1,35 MW. Sua biomassa residual é composta de sabugo, palha e ponta. A parte seca do milho maduro é aproveitada como fertilizante nas lavouras onde é debulhado. Por já ser utilizado como fertilizante, há pouco incentivo de investimento para exploração de seu potencial energético.

## 4.5 LAVOURA PERMANENTE

Lavouras permanentes são culturas de longa duração, que após a colheita não necessitam de novo plantio, produzindo por vários anos sucessivos.

Os resíduos provenientes da lavoura permanente no Estado têm um potencial estimado em cerca de 13 MW. Desse potencial, 8,1 MW são oriundos da casca do grão do café por 4,4MW da casca do coco e 0,6 MW de casca de cacau.

A palha do café vem sendo utilizada como adubo nas lavouras cafeeiras e como energético em secadores de café, fornos e fogões. Podem também ser aproveitadas como pellets e briquetes.

O coco, por sua casca, também pode ser transformado em pellets e briquetes. Sua coleta no Estado se dá de forma bem concentrada nas cidades litorâneas e nos empreendimentos que comercializam água de coco.

O potencial energético da casca do cacau, assim como o café e o milho, foi calculado através de metodologia adaptada do Cenbio utilizada para cálculo do potencial energético do arroz. Sua estimativa energética é de cerca de 561 KW e sua maior concentração se dá no município de Linhares.

## 4.6 SILVICULTURA

A silvicultura no Espírito Santo, com estimativa de potencial de 91 MW, gera três tipos de produtos: resíduo de madeira em tora, estimado em 81 MW, lenha, com 5,4 MW, e carvão vegetal, com potencial de geração de 4,3 MW.



### 4.6.1 A FLORESTA ENERGÉTICA NO ESPÍRITO SANTO

Historicamente, a biomassa florestal é tida como uma importante fonte de energia (EMBRAPA FLORESTA apud MALIK et al., 2001; COUTO et al., 2002). No Brasil, a biomassa participa com 30,1% da matriz energética, sendo 12,4% a partir da lenha e do carvão (BRASIL apud EMBRAPA, 2006).

A biomassa provinda da floresta energética é composta de resíduos de madeira em tora, lenha e carvão vegetal, estimando no Espírito Santo um potencial de 91 MW. Os processos são análogos aos da silvicultura, tratados anteriormente.

Segundo avaliações efetuadas por Brito (et alii, 1979), os resíduos florestais representam cerca de 30% do total de matéria seca produzida por 1 ha de floresta de eucalipto.

Quanto ao poder calorífico superior, de acordo com dados pesquisados por Brand (2010) nas mais diversas literaturas, têm-se verificado valores para madeira de 3.500 a 5.000 kcal/kg. Observaram-se em biomassa recém-colhida valores médios de poder calorífico superior de 4.839 kcal/kg para madeira, 5.008 kcal/kg para acículas, 4.925 kcal/kg para casca. Foi encontrado o valor médio de 4.777 kcal/kg para a madeira do gênero *Salix* contendo casca. Foram observados valores em torno de 4.800 kcal/kg em cavacos de *Betula pubescens*. Para resíduos florestais de *Quercus*, Thörnqvist (1986) obteve valores entre 4.600 a 5.000 kcal/kg.

Para o poder calorífico líquido, a literatura menciona valores entre 1.700 a 2.270 kcal/kg para material com 50% de umidade e 2.700 a 3.300 kcal/kg para material com 30% de umidade (BRAND, 2010).

## 4.7 EFLUENTES LÍQUIDOS DOS ANIMAIS

No Estado, os efluentes líquidos dos animais são os tipos de biomassa mais abundantes, sendo os bovinos os que mais contribuem, com estimados 278 MW.

Entretanto, esse potencial não pode ser considerado totalmente, pois, apesar de abundante, grande parte da criação de animais é realizada pelo método extensivo. Com animais criados soltos no pasto, não há como realizar a coleta da biomassa. Situação semelhante ocorre com equinos, asininos e muaras.

Conforme os dados fornecidos pelo IBGE, o potencial dos efluentes líquidos das aves no Estado entre 2000 e 2009, chega a 57 MW. Para suínos, foram encontrados 17 MW, considerando 100% dos empreendimentos com os efluentes tratados.

Já, segundo dados da Associação de Avicultores e Suinocultores do Espírito Santo (Aves e Ases), o potencial mensal em 2011 dos efluentes líquidos das aves (frango vivo e pinto de corte) pode ser até cinco vezes maior.

### DESTINAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS ANIMAIS

Na suinocultura, a destinação dada aos estrumes (cama, fezes e urina) pelos produtores de maior capacidade, que totalizam cerca de 60% da produção, é o tratamento através de sistema de biodigestores. O gás produzido pelo equipamento geralmente é queimado, e existem produtores que já utilizam o gás na própria granja para a geração de energia térmica e elétrica. O líquido gerado nos biodigestores é levado para fértil irrigação. Os demais produtores possuem sistemas de lagoas, peneiras de separação de líquidos e sólidos e outros convencionais.

Os frigoríficos, de maneira geral, utilizam sistemas de tratamentos convencionais, lagoas de tratamento e biodigestores. Na avicultura, todo o resíduo gerado pode ser direcionado à produção agrícola, especialmente na fruticultura e produção orgânica.

## PERSPECTIVA DE EMPREENDIMENTOS

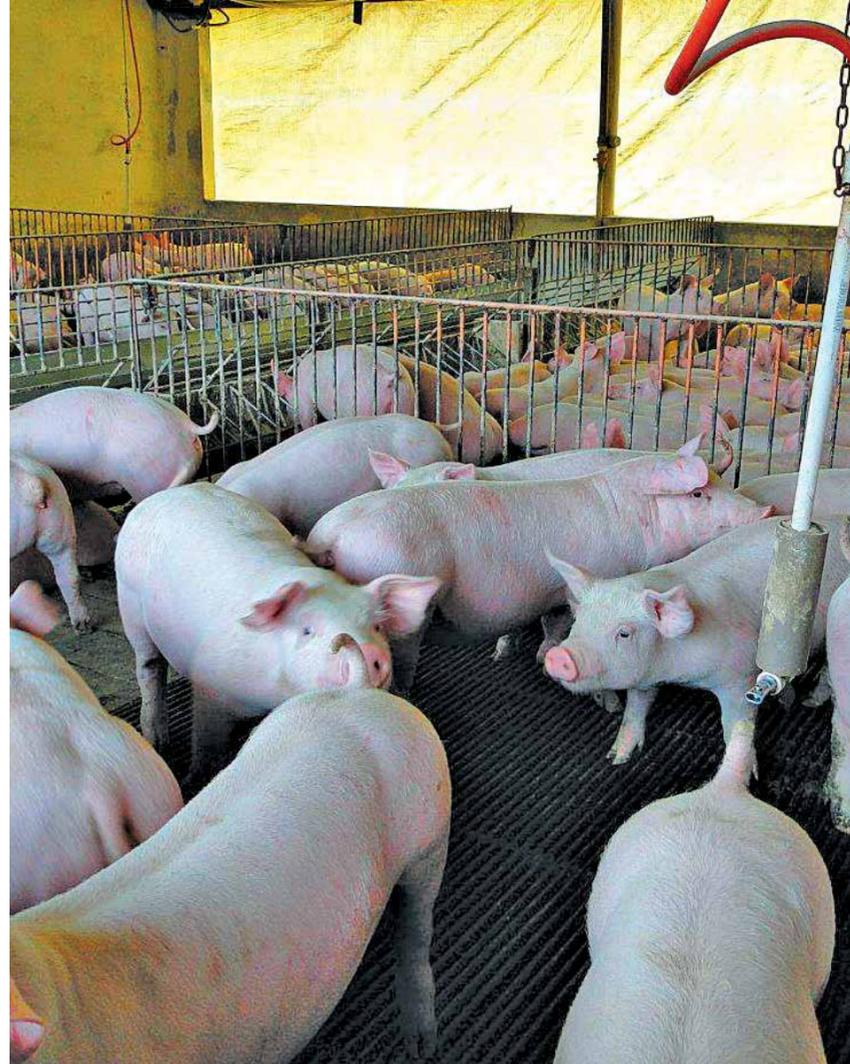
Segundo a Ases/Aves, são conhecidos pela associação dois produtores de suínos no Estado que possuem equipamentos para gerar energia utilizando o biogás gerado na produção como combustível, além de um empreendimento que se encontra em fase de implantação.

Esses empreendimentos, além de gerarem energia suficiente para seus sistemas produtivos, poderão eventualmente produzir um excedente de energia elétrica a ser disponibilizado para a rede de distribuição, seguindo regulamentação da Aneel.

## PRODUÇÃO DE AVES E SUÍNOS NO ESPÍRITO SANTO EM 2011

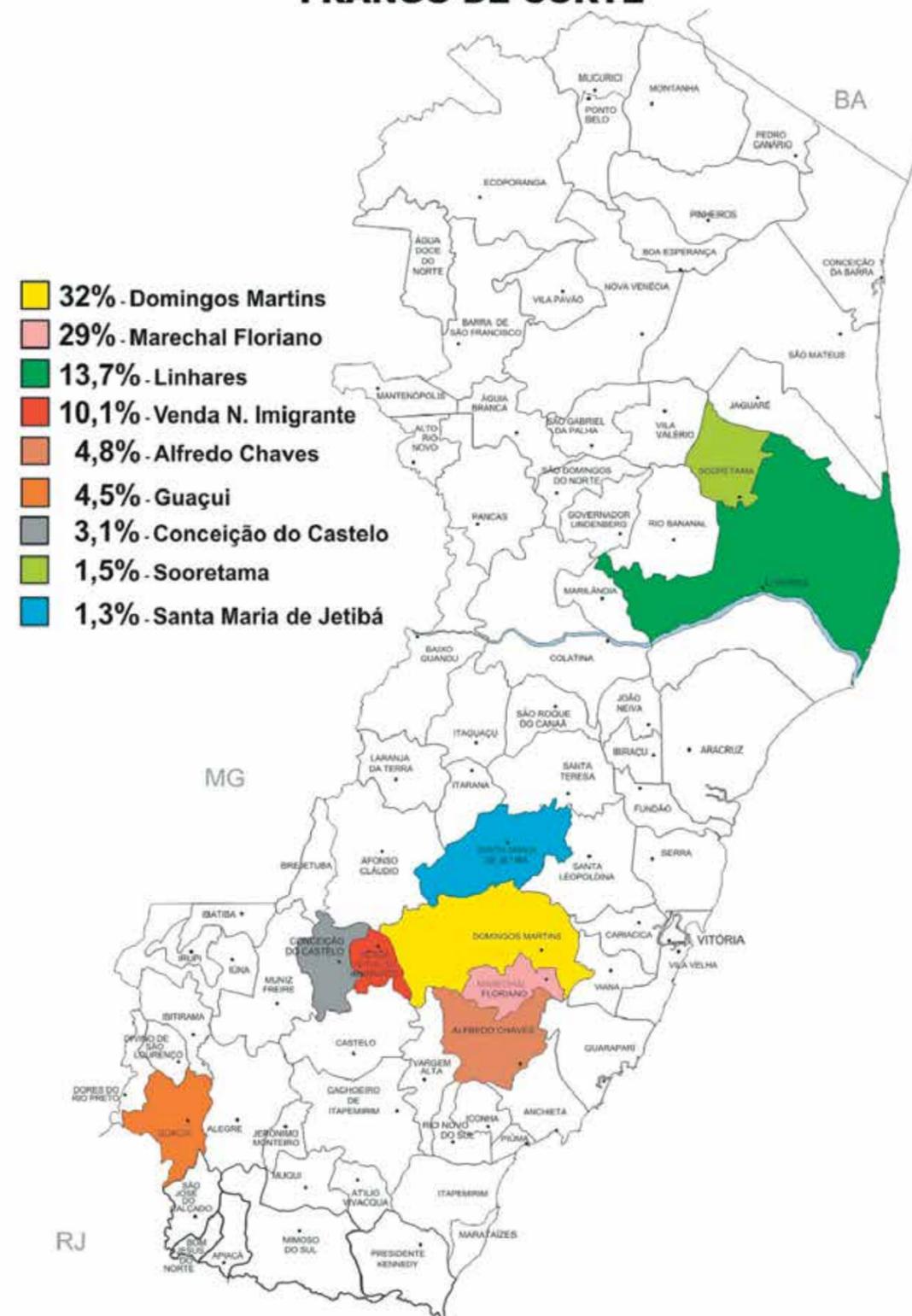
Segundo a Aves/Ases, a produção mensal de aves em 2011 é de 4,85 milhões de cabeças de frango vivo e 5,8 milhões cabeças de pinto de corte. O abate alcançou 5.766 toneladas. A produção de suínos teve uma média mensal de 21.875 cabeças.

Os percentuais apresentados nos mapas a seguir são referentes aos valores de produção fornecidos pelo Ases e Aves.



## PRODUÇÃO POR MUNICÍPIO - 2011

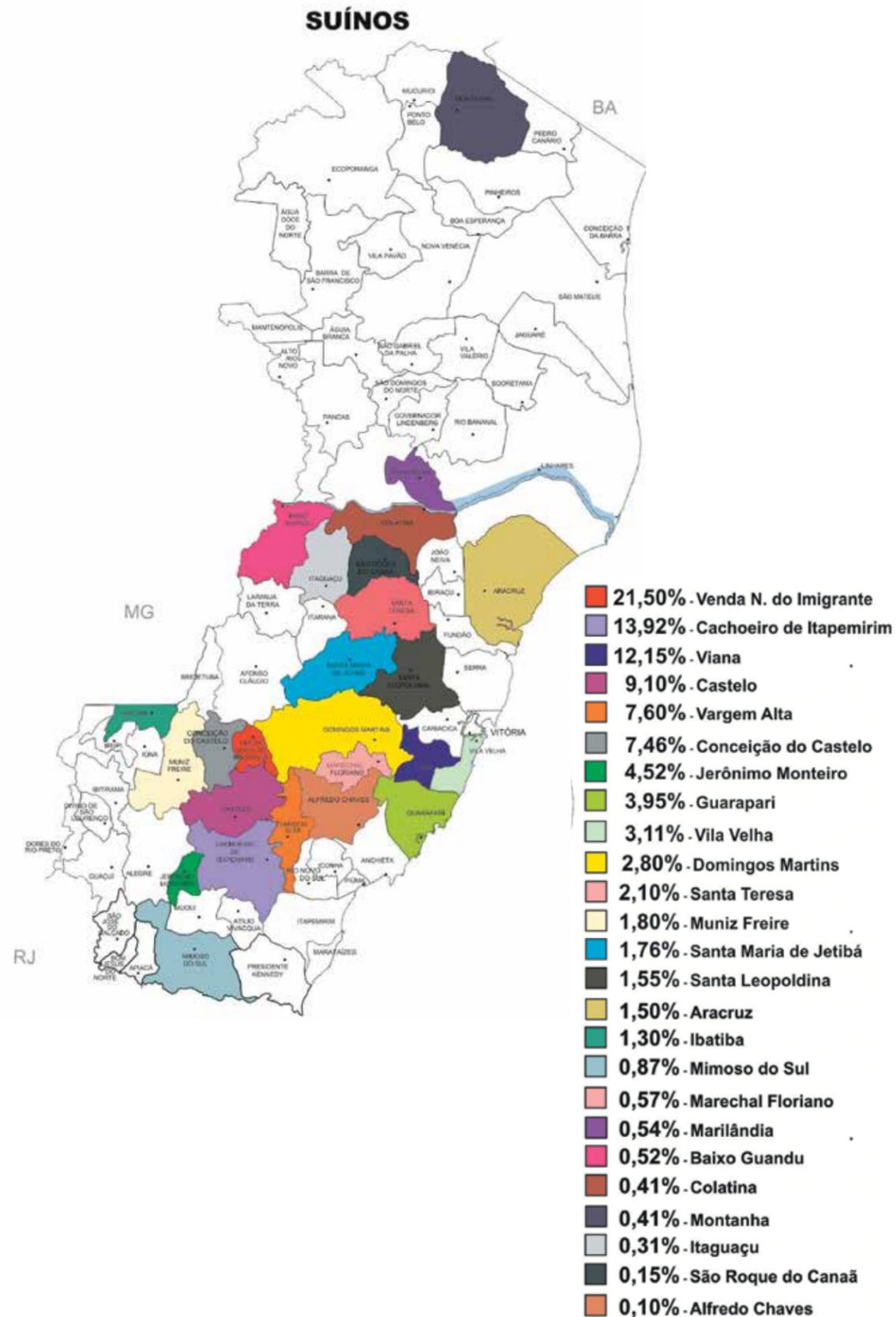
### FRANGO DE CORTE



OBS: O volume de produção refere-se ao local onde se encontra a estrutura (granja) de cada produtor

Fonte: Ases e Aves

## PRODUÇÃO POR MUNICÍPIO - 2011



Fonte: Ases e Aves

## 4.7.1 CONTRIBUIÇÕES PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE ANIMAIS

A principal característica da criação de suínos é a alta concentração de dejetos por unidade de área. A princípio, isso pode parecer um grande problema, mas, para a geração de biogás, é um fator positivo. Geralmente, o gás produzido nas granjas de suínos pode ser consumido na própria unidade de produção, tanto na forma de energia para movimentar as máquinas de ração, quanto na forma de gás para aquecimento dos leitões. O biodigestor que vem sendo mais utilizado por suinocultores é do tipo canadense.



Os municípios com maior concentração de suínos são Afonso Cláudio, Águia Branca, Água Doce do Norte, Alegre, Alfredo Chaves, Alto Rio Novo, Anchieta, Marechal Floriano (sede da Associação dos Avicultores e Suinocultores do Espírito Santo), Vila Velha, Guarapari, Viana e Montanha.



Pescado de mar



Pesca

## PESCA

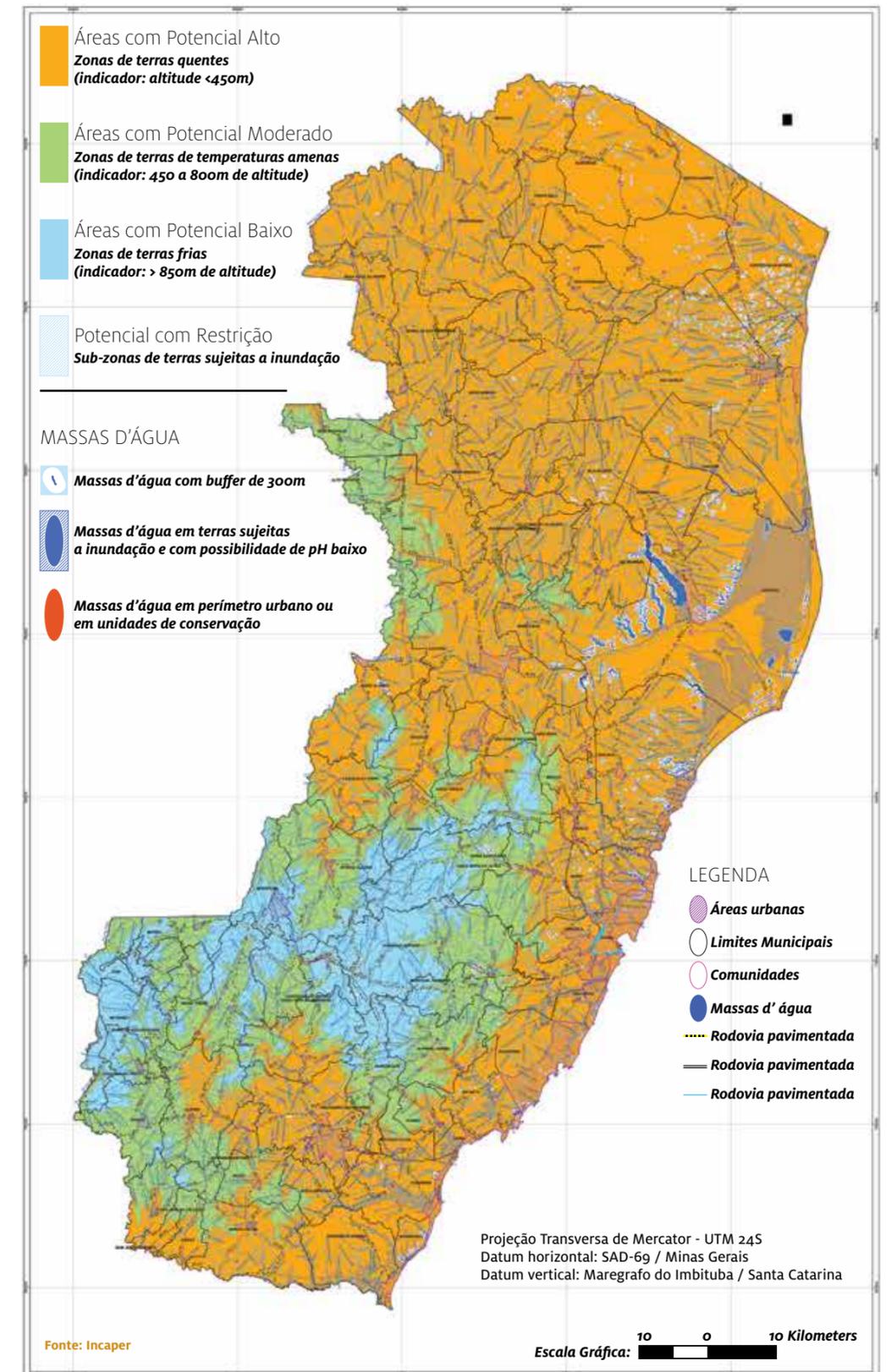
A pesca no Espírito Santo tem uma produção estimada em 21 mil toneladas/ano. Um dos aspectos poucos explorados é a aviceração do pescado, que gera um material altamente poluidor, mas que pode ser usado de maneira sustentável para a transformação em bioenergia. Visando ao melhor manejo desse item específico, torna-se necessária uma divisão por pescado de mar e de águas interiores. No primeiro, destacam-se os municípios de Vila Velha, Vitória, Aracruz, Conceição da Barra, Guarapari, Anchieta e Marataízes como principais produtores. Quanto ao pescado de águas interiores, pode ser citada a criação de peixe em cativeiro para fins comerciais na Lagoa Juara, em Jacaraípe, no município da Serra. Ambos os empreendimentos em pescado podem explorar a geração de biogás, além da produção de ração.

Fonte: Incaper



Aquicultura na Lagoa Juara, em Jacaraípe, no município de Serra/ES

## ZONEAMENTO DE MASSAS D'ÁGUA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (LAGOS, REPRESAS, BARRAGENS, AÇUDES) COM POTENCIAL PARA PISCICULTURA





Reator anaeróbio Uasb (Upflow Anaerobic Sludge Blanket - reatores anaeróbios com manta de lodo de fluxo ascendente) na ETE Ulisses Guimarães, no município de Vila Velha/ES

## 4.8 OS EFLUENTES LÍQUIDOS DOMÉSTICOS E COMERCIAIS

Estima-se um potencial de produção de 18,5 MW de energia caso 60% dos efluentes líquido doméstico e comercial fossem coletados e tratados por sistemas anaeróbios (conforme explicado no item 2.4.2). Contudo, com a meta de universalização do serviço de esgotamento sanitário, esse percentual só tende a aumentar.

O Estado do Espírito Santo possui 78 municípios. A Cesan atua em 52 deles, com 37 estações com sistema anaeróbio de tratamento (UASB e lagoa anaeróbia) em operação e mais 16 unidades em fase de projeto. Ou seja, para atender à meta de universalização do saneamento no Estado, tem sido prevista a implantação de ETEs mais compactas, de custo operacional mais baixo, com boa eficiência e que produza biogás.

Dessa forma, a companhia vem desenvolvendo dois projetos para quantificação e qualificação do biogás gerado em reatores do tipo Uasb (Upflow Anaerobic Sludge Blanket - reatores anaeróbios com lodo de fluxo ascendente), no intuito de avaliar a melhor alternativa de uso desse insumo energético, pois, embora existam modelos para estimar a produção de biogás em uma



Flare onde é feita a queima do biogás gerado na ETE Ulisses Guimarães, no município de Vila Velha

ETE, a quantidade gerada, bem como sua qualidade, depende de um grande número de variáveis.

Atualmente a Aspe desenvolve em parceria com a Cesan um projeto de monitoramento para produção de biogás e definição da melhor alternativa de uso na ETE do município de Castelo.

Em termos, algumas alternativas elencadas para a utilização do biogás são a produção de energia elétrica para suprir a demanda da própria ETE ou para disponibilizá-la à rede local, reduzir a umidade e uma possível higienização do lodo, bem como outras aplicações para a população local.

### 4.8.1 O LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA

A geração de resíduos orgânicos tem aumentado a cada ano em nível mundial, e podemos destacar os resíduos urbanos oriundos das estações de tratamento de esgoto (ETEs), os chamados lodo de esgoto. O lodo de ETE é uma fonte alternativa de nutrientes para a fertilização do solo, uma vez que os fertilizantes químicos são fontes finitas, que não se enquadram nas premissas da produção orgânica de alimentos e são componentes com relevância na composição dos custos de produção.

Com base nesses princípios, os estudos sobre sua aplicação no solo têm mostrado efeitos benéficos ao crescimento e desenvolvimento das culturas, como fonte de nutrientes, considerando principalmente o nitrogênio, o fósforo e o potássio, e como fonte de matéria orgânica.



ETE de Mulembá, Vitória/ES

A dinâmica de mineralização da matéria orgânica tem sido o foco prioritário dos trabalhos de pesquisa desenvolvidos com lodo de esgoto, em razão do potencial de sua utilização agrícola para as mais diversas culturas. Essa prática começa a ser adotada considerando os critérios de segurança para a garantia da saúde dos seres humanos e de forma que evitem impactos ao meio ambiente. Além disso, é necessária ainda a análise da dinâmica da decomposição da matéria orgânica adicionada aos diferentes tipos de solos utilizados com fins agrícolas e florestais.

Desse modo, a aplicação do lodo de ETE em áreas cultivadas com café, árvores frutíferas e silvicultura, dentre outras, deve ser avaliada de forma criteriosa, sendo fundamental o conhecimento dos possíveis impactos causados ao meio ambiente, bem como o desenvolvimento de tecnologias que permitam a inserção do lodo de forma adequada nos sistemas agrícolas.

Um dos principais problemas na agricultura é a baixa disponibilidade de matéria orgânica para o plantio e a condução das lavouras comerciais. O uso do lodo de ETE poderá minimizar esse problema, além de possibilitar, de maneira inovadora, a gestão dos resíduos sólidos gerados no tratamento de esgotos domiciliares.

Para maior subsídio à utilização dessa matéria orgânica na agricultura, as pesquisas desenvolvidas pelo Incaper e Cesan possibilitaram a publicação do “Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o Estado do Espírito Santo”. Projetando um contínuo desenvolvimento, propõe-se que sejam aproveitados, como produtos do tratamento dos efluentes, o lodo e o biogás coletado.

## 4.9 OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

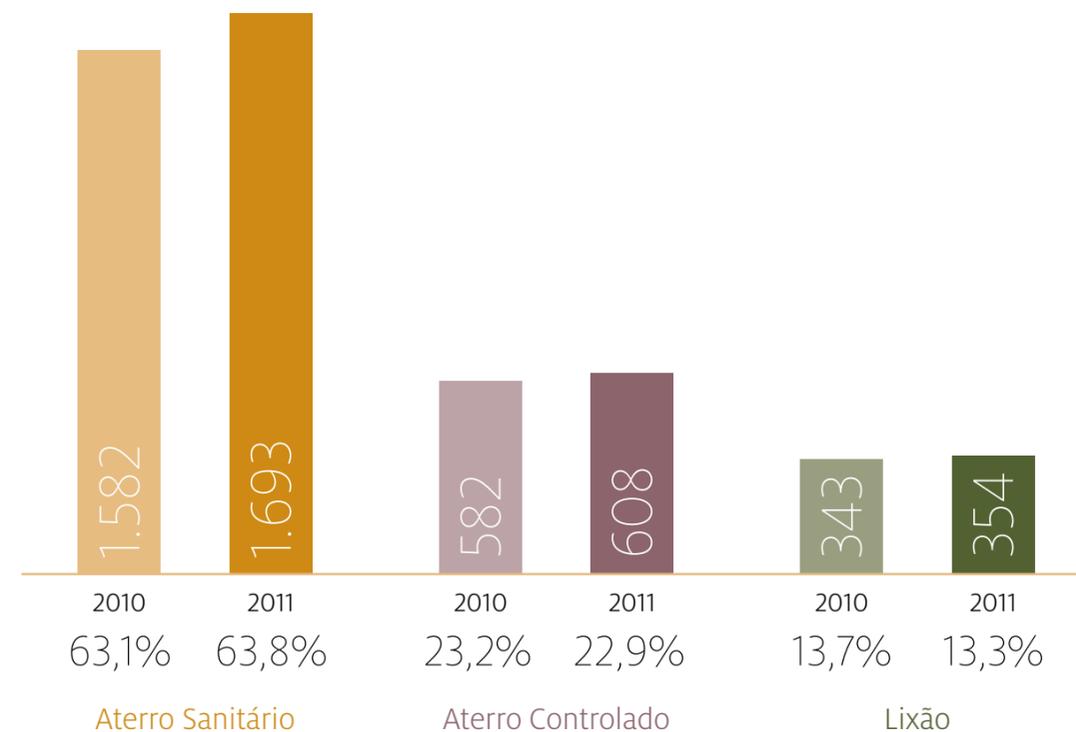
Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são o “lixo urbano”, produzido pelas atividades domésticas e comerciais da população. O Espírito Santo possui uma estimativa de emissão de metano em 20 MW. O biogás é gerado pelo chorume e por decomposição dos elementos orgânicos soterrados.

### Coleta e Geração de RSU do Estado do Espírito Santo

População Urbana		RSU Coletado				RSU Gerado (t/dia)	
		(kg/hab/dia)		(t/dia)		2010	2011
2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
2.928.993	2.959.949	0,856	0,897	2.507	2.655	2.891	2.928

Fontes: Pesquisa ABRELPE 2010 e 2011, PNAD (2002 a 2010) e IBGE 2011

### Destinação Final de RSU no Estado do Espírito Santo (t/dia)



Fontes: Pesquisa ABRELPE 2010 e 2011

## PROJETO ESPÍRITO SANTO SEM LIXÃO

Com o objetivo de destinar corretamente 100% do lixo gerado e eliminar do território capixaba todos os lixões existentes, o Governo do Estado, por meio das secretarias de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano (Sedurb) e Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Seama), lançou em 2008, o “Projeto Espírito Santo sem Lixão”.

O projeto está sendo implantado em três regiões identificadas como prioritárias pelo Governo do Estado - Região Norte, com 15 municípios; Região Doce Oeste,

com 16 municípios, e Região Sul Serrana, com 28 municípios - e prevê a implantação de sistemas regionais para a destinação final adequada aos resíduos sólidos urbanos, compostos de logística de transporte, estações de transbordo e aterros sanitários regionais, que serão administrados por meio de consórcios públicos regionais.

Junto desses aterros, propõe-se coleta e o uso do gás neles gerados. Como consequência dessas ações, almeja-se maior qualidade da atmosfera, do solo e dos recursos hídricos.

## 4.10 LIXÍVIA

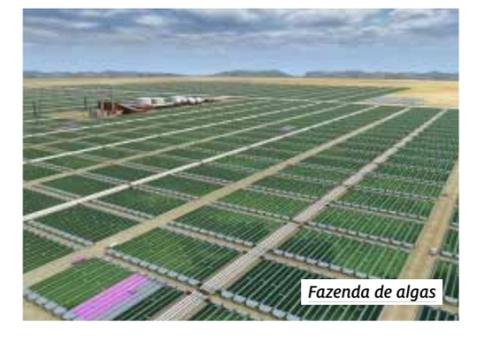
A lixívia ou licor negro é um resíduo resultante do processo de separação da pasta celulósica. Essa biomassa, portanto, só pode ser aproveitada por empresas

produtoras de celulose. No ano de 2010, foram gerados 168 MW através da Fibria, única produtora de celulose branqueada no Espírito Santo.

## 4.11 O BIODIESEL E AS OLEAGINOSAS NO ESPÍRITO SANTO

### 4.11.1 ALGAS

Na busca de alternativas para o fornecimento de energia renovável, as algas e, em especial, as microalgas figuram como uma proposta promissora para a próxima geração de biocombustíveis, pois apresentam um potencial considerável, em particular, para produção de biodiesel. Elas têm como características a capacidade de duplicar sua biomassa várias vezes por dia e produzir pelo menos 15 vezes mais óleo por hectare do que as culturas alimentares concorrentes (ANTUNES apud BUDIMAN, 2009).



Fazenda de algas



Algas

O grande desafio atual consiste na otimização dos processos de produção e extração dos óleos e na identificação e manipulação dos recursos biológicos com maior potencial de exploração com vista à valorização dessa fonte energética no futuro (ANTUNES, 2010).

O Espírito Santo possui grande potencial para o cultivo de algas, por ter um vasto litoral e uma extensa região do seu oceano com baixa profundidade, além de receber excelente insolação atmosférica. Para tanto, se faz necessário incentivar os empreendedores em cultivo de algas para fins energéticos a instalarem seus laboratórios para pesquisa, suas plantas de cultivos de algas e suas usinas de produção de biodiesel no Estado.

#### 4.11.2 A PESQUISA DO PINHÃO MANSO NO ESPÍRITO SANTO

O pinhão manso pertence à família Euphorbiaceae, a mesma da mamona e da mandioca. Compreende aproximadamente 8 mil espécies, com cerca de 320 gêneros. O gênero *Jatropha* contém em torno de 160 espécies de plantas herbáceas e arbustivas, das quais várias apresentam valor medicinal e ornamental e outras produzem óleo. É uma planta nativa da América Central e do Caribe e está largamente distribuída pelos trópicos. Foi introduzida pelos comerciantes portugueses no sudeste da África, Índia, Cabo Verde, Madagascar, Java, Malásia, Tailândia e Filipinas.

Trata-se de uma cultura importante para a economia e a indústria do arquipélago de Cabo Verde, um dos principais produtores e exportadores mundiais de sementes. No Brasil, o pinhão manso era bastante plantado nas divisas de sítios, para a formação de cercas vivas, fabricação de sabão e remédio para prisão de ventre. Embora seja conhecido e utilizado desde a época pré-colombiana, ainda encontra-se

em processo de domesticação e só passou a ser mais pesquisado agronomicamente nos últimos 30 anos.

É uma cultura que pode se desenvolver nas pequenas propriedades, com a mão de obra familiar disponível, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais da região noroeste do Espírito Santo. Além disso, como é uma cultura perene, pode ser utilizado na conservação do solo.

O Espírito Santo apresenta muitas características relacionadas ao seu quadro natural, estrutura fundiária e perfil dos agricultores, credenciando-o como um Estado promissor na capacidade para produção de biocombustíveis. A planta (*Jatropha curcas* L.) tem grande potencial para a produção de biocombustível em função da alta concentração de óleo na semente (38%) e por suas características fisiológicas.

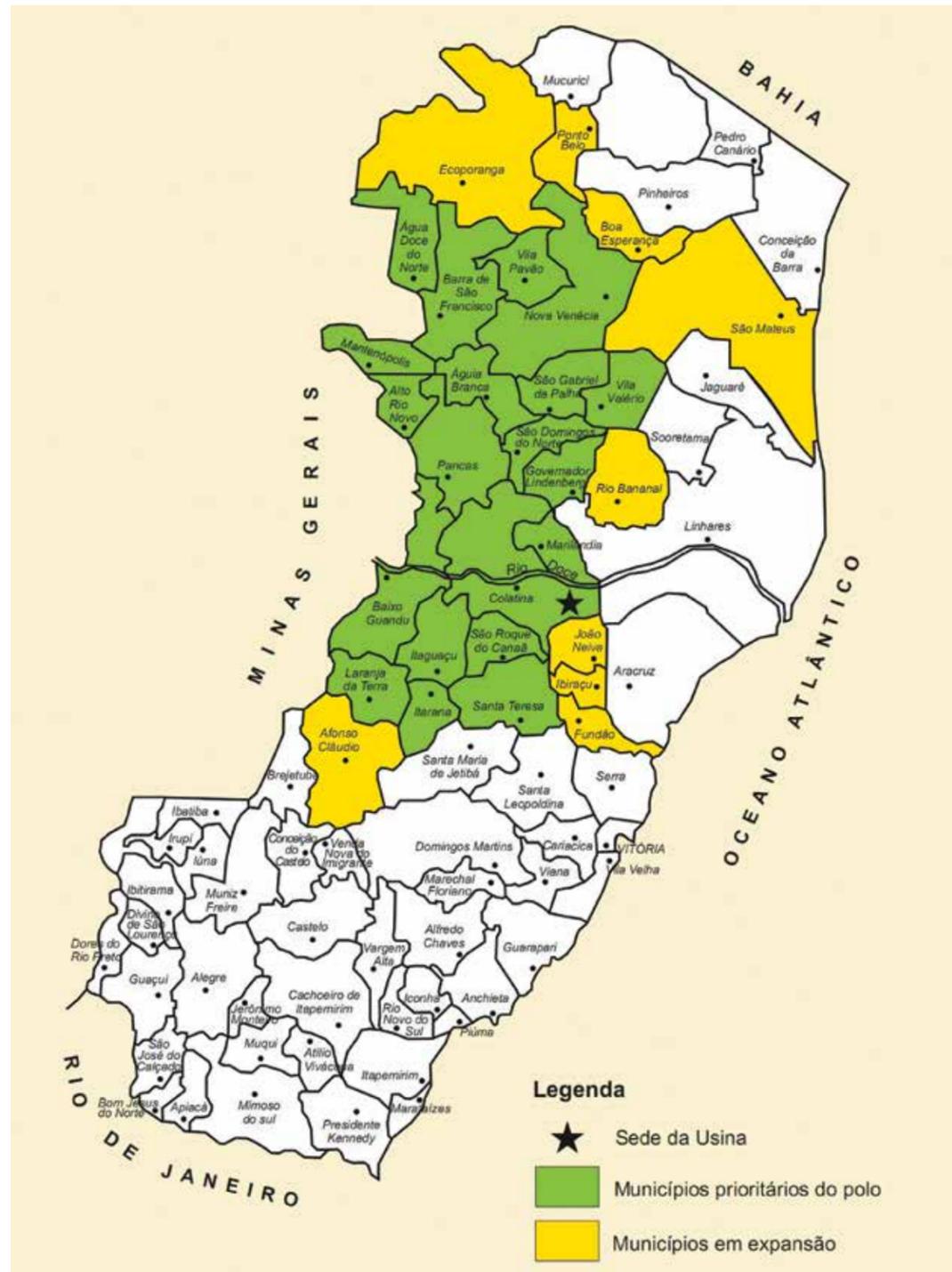
No Espírito Santo, a introdução de materiais genéticos de pinhão manso para a pesquisa ocorreu entre 2003 e 2004 pelo Incaper, o que resultou em campos

de observações nas fazendas experimentais do Incaper em Viana e Linhares, bem como em propriedades privadas de produtores em São Mateus, Colatina e Conceição da Barra. Esses trabalhos, embora ainda em andamento, sinalizam, pelos dados obtidos, um grande potencial agrônomo da cultura no Estado.

O pinhão manso é uma planta bastante rústica que se adapta a diversos climas e solos, também com tolerância à seca. Seu cultivo apresenta-se como uma ótima alternativa de diversificação para o pequeno e médio produtor rural, que pode utilizar área de suas propriedades que não necessitam de irrigação na implantação dessa cultura. A região noroeste, em especial, reúne as condições edafoclimáticas mais adequadas, com características de terras quentes, acidentadas e secas, sendo que a estação chuvosa bem definida favorece a adaptação da cultura nessa região.

O aumento progressivo da área plantada viabilizará a instalação de uma usina extratora de óleo, gerando mais emprego e renda na região. A médio prazo, o biodiesel poderá tornar-se importante fonte de divisas para o Estado, somando-se ao álcool como fonte de energia renovável que o Espírito Santo poderá oferecer ao Brasil e à comunidade mundial.





A implementação do Polo de Pinhão Manso fortaleceu o compromisso do Estado com o desenvolvimento e o uso de tecnologias limpas e economicamente sustentáveis, além de inserir o Espírito Santo no novo modelo da matriz energética nacional, potencializando ganhos ambientais e gerando novos negócios para agroindústria e agricultura familiar.

O Espírito Santo apresenta condições edafoclimáticas para produzir pinhão manso em quase todo o Estado, porém, as ações serão concentradas nas regiões

polo Colatina, Noroeste I e II (Novo Pedeag, 2007-2025). O trabalho de aptidão agrícola para a cultura do pinhão manso no Estado do Espírito Santo também aponta essas regiões como as que detêm as melhores condições para seu cultivo (ROCHA & TAQUES, 2007), por possuírem uma grande quantidade de áreas de pastagem degradadas e/ou abandonadas, apresentando déficit hídrico com aptidão exclusiva para culturas florestais sem irrigação, o que dá à cultura do pinhão manso boas condições para seu desenvolvimento.

### 4.11.3 A MAMONA

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma planta pertencente à família das Euforbiáceas, a mesma da mandioca, da seringueira e do pinhão manso. É originária provavelmente da África ou da Índia e cultivada em diversos países do mundo, sendo a Índia, a China e o Brasil, nessa ordem, os maiores produtores mundiais. O principal produto da mamoneira é seu óleo, que possui propriedades químicas peculiares que lhe fazem único na natureza: trata-se do ácido graxo ricinoleico, que tem larga predominância na composição do óleo, o que lhe confere propriedades como alta viscosidade, estabilidade física e química e solubilidade em álcool a baixa temperatura.

A mamona, reconhecida como uma das culturas mais versáteis, rentáveis e promissoras, do ponto de vista da indústria e da bioenergia, apresenta potencial para gerar milhares de empregos no campo e tem sido adotada em programas governamentais de diversos estados brasileiros. Possui reconhecida tolerância à seca, podendo se recuperar após períodos de estiagem, além de produzir com baixas precipitações.

O óleo de mamona tem centenas de aplicações dentro da indústria química, sendo uma matéria-prima versátil, com a qual se pode fazer diversas reações, dando origem a produtos variados. Suas principais aplicações são para fabricação de graxas e lubrificantes, tintas, vernizes, espumas e materiais plásticos para diversos fins. Derivados de óleo de mamona podem ser encontrados até em cosméticos e produtos alimentares.



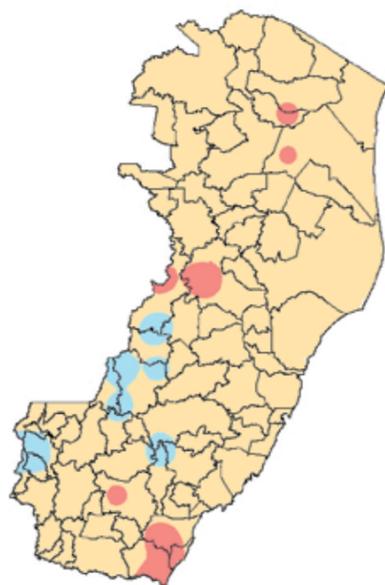
A mamona foi escolhida como uma das oleaginosas fornecedoras de matéria-prima para a fabricação de biodiesel no Brasil. Essa escolha foi feita porque ela praticamente é a única oleaginosa bem adaptada e para a qual se dispunha de tecnologia para cultivo na região semiárida, possibilitando a inclusão social de milhares de pequenos produtores que estavam sem opções agrícolas rentáveis. Embora esse aspecto social tenha proporcionado a escolha da mamona, essa cultura também pode ser plantada em várias regiões do país, do sul até o norte, desde que se obedeçam as suas exigências climáticas e manejo adequado.

Considerando as condições de temperatura, relevo e a disponibilidade hídrica, o Estado do Espírito Santo tem condições ambientais de cultivo da mamoneira, desde que seja preconizado o ambiente de cultivo em relação à necessidade da cultura. Pelos resultados de pesquisas obtidos, no tocante ao regime pluviométrico, a cultura da mamoneira plantada a partir de agosto até abril não apresentará deficiência hídrica no plantio e no vingamento das sementes. Em relação à temperatura (figura a seguir), os municípios que estão de vermelho não estão indicados para a realização do plantio da mamoneira no período de tempo (meses) estabelecido no mapa, pelo fato de as temperaturas estarem acima da máxima recomendada. Aqueles que estiverem localizados dentro da cor azul também serão limitados ao plantio dentro dos meses relacionados, pelo fato de a temperatura estar abaixo da mínima recomendada.

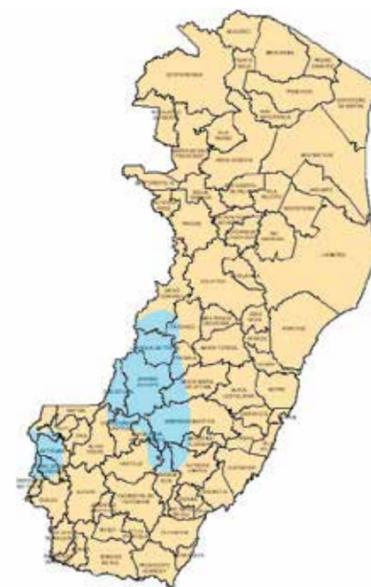
AGOSTO - JANEIRO



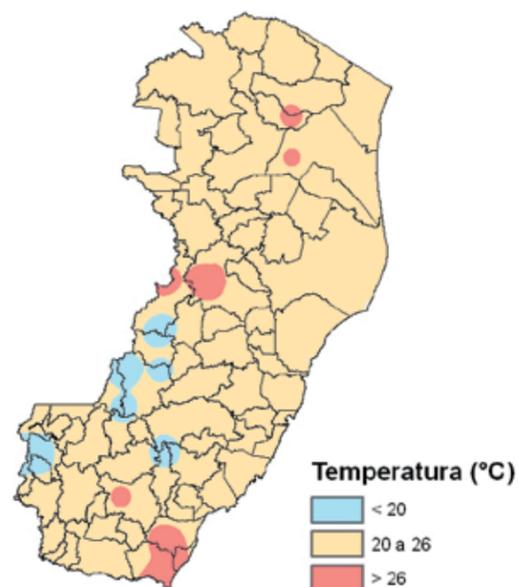
SETEMBRO - FEVEREIRO



OUTUBRO - MARÇO



NOVEMBRO - ABRIL



Podemos pensar em empreendimentos de produção da mamona sendo implantados ao longo do tempo em várias regiões do Estado, como uma excelente alternativa de renda local e de avanço energético no que concerne ao biodiesel. Um modelo de referência para a produção de mamona se dá no Estado do Piauí, junto ao Ministério de Minas e Energia (MME), onde todo o cultivo é integrado.

#### 4.11.4 APTIDÃO AGRÍCOLA PARA A CULTURA DO GIRASSOL (HELIANTHUS ANNUS L.) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA

O girassol é uma fonte importante de óleo comestível. Sua produção mundial ultrapassa 25 milhões de toneladas anuais de grãos e seu óleo vem despertando, nos últimos anos, o interesse de muitos consumidores pelo recente conhecimento científico de que ele reduz o nível do colesterol que traz risco à saúde humana quando em excesso nos vasos sanguíneos.

Originária da América do Norte, a planta do girassol se desenvolve e produz bem na maior parte do Estado de São Paulo, tendo uma boa adaptabilidade às condições climáticas do Estado do Espírito Santo, sendo o excesso de umidade limitante à sua produção.

A cultura do girassol tem boa resistência à seca e ao frio, podendo ser usada em rotação cultural com a cana-de-açúcar, por ocasião da renovação das lavouras, inclusive mecanicamente.

O rendimento de grãos na lavoura de girassol pode atingir e ultrapassar 2.500 kg/ha, com a tecnologia nacional atualmente disponível. Há registro de rendimentos superiores a 3.200 kg/ha em áreas experimentais do Incaper, na Fazenda Experimental de Viana/ES.

Os trabalhos de pesquisas realizados pelo Incaper com a cultura do girassol, levaram em consideração os principais fatores limitantes à produção, entre os quais evidenciaram-se precipitação anual variando entre 500 a 700 mm e temperatura média entre 10 e 34°C, sem restrições de altitude.

Levando-se em consideração as necessidades hídricas, de temperatura e altitude da cultura do girassol no Estado do Espírito Santo, desenvolveram-se os mapas abaixo representados.

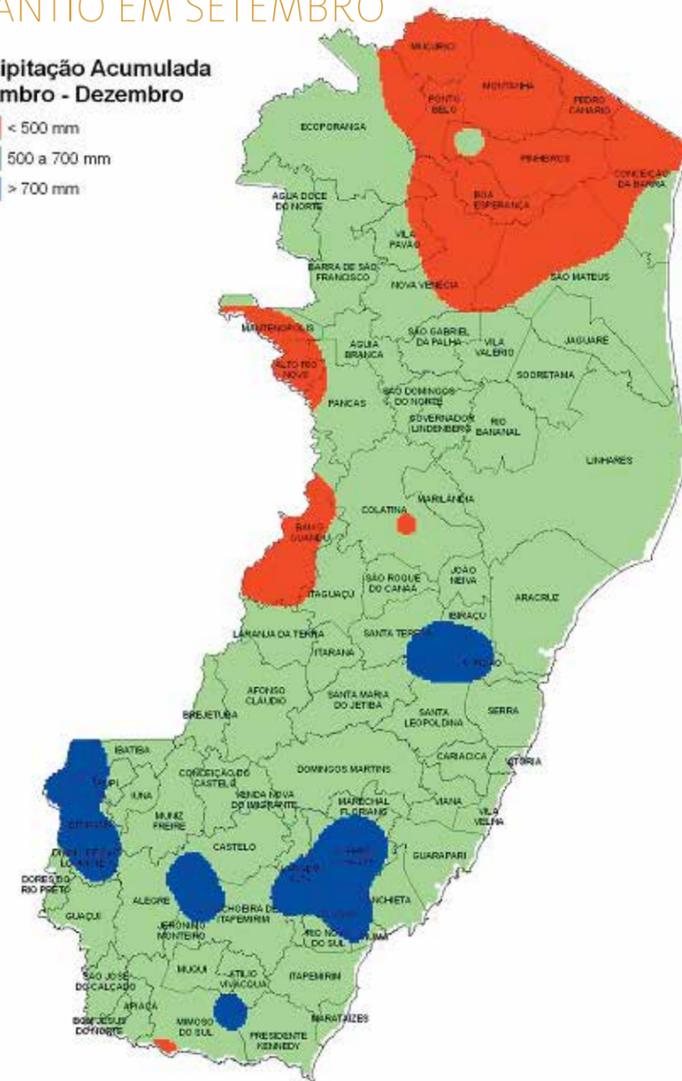


Aptidão agrícola para os diferentes municípios do Estado do Espírito Santo em função da necessidade hídrica anual da cultura, levando em consideração o início das chuvas a partir do mês de agosto

### PLANTIO EM SETEMBRO

Precipitação Acumulada Setembro - Dezembro

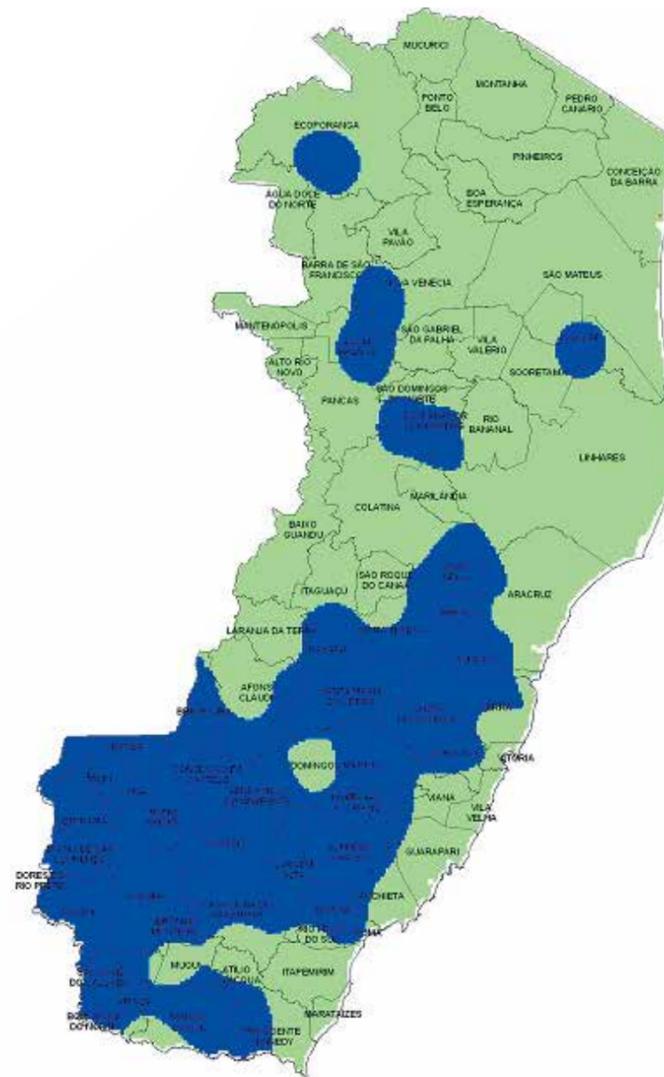
- < 500 mm
- 500 a 700 mm
- > 700 mm



### PLANTIO EM OUTUBRO

Precipitação Acumulada Outubro - Janeiro

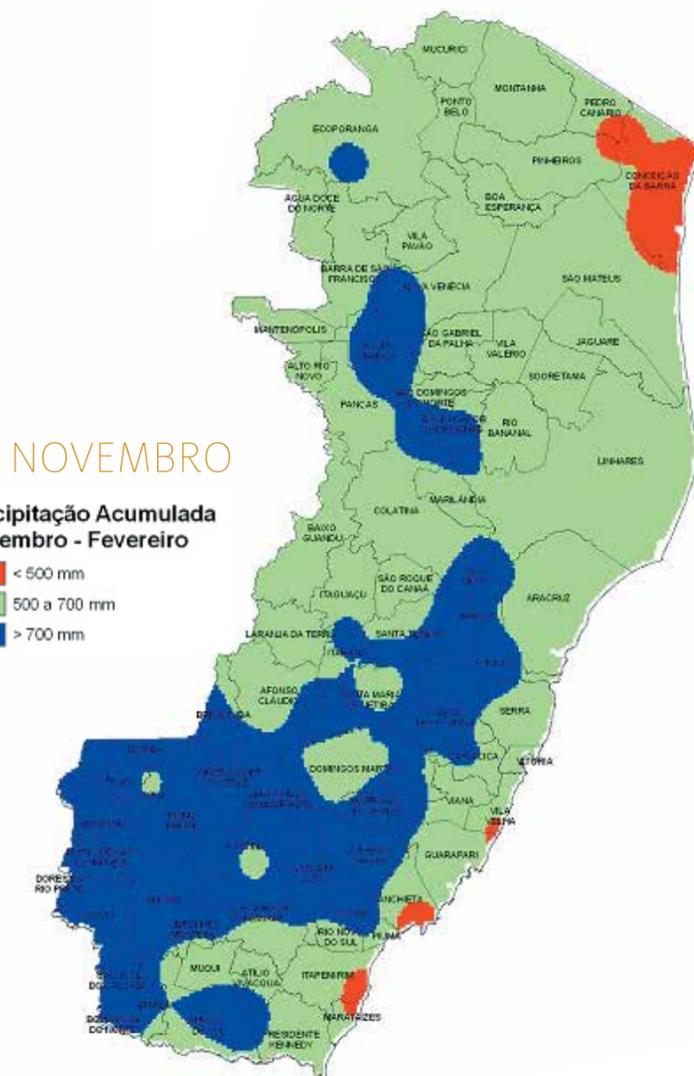
- < 500 mm
- 500 a 700 mm
- > 700 mm



### PLANTIO EM NOVEMBRO

Precipitação Acumulada Novembro - Fevereiro

- < 500 mm
- 500 a 700 mm
- > 700 mm



Pelos mapas apresentados, no tocante ao regime pluviométrico, a cultura do girassol plantada de setembro até novembro não apresentará deficiência hídrica no plantio, na maioria dos municípios do Estado do Espírito Santo. As cidades que se encontram nas áreas coloridas de vermelho apresentarão problemas quanto ao déficit hídrico exigido pela cultura por ocasião do plantio e condução da lavoura, o que poderá ser compensado com irrigação.



## O BIOÁLCOOL DE CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar no Estado, em 2010, ofertou 2,5 MW de energia elétrica com seu bagaço, de um total estimado em 22,6 MW. Esse potencial energético pode ser ampliado, seja pelo bagaço, seja pela produção de álcool, que teve uma produção anual média de 265 mil metros cúbicos entre os anos de 2007 e 2009.

Para isso é preciso fazer a conversão das rotas para açúcar e aguardente em rota de álcool de modo equilibrado. Essa intercalação entre açúcar/aguardente e álcool para melhor rendimento econômico da matéria-prima cana precisa estar sempre em sintonia com as designações do mercado onde ambos se inserem, garantindo, assim, a máxima disponibilização do bioenergético álcool, anidro ou hidratado.

Assim, alcançaremos um equilíbrio mais estável na oferta do combustível, uma vez que trasladamos, mesmo que parcialmente, do combustível fóssil para o renovável bioálcool.



### 4.12 A BIOMASSA TURFA NO ESPÍRITO SANTO

A turfa é o resultado da semidecomposição, totalmente natural, de produtos de origem vegetal, cujo processo ocorre em áreas alagadiças por meio de um intervalo de tempo entre 6 mil e 10 mil anos. Esse produto orgânico é formado naturalmente em condições especiais de umidade e temperatura, sendo os fatores preponderantes as condições geológicas e climáticas.

A turfa na Europa é intensamente usada e, por isso, existem métodos arrojados para seu manejo que deveriam ser utilizados como exemplo. Na Região Sudeste brasilei-

ra, a maior reserva inferida situa-se no Espírito Santo, da ordem de 360 milhões de m<sup>3</sup> de turfa, no trecho do Baixo Rio Doce e vales adjacentes aos Rios Itabapoana e Preto.

A avaliação dessa situação é relevante, de acordo com as demandas do Estado, para desenvolver os métodos mais adequados para extração e uso da turfa, causando o menor impacto socioambiental possível. Sua utilização faz parte da composição para uma busca sustentável em geração de energia no Estado, diversificando a matriz energética local.

### 4.13 ERGOMETRIA

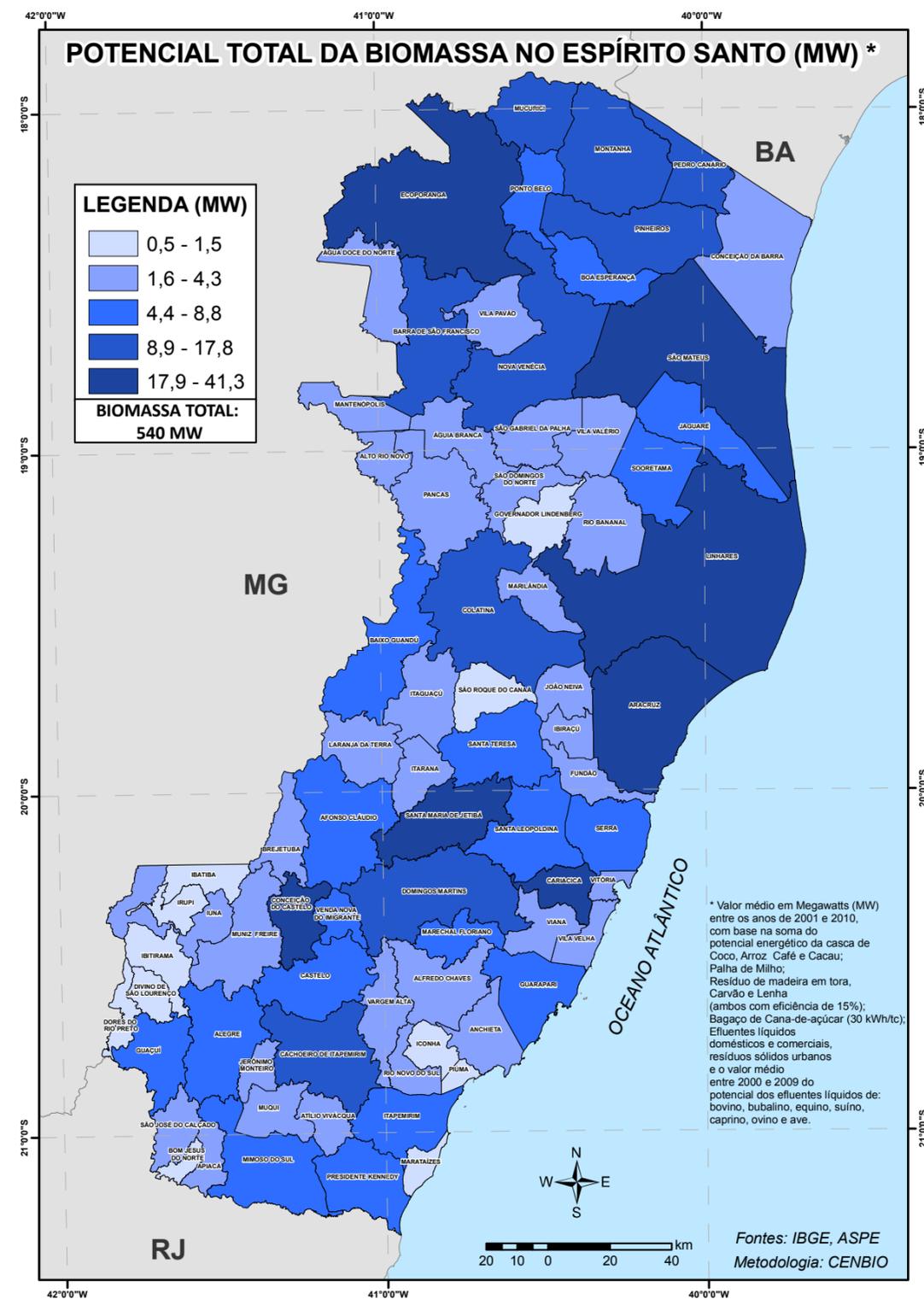
Estudos recentes têm apontado que a realização de atividades físicas humanas pode movimentar uma máquina associada a geradores de energia elétrica, tornando-se, assim, mais uma fonte de energia renovável.

Pesquisas mostram que um adulto gerando energia elétrica com uma bicicleta ergométrica alcança uma po-

tência entre 60 W e 300 W, com uma média de 90 Wh em meia hora. Os celulares atuais gastam entre 5 Wh e 13 Wh, portanto, com meia hora de ergométrica pode-se carregar a bateria de 18 celulares simples ou de 7 sofisticados. Outro exemplo é que se podem acender 18 lâmpadas fluorescentes compactas de 10 W durante o exercício.

# 5 MAPAS DAS BIOMASSAS

## 5.1 MAPA DA BIOMASSA TOTAL



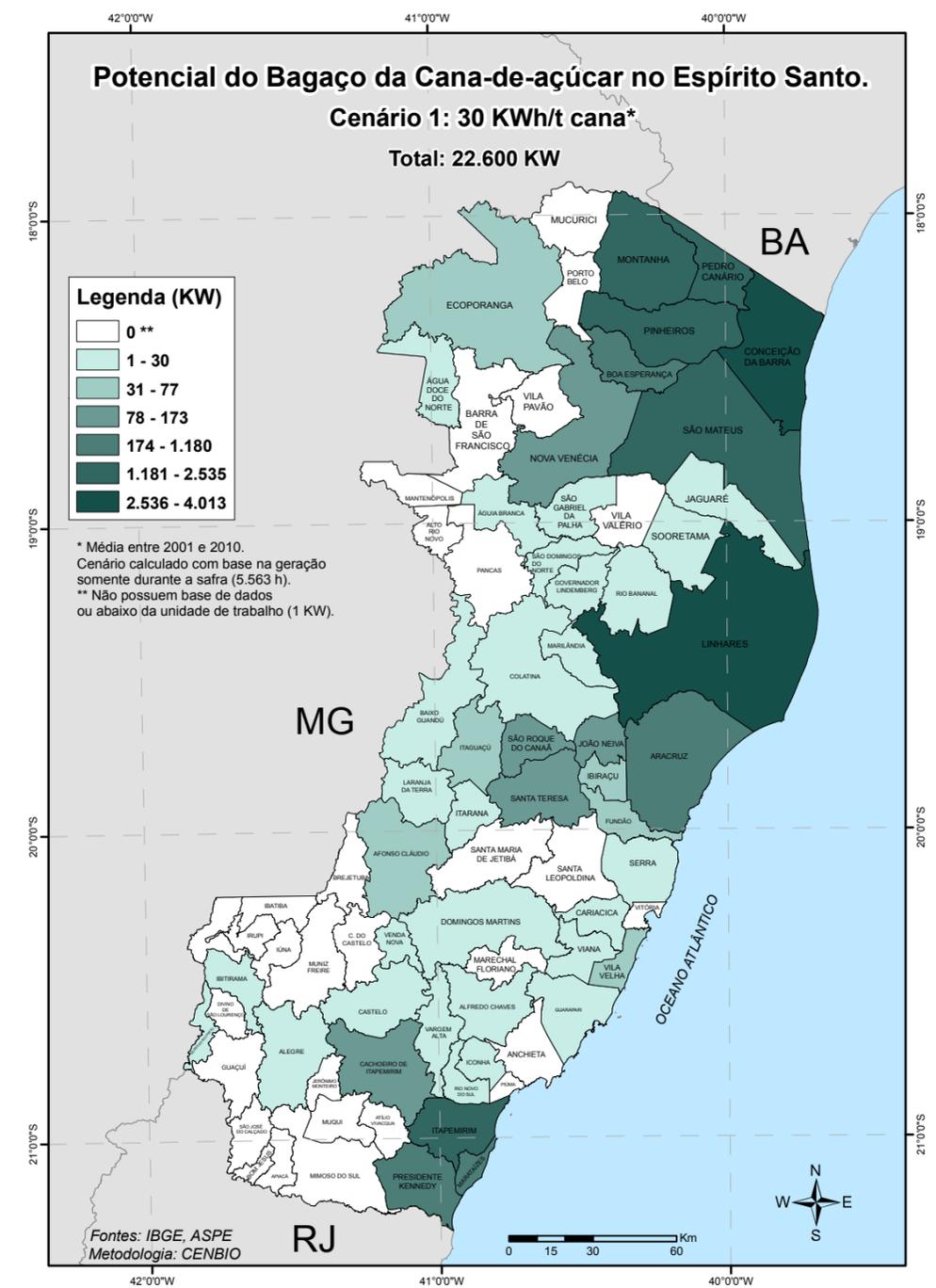
Neste mapa é possível identificar o potencial total da biomassa em cada município. Nele percebemos que as regiões norte, nordeste e centro sul do Estado possuem os potenciais mais proeminentes. A biomassa é

composta principalmente por casca de cacau, milho, coco e café, resíduo de madeira em tora, lenha, carvão, bagaço de cana-de-açúcar, efluentes animais, domésticos e comerciais.

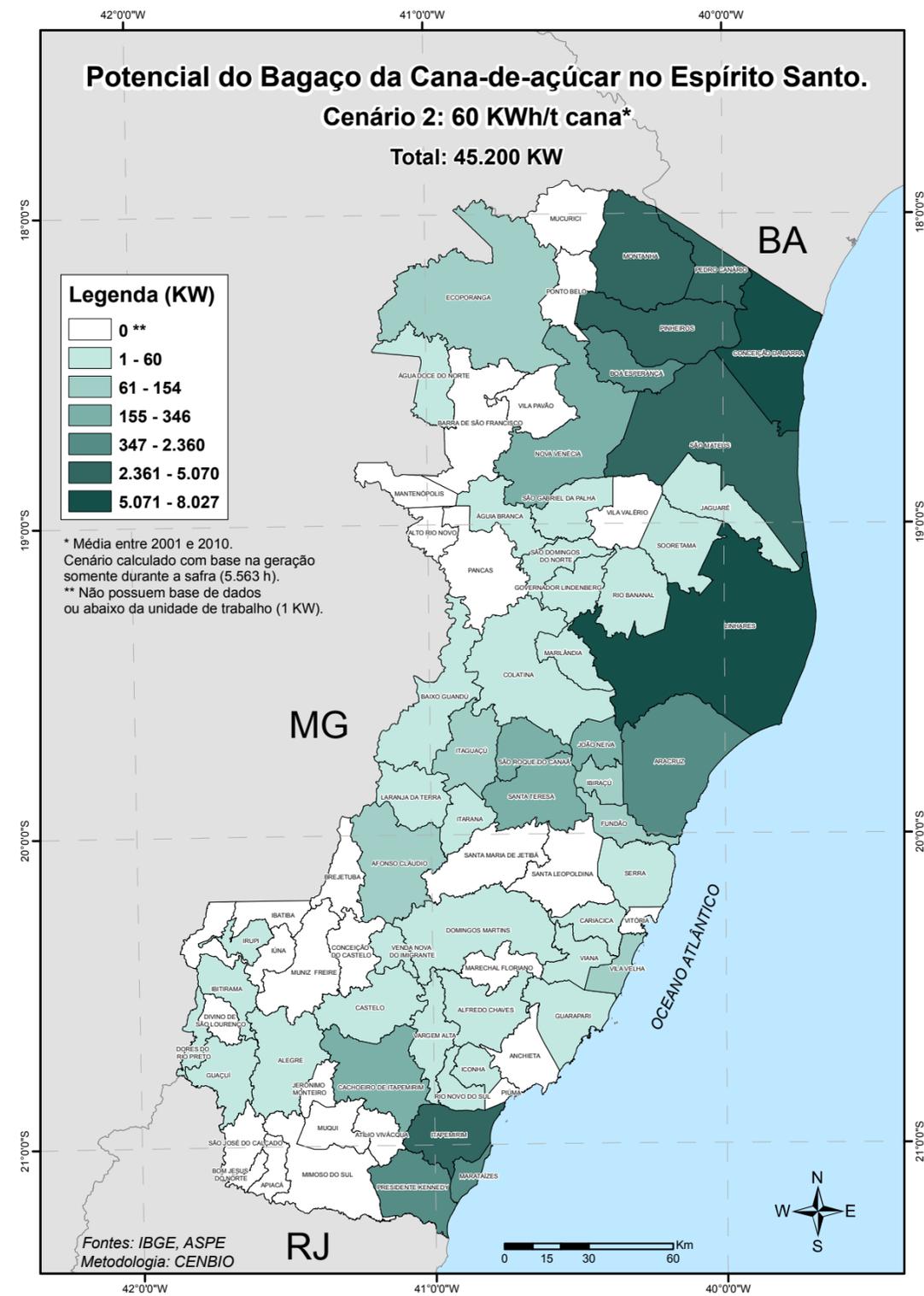
## 5.2 MAPAS DA BIOMASSA CANA-DE-AÇÚCAR (BAGAÇO)

Foram suprimidos os mapas das biomassas com pequenas quantidades produzidas, com potencial total menor que 200 KW.

### 5.2.1 CENÁRIO 1

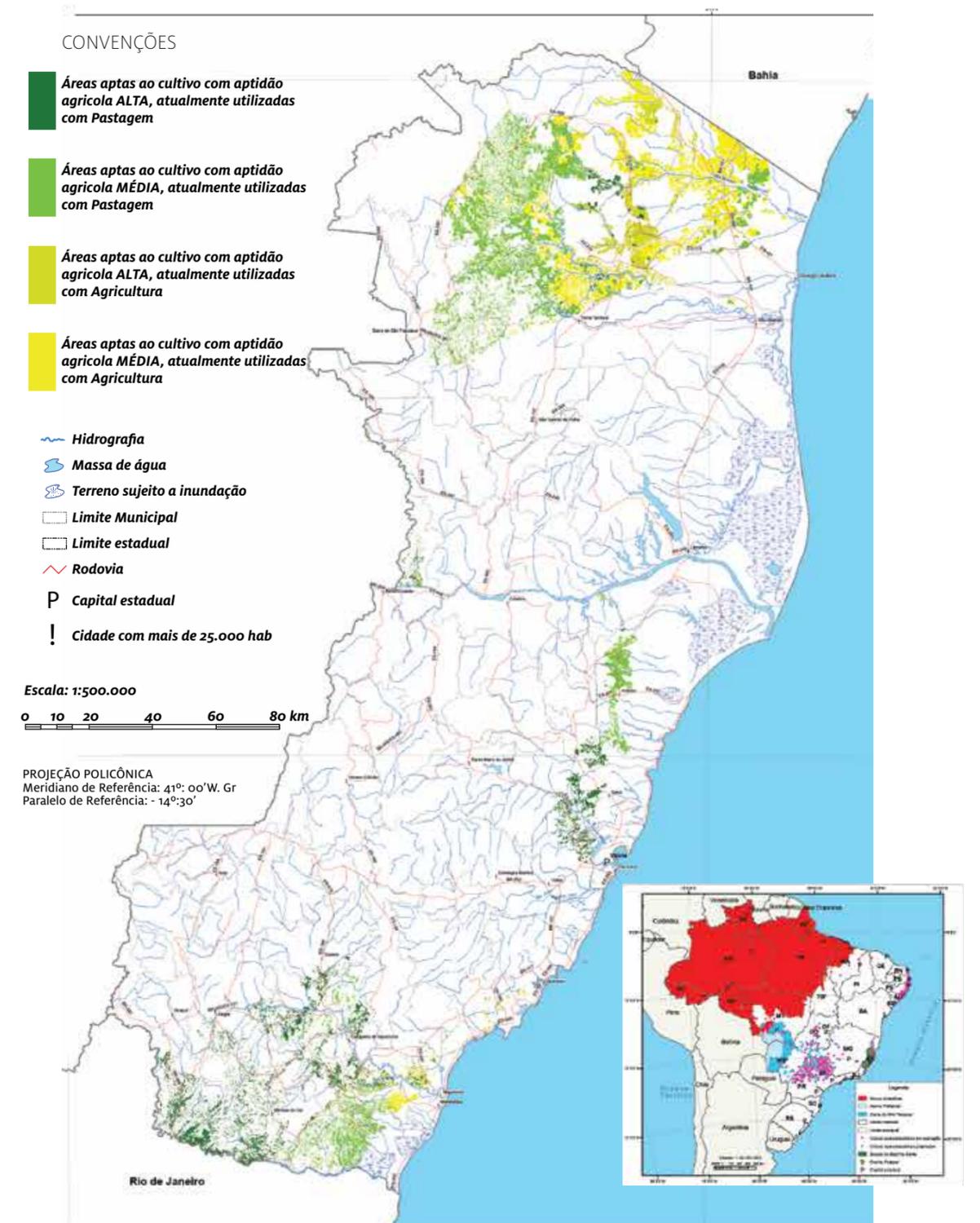


## 5.2.2 CENÁRIO 2

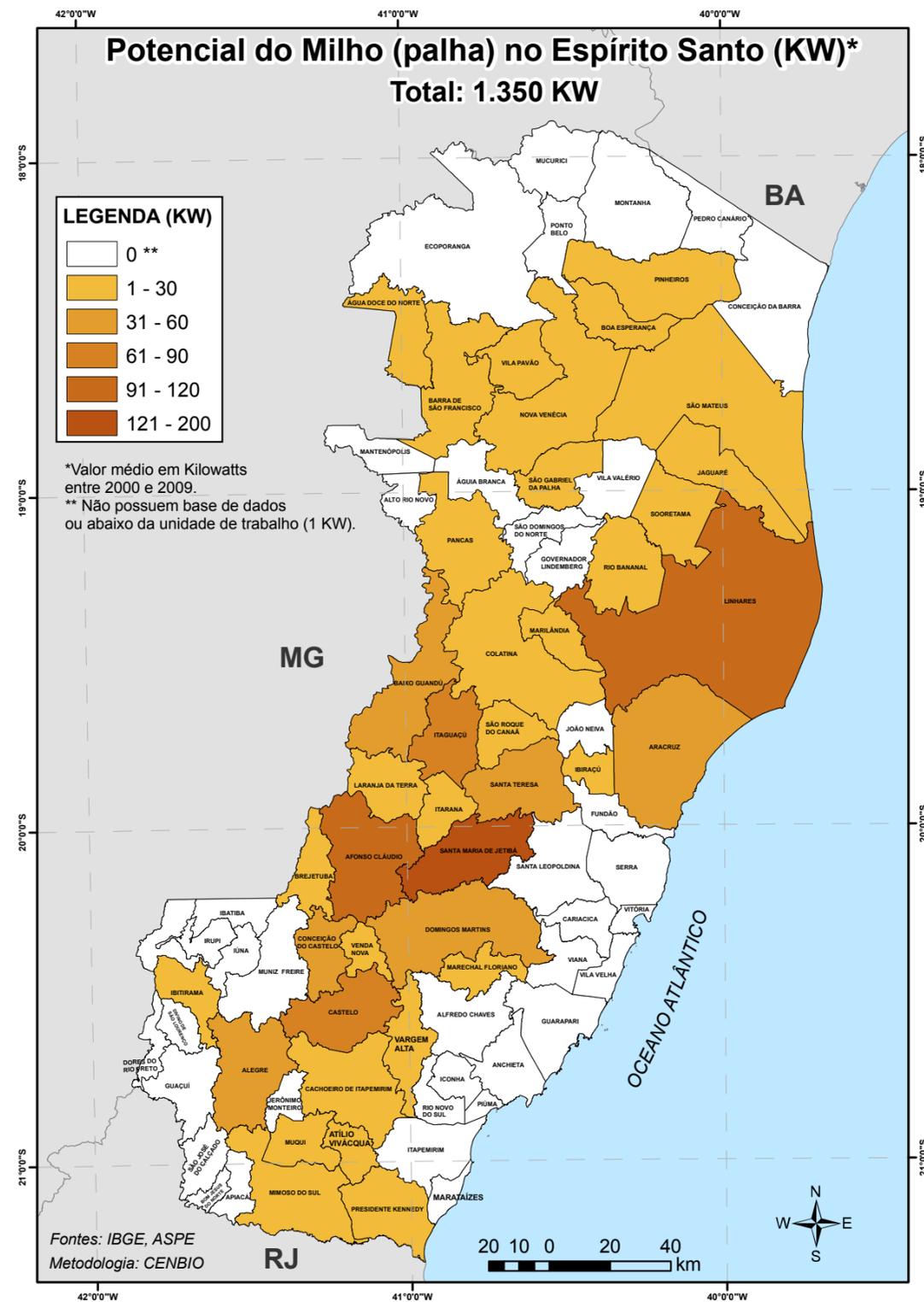


## 5.2.3 MAPA DO ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESPÍRITO SANTO

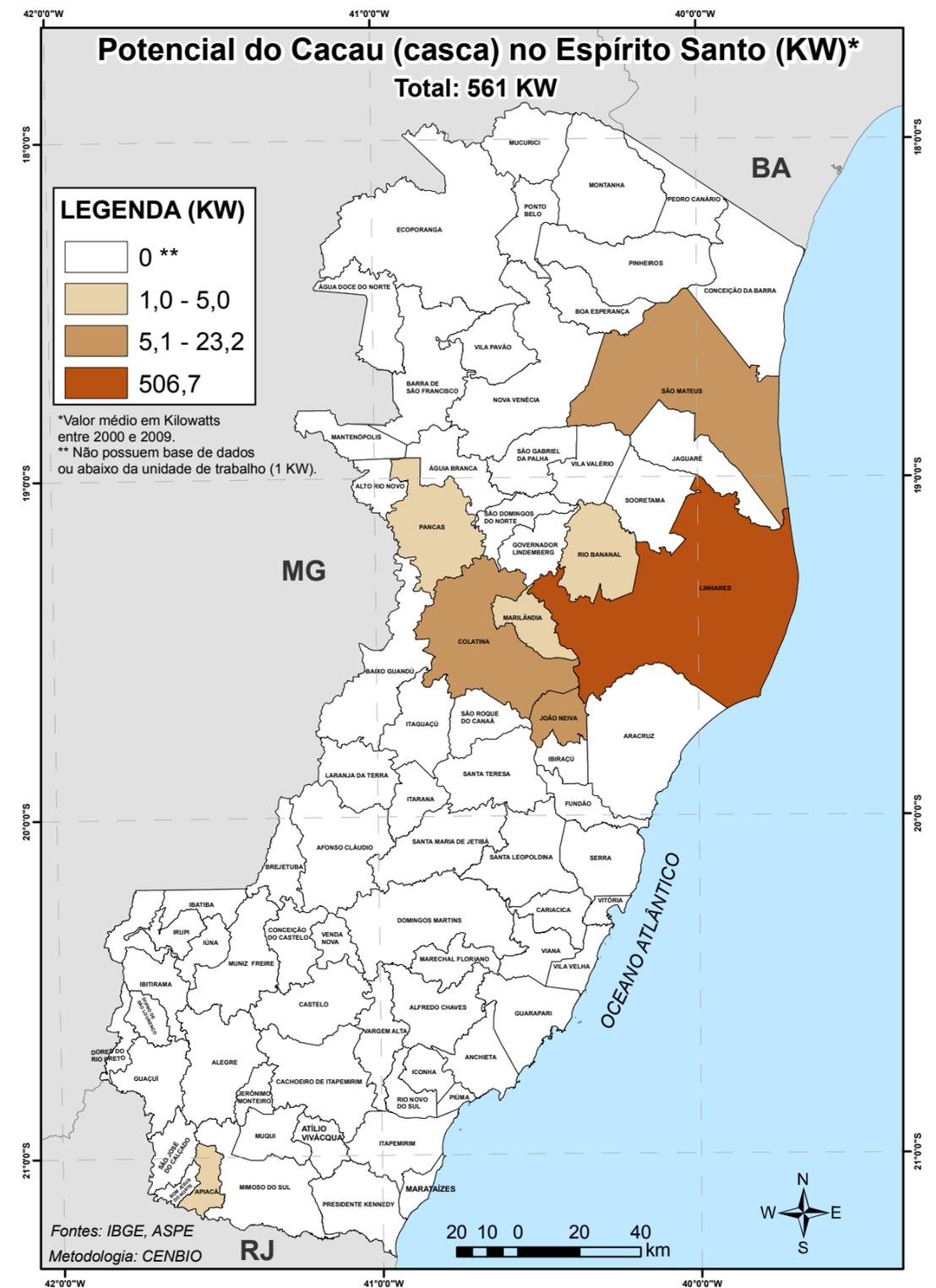
São apresentadas a seguir as regiões de alta (em verde) e média potencialidade (amarela) para o plantio de cana-de-açúcar no Estado do Espírito Santo.



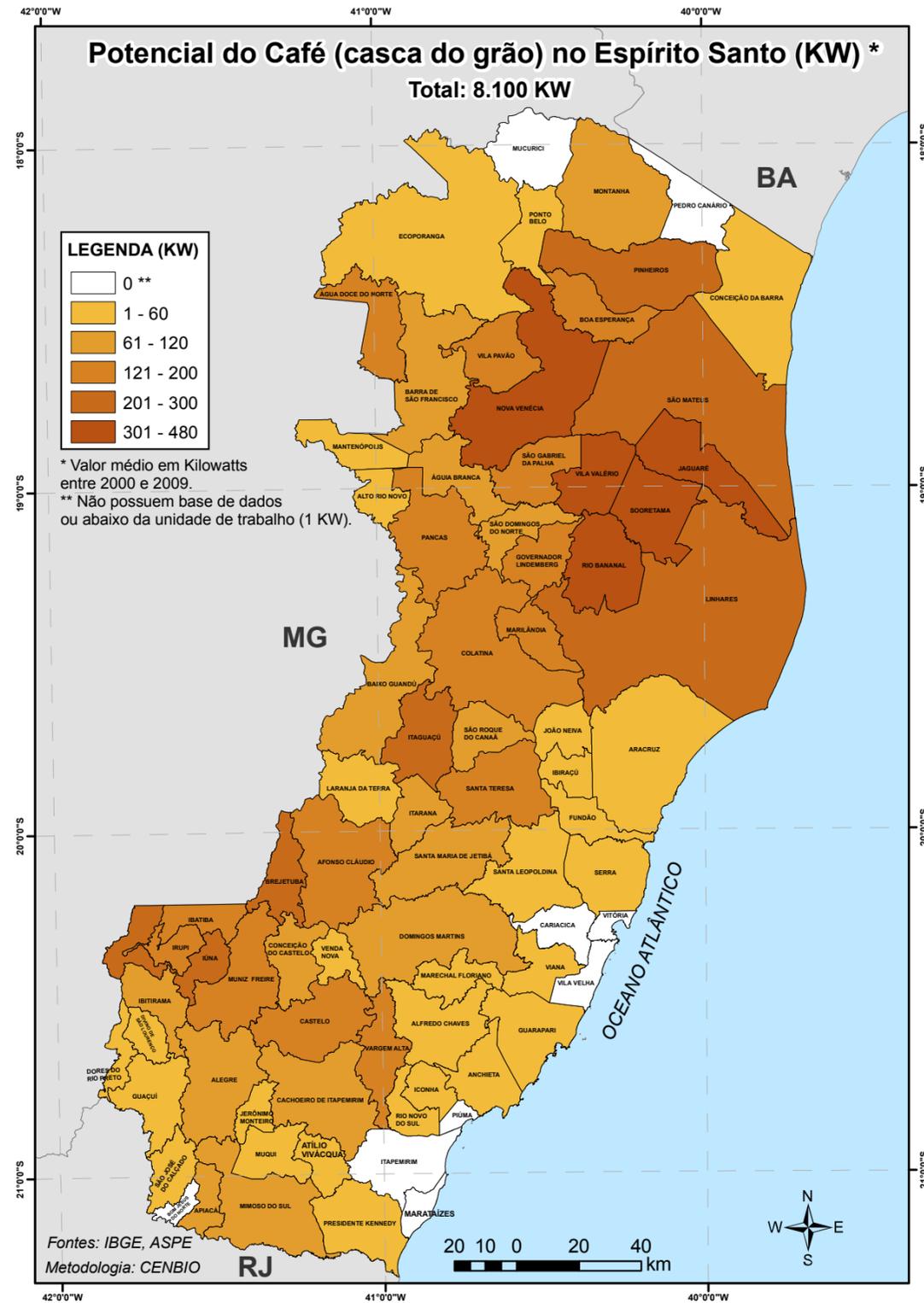
### 5.3 MAPA DA BIOMASSA MILHO (PALHA)



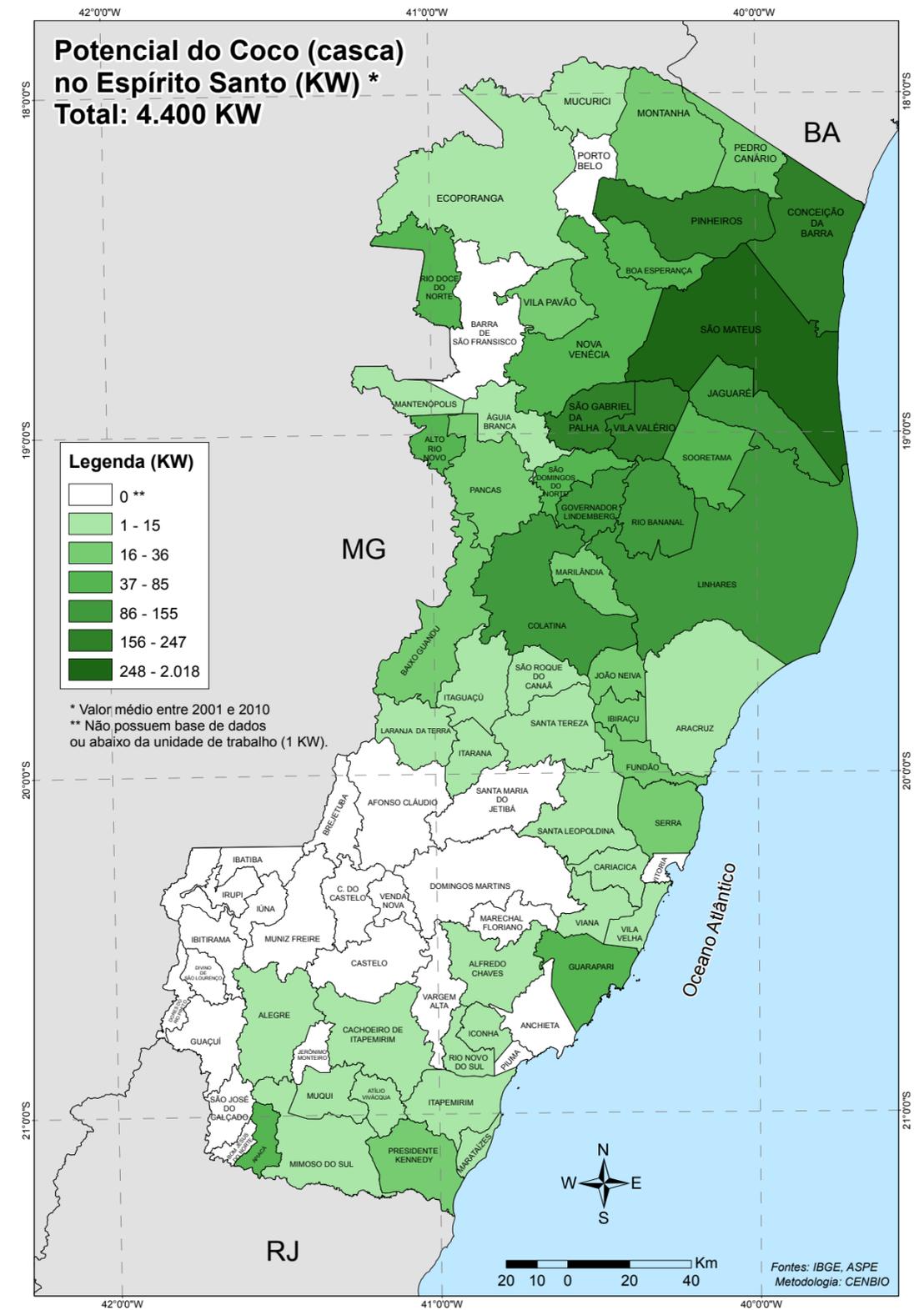
### 5.4 MAPA DA BIOMASSA CACAU (CASCA)



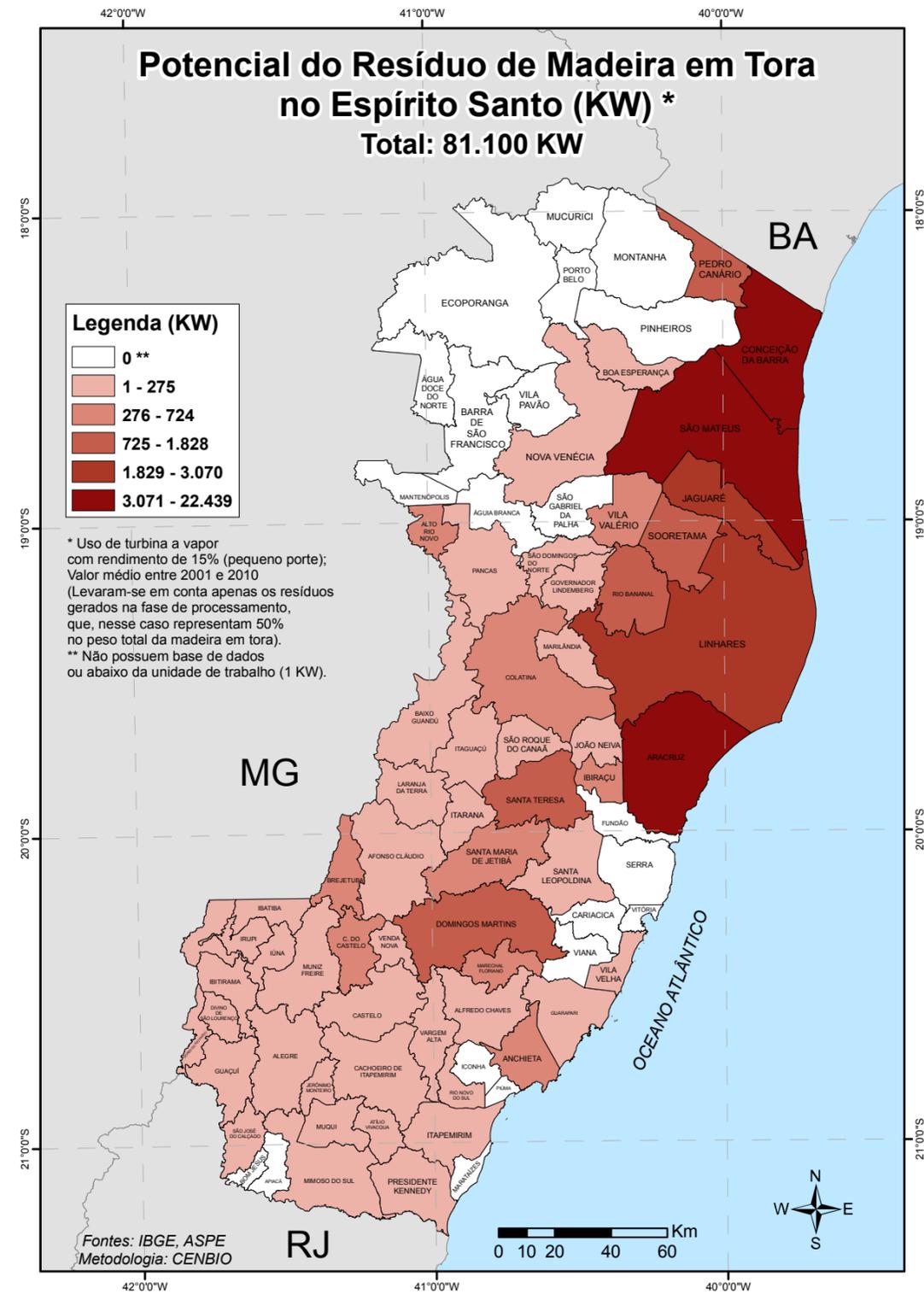
## 5.5 MAPA DA BIOMASSA CAFÉ (CASCA DE GRÃO)



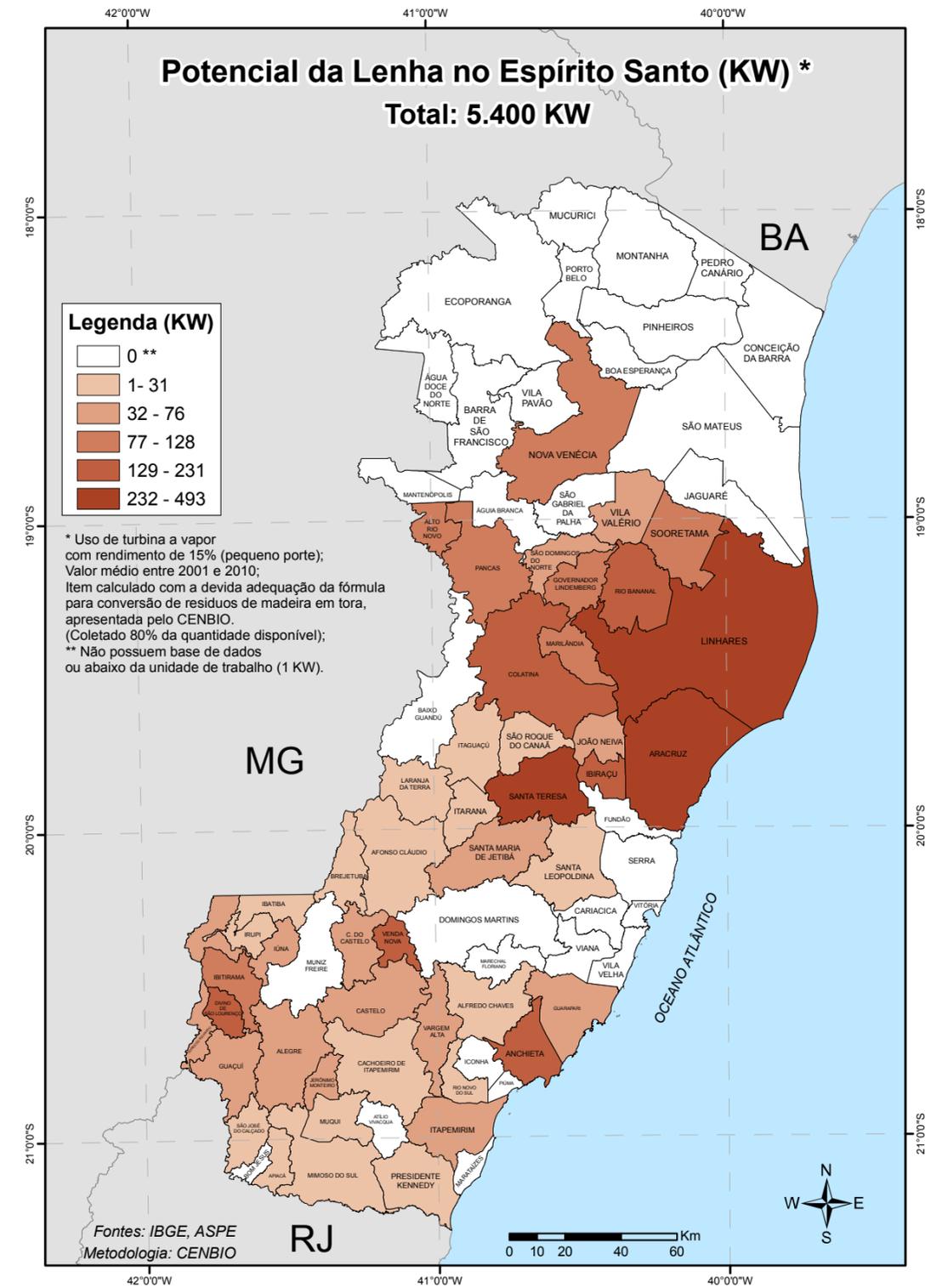
## 5.6 MAPA DA BIOMASSA COCO (CASCA)



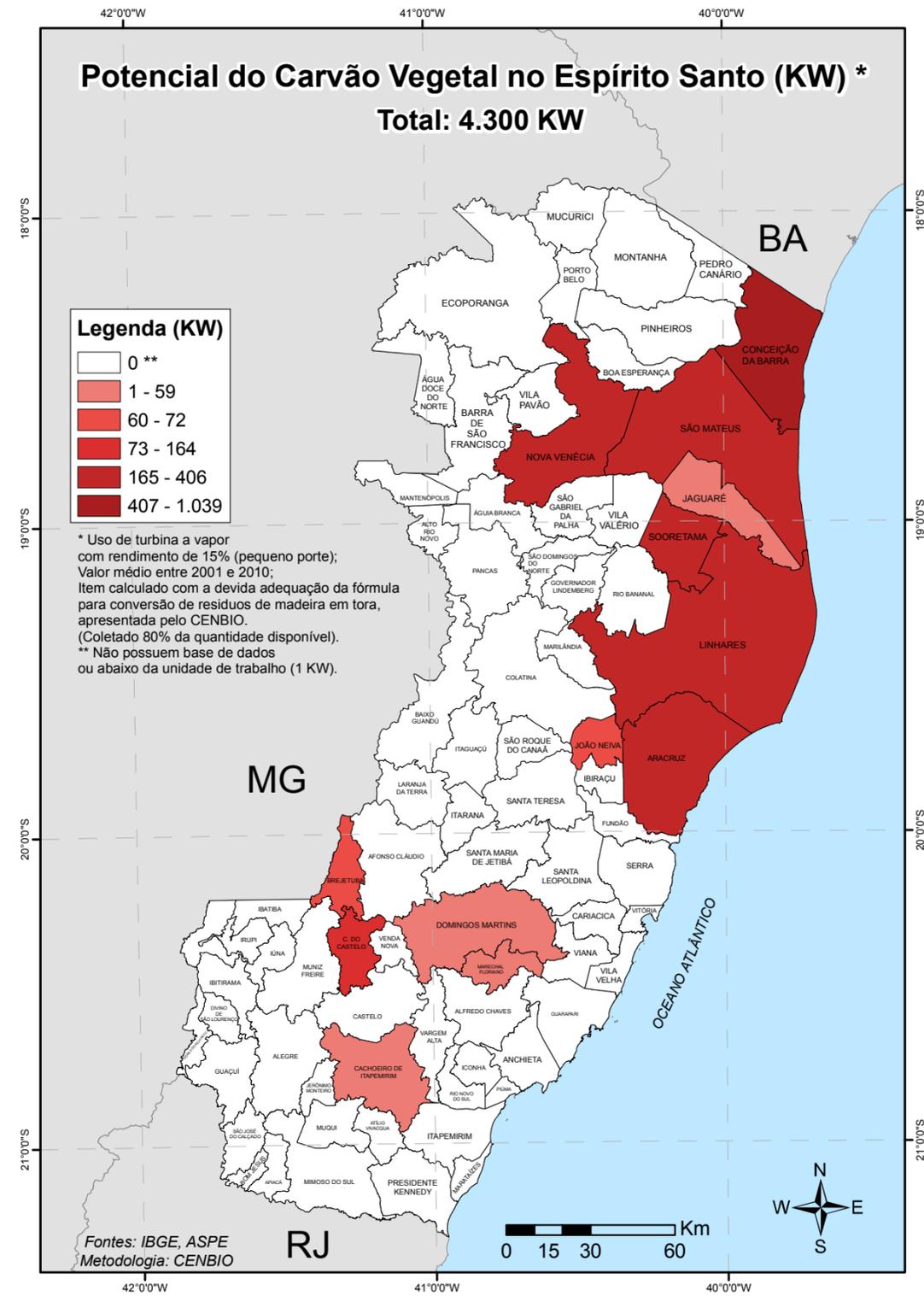
## 5.7 MAPA DA BIOMASSA RESÍDUO DE MADEIRA EM TORA



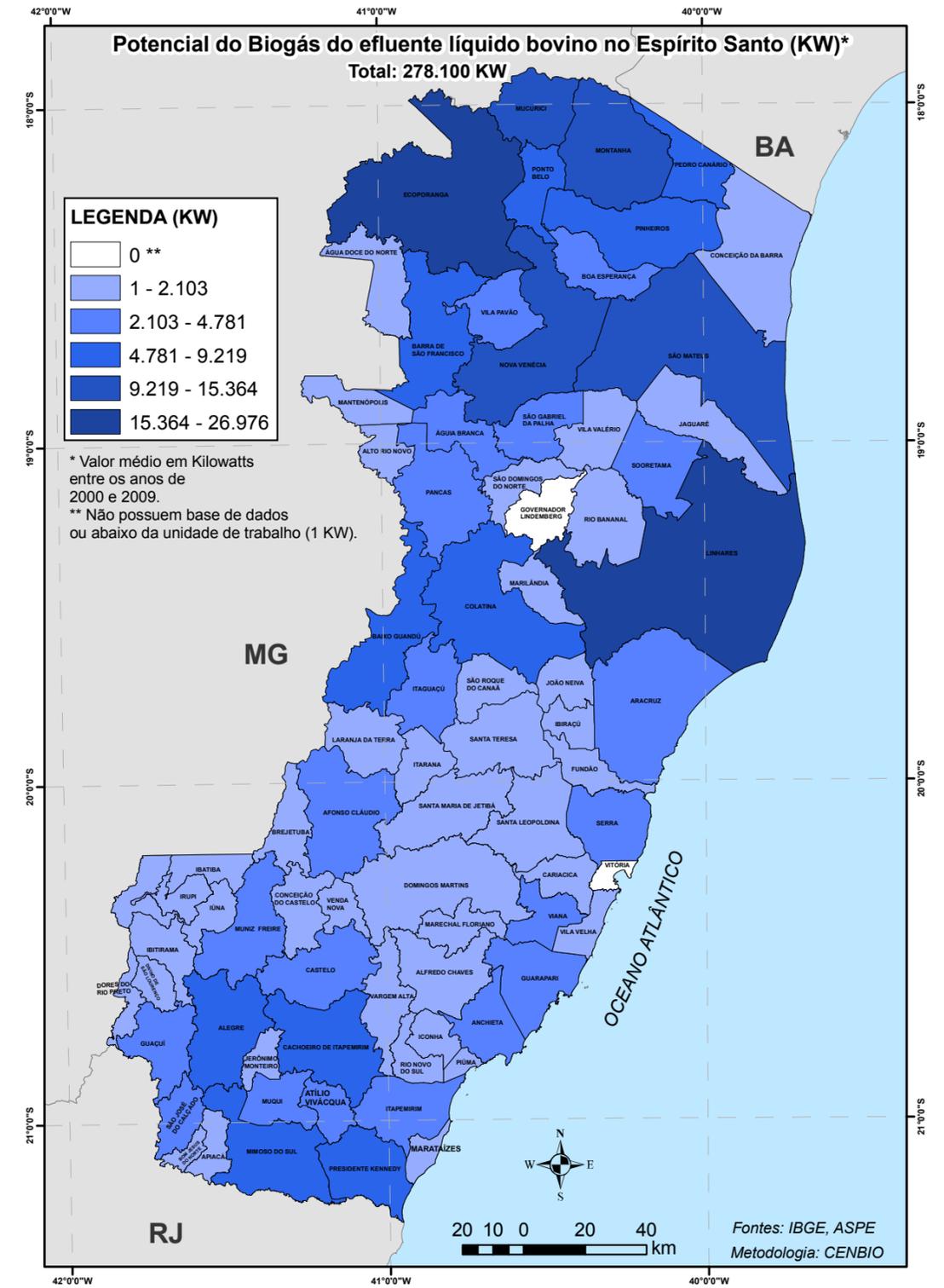
## 5.8 MAPA DA BIOMASSA LENHA



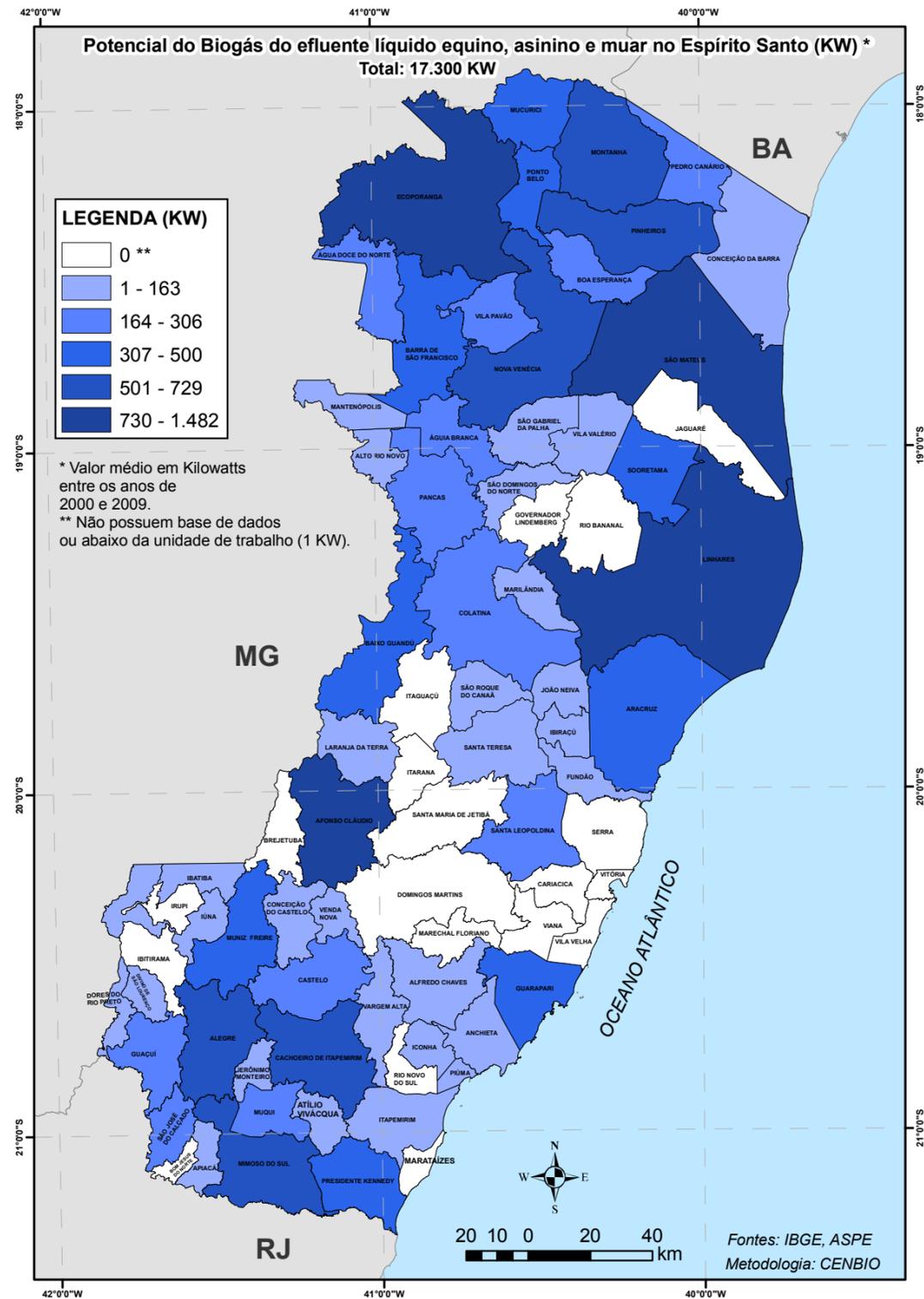
## 5.9 MAPA DA BIOMASSA CARVÃO VEGETAL



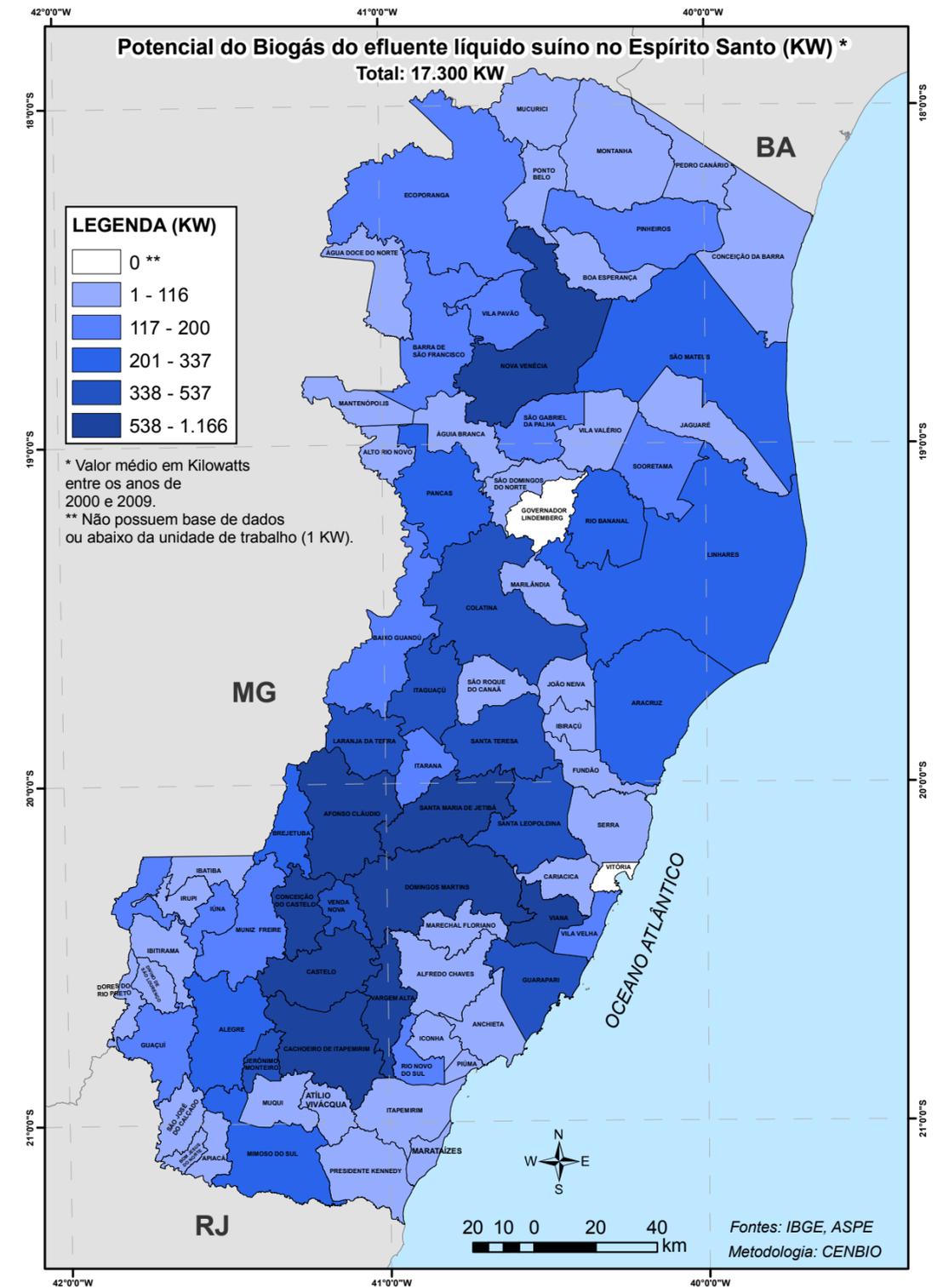
## 5.10 MAPA DA BIOMASSA EFLUENTE LÍQUIDO BOVINO



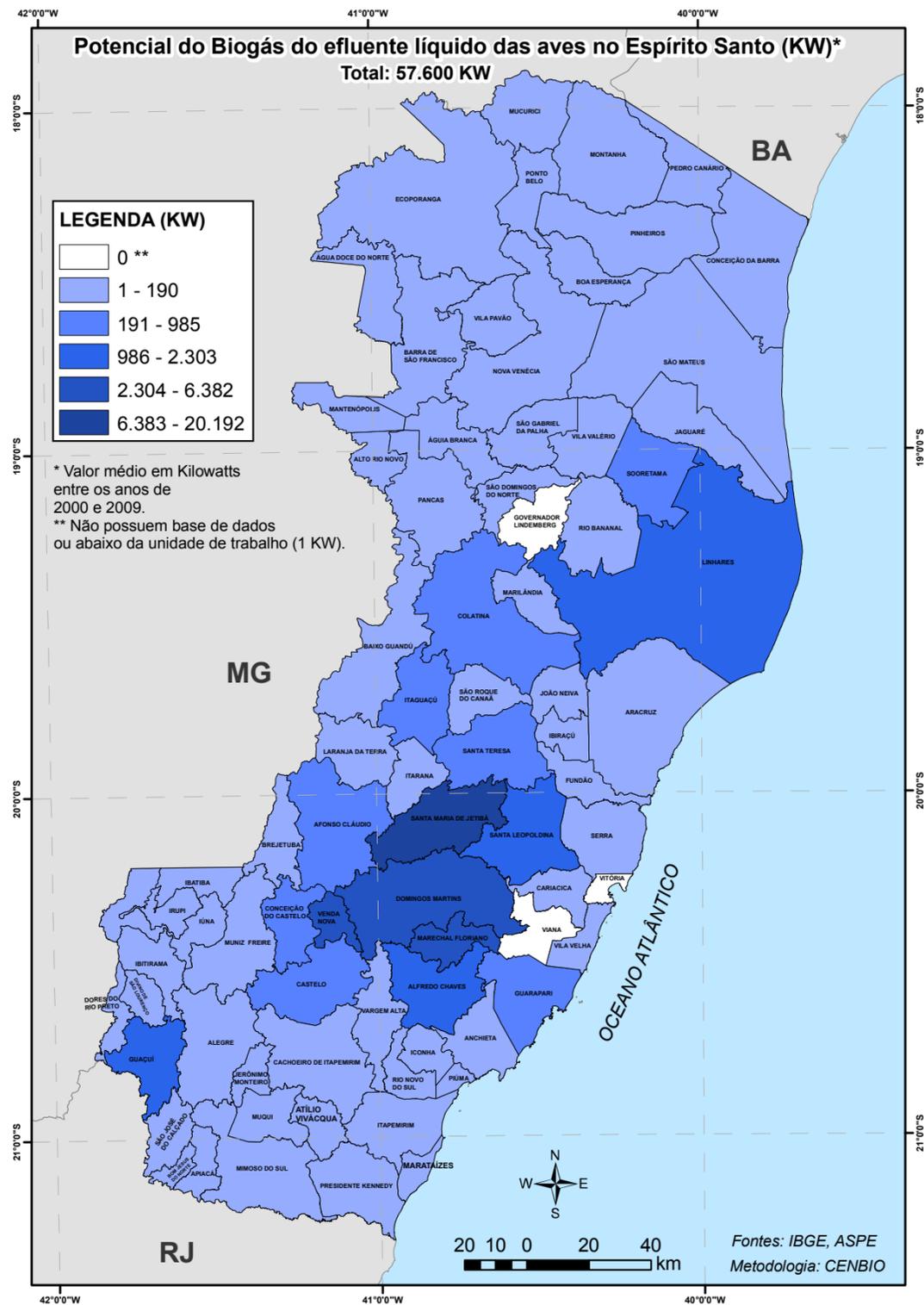
## 5.11 MAPA DA BIOMASSA EFLUENTE EQUINO, ASININO E MUAR



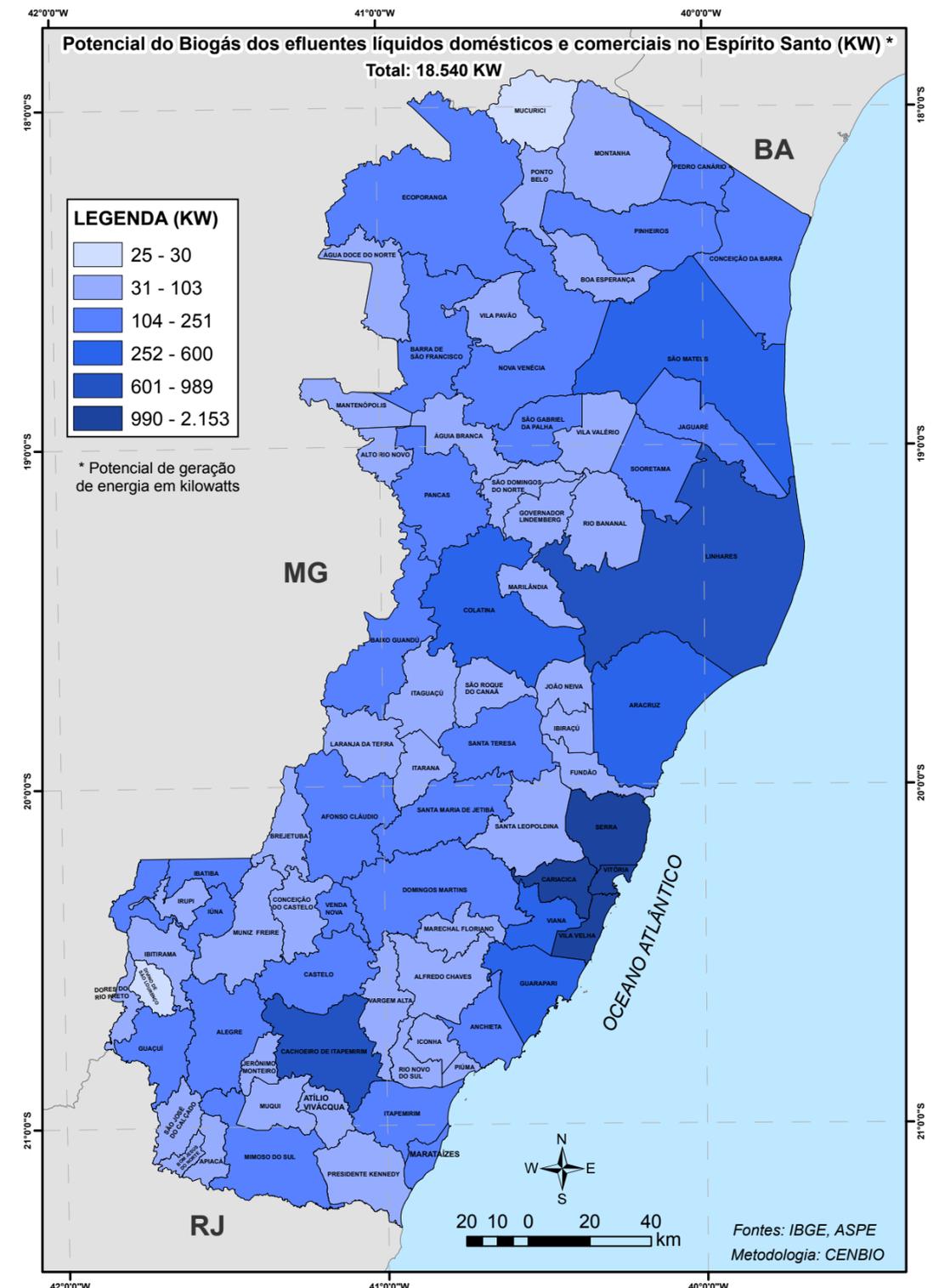
## 5.12 MAPA DA BIOMASSA EFLUENTE SUÍNO



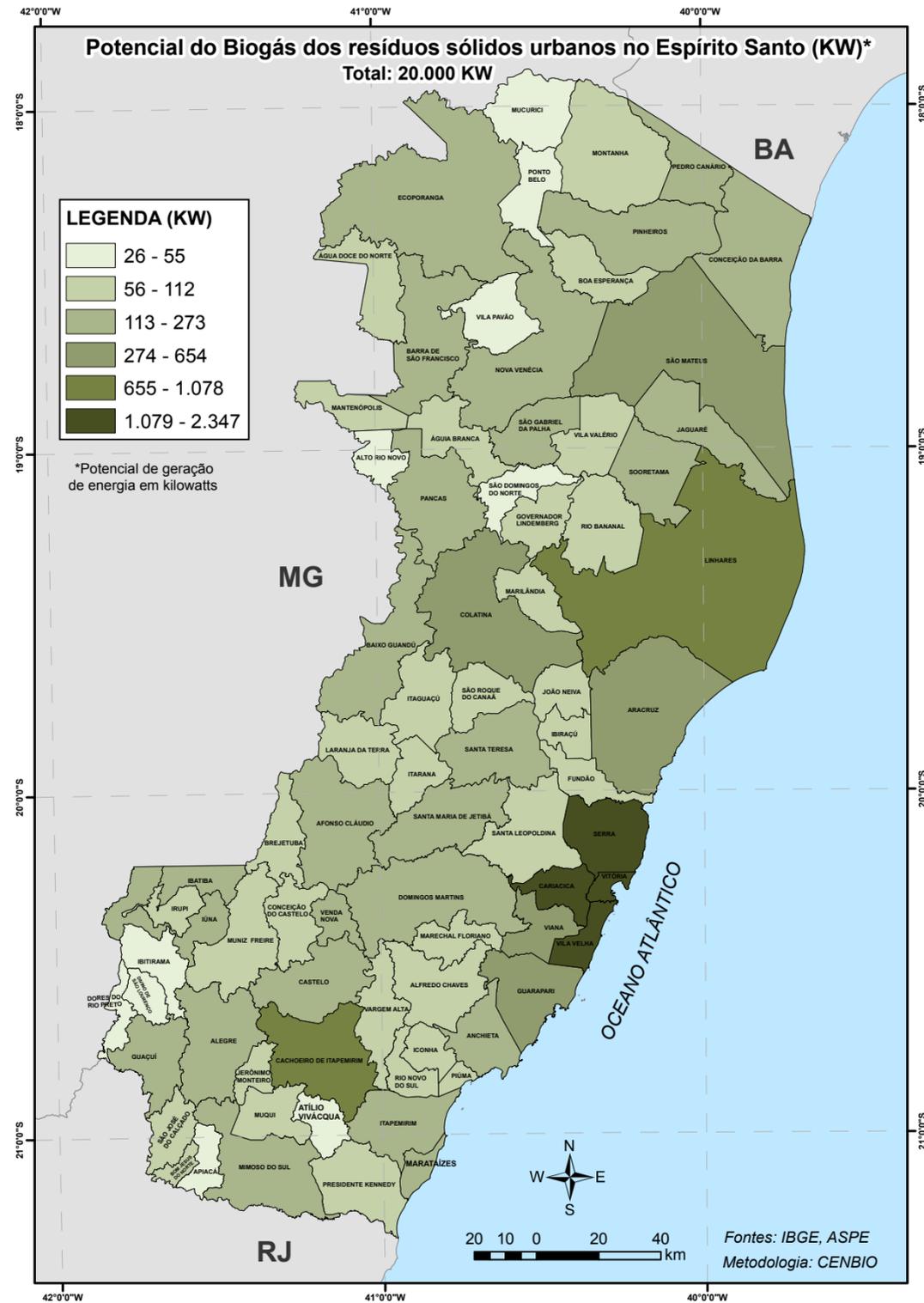
### 5.13 MAPA DA BIOMASSA EFLUENTE DAS AVES



### 5.14 MAPA DA BIOMASSA EFLUENTES DOMÉSTICOS E COMERCIAIS



## 5.15 MAPA DA BIOMASSA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

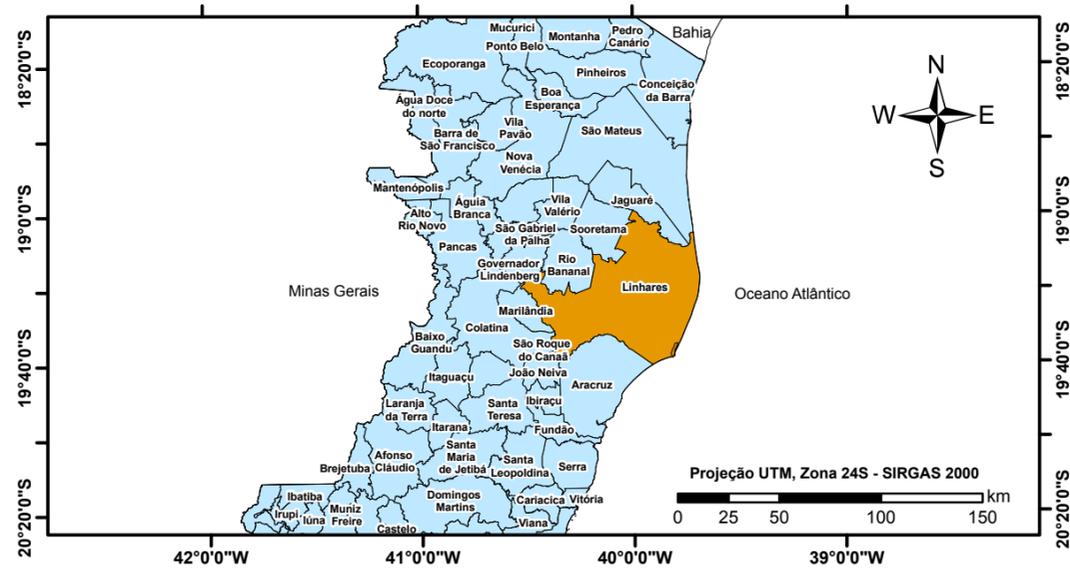


# 6

# POTENCIAL ENERGETICO DA BIOMASSA MUNICIPAL

Os mapas de todos os 78 municípios são apresentados na versão digital deste estudo, disponível no site da Aspe. O município capixaba com maior potencial energético de bioenergia é Linhares.

## LINHARES



### POTENCIAL ENERGÉTICO DA BIOMASSA

População (habitantes)	138.679
Área Total (km <sup>2</sup> )	3.502
Densidade Populacional (hab./km <sup>2</sup> )	39,6
Consumo de Energia Elétrica [MWh] - 2010	296.024.447
Consumo Percapita de Energia Elétrica [MWh/habitante]	2.135
Energia da Biomassa Total [MWh]	283.191
Estimativa do Potencial de Geração Total da Biomassa [kW]	39.028
Potencial Percapita da Biomassa [kW/habitante]	0,28

BIOMASSA	Potencial [KW]
Bagaço de Cana-de-açúcar (30 kWh/tc)*	4.014
Carvão (eficiência de 15%)	322
Lenha (eficiência de 15%)	396
Resíduo de Madeira em Tora (eficiência de 15%)	3.071
Cacau (casca)	510
Café (casca de grão)	300
Coco (casca)	133
Milho (palha)	120
Biogás do efluente líquido bovino	22.484
Biogás do efluente líquido equino	981
Biogás do efluente líquido suíno	338
Biogás do efluente líquido caprino e ovino	15
Biogás do efluente líquido das aves	2.303
Biogás dos efluentes líquidos domésticos e comerciais **	758
Biogás dos resíduos sólidos urbanos em 2010 ***	60

\* Eficiência do processo de geração (Kilowatt-hora/tonelada de cana);  
 \*\* 60% do efluentes gerados sendo tratados: Projeto Águas Limpas;  
 \*\*\* 53% do resíduos sólidos são coletados na região Sudeste, dado elaborado pela COPE/UFRJ com dados do Censo IBGE e ABRELPE 2009.  
 Fontes: IBGE - Censo 2010, Área do município, Efluentes Líquidos Animais, Silviculturas, Lavoura permanente, Lavoura Temporária, Efluentes Líquidos Domésticos e Comerciais, Resíduos Sólidos Urbanos; EDP - Consumo de Energia elétrica em 2010;

# 7 EXEMPLOS DE SUCESSO

Fragmentos retirados do artigo "Resíduos rurais: tratados, geram bioenergia e renda", publicado na Revista Brasileira de Bioenergia, sobre exemplos brasileiros de sucesso em aplicações de bioenergia.

1) Um dos produtores brasileiros que souberam compor uma solução inteligente se encontra no oeste do Estado do Paraná, no município de São Miguel do Iguazu. Ali, José Carlos Colombari tem uma propriedade de 250 ha com uma criação de 5.200 suínos, além de um pequeno rebanho bovino. Tema de reportagem recente do programa Globo Rural, a Granja São Pedro transformou o que era problema em renda. Colombari diz que antes os dejetos suínos atraíam moscas e cheiravam mal, e hoje são levados aos dois biodigestores que há na propriedade.

O tratamento dos dejetos resulta na produção de biogás para alimentar a miniusina que opera na propriedade das 6 às 22 horas, com produção mensal de 30 mil kW de energia elétrica. A energia gerada não só zerou a conta de luz da granja, que utiliza 9 mil kW por mês, como também permitiu que os 21 mil kW mensais excedentes fossem vendidos para a Companhia Energética do Paraná (Copel) por cerca de R\$ 2,5 mil (0,12 R\$/kW). Além desse ganho, o biofertilizante efluente é totalmente aproveitado no pasto e aumentou a capacidade de cabeças por hectare. Somando-se a economia com energia, o ganho com a venda da energia excedente à Copel, a economia com biofertilizantes e os 2 mil litros de óleo diesel não mais adquiridos mensalmente para a fábrica de ração (hoje a fábrica é movida pela energia produzida pelos biodigestores), Colombari teve uma melhoria de renda anual de R\$ 120 mil.



## 2) PROJETO ALTO URUGUAI: UNIÃO DE PRODUTORES, UNIVERSIDADES, GOVERNO E SOCIEDADE

Na divisa dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, os impactos ambientais do descarte de dejetos animais não estão sendo ignorados, ainda que haja mais a ser feito. Ali funciona o Projeto Alto Uruguai, nome escolhido em função do rio que corta a região, caracterizada pela forte presença de agroindústrias, em especial de suinocultura.

Para se ter ideia, a Região Sul do Brasil abriga 45% do rebanho suíno do país, com cerca de 16 milhões de animais. Considerando que o setor suíno é responsável pela geração de resíduos com alta carga orgânica (os dejetos diários de um porco requerem cerca de seis vezes mais oxigênio para degradação da matéria orgânica por processos biológicos do que os de um ser humano no mesmo intervalo de tempo), dá para se ter a dimen-

são do problema. “A contaminação das águas superficiais e subterrâneas havia chegado a um ponto crítico, assim como a emissão de gases causadores do efeito estufa”, diz Sadi Baron, diretor-executivo do Projeto Alto Uruguai.

Representantes do Movimento de Atingidos por Barragens (MAB), da Universidade Comunitária da Região e Chapecó (Unochapecó), da Eletrobrás, da Eletrosul, de municípios da região e do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional (IPPUR) da Universidade Federal do Rio de Janeiro reuniram-se para atuar em prol de soluções para o problema. Hoje, já há 35 biodigestores em operação em 25 municípios. O biogás gerado é usado para o aquecimento da água utilizada na produção de leite, de aves e leitões e até mesmo em uma pequena destilaria de cachaça.



Transformá-lo em energia elétrica está em andamento e uma das dificuldades foi a burocracia, para se firmar convênio com a concessionária local, no caso a Cesp. Resolvida a questão, deve entrar em operação no ano de 2012 uma miniusina em Itapiranga (SC), abastecida pelo gás proveniente de dez dos 35 biodigestores instalados. “Orçada em R\$ 640 mil, a usina contará com duas unidades geradoras de 75 kVA com capacidade de produção de 150 kWh”, informa Baron. As dez propriedades selecionadas para abastecer a usina somam um rebanho de pouco mais de 5 mil suínos, cujo aproveitamento dos dejetos pode gerar até 160.370 m<sup>3</sup> de biogás no ano, volume capaz de produzir 260.601 kWh. “Considerando o valor [comercialização da venda de energia] de R\$ 0,22 por kWh, os produtores contariam com uma renda adicional de pouco mais de R\$ 57 mil no ano. Isso sem contar a economia com biofertilizantes e receitas provenientes da venda dos créditos de carbono”, explica o responsável pelo projeto.

Foi a partir dessa união de esforços e interesses comuns que o Governo Federal, por meio da Eletrosul e da Eletrobrás, patrocinou o projeto que prevê expansão para 55 municípios e instalação de mais três centrais geradoras de energia elétrica abastecidas com biogás. Nessa segunda etapa do Projeto Alto Uruguai, devem ser investidos R\$ 9 milhões. Iniciativas semelhantes a essa também estão sendo feitas em outros Estados, como no Paraná, principalmente com o apoio de cooperativas. Os 35 biodigestores instalados pelo Projeto Alto Uruguai são do modelo canadense e foram patrocinados pelo governo federal por meio da Eletrosul e da Eletrobrás.

## APÊNDICE

Fatores de conversão, densidades e poderes caloríficos inferiores; prefixos SI das unidades físicas e Relações entre unidades físicas.

Os valores apresentados aqui são da obra “Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis”, publicada em 2010, pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

### Fatores de conversão, densidades e poderes caloríficos inferiores

Valores médios para o ano de 2010

Produtos e unidades		Fator de conversão das unidades para bep	Densidade <sup>1</sup> (t/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico inferior (kcal/kg)
Etanol Anidro	m <sup>3</sup>	3,841	0,79100	6.750
Etanol Hidratado	m <sup>3</sup>	3,666	0,80900	6.300
Asfalto	m <sup>3</sup>	7,219	1,02500	9.790
Biodiesel	m <sup>3</sup>	5,698	0,88000	9.000
Coque Verde de Petróleo	m <sup>3</sup>	6,277	1,04000	8.390
Gás Natural Seco	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	4,685	0,00074	8.800
Gás Natural Úmido	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	5,286	0,00074	9.930
Gases Combustíveis de Refinaria	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	4,714	0,00078	8.400
Gasolina A	m <sup>3</sup>	5,552	0,74200	10.400
Gasolina C	m <sup>3</sup>	5,535	0,75425	10.200
Gasolina de Aviação	m <sup>3</sup>	5,536	0,72600	10.600
GLP	m <sup>3</sup>	4,408	0,55200	11.100
LGN	m <sup>3</sup>	4,469	0,58000	10.710
Nafta	m <sup>3</sup>	5,368	0,70200	10.630
Óleo Combustível Marítimo	m <sup>3</sup>	6,989	1,01300	9.590
Óleo Diesel	m <sup>3</sup>	6,191	0,85200	10.100
Óleos Combustíveis <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	6,989	1,01300	9.590
Óleos Lubrificantes	m <sup>3</sup>	6,370	0,87500	10.120
Outros Energéticos	m <sup>3</sup>	6,340	0,86400	10.200
Outros não Energéticos	m <sup>3</sup>	6,340	0,86400	10.200
Parafinas	m <sup>3</sup>	6,141	0,82000	10.410
Petróleo Importado	m <sup>3</sup>	6,229	0,84976	10.190
Petróleo Nacional (Mar e Terra)	m <sup>3</sup>	6,484	0,88445	10.190
Petróleo Nacional Exportado (Marlim)	m <sup>3</sup>	6,562	0,89516	10.190
QAV	m <sup>3</sup>	5,978	0,79900	10.400
Querosene Iluminante	m <sup>3</sup>	5,978	0,79900	10.400
Solventes	m <sup>3</sup>	5,624	0,74100	10.550

Fonte: ANP/SPP.

<sup>1</sup> À temperatura de 20 °C e 1 atm para os derivados de petróleo e de gás natural.

<sup>2</sup> Óleos combustíveis ATE e BTE.

### Prefixos SI das unidades

(K) quilo = 10<sup>3</sup>  
 (M) mega = 10<sup>6</sup>  
 (G) giga = 10<sup>9</sup>  
 (T) tera = 10<sup>12</sup>  
 (P) peta = 10<sup>15</sup>  
 (E) exa = 10<sup>18</sup>

### Relações entre unidades

1 m<sup>3</sup> = 6,28981 barris  
 1 barril = 0,158987 m<sup>3</sup>  
 1 joule (J) = 0,239 cal  
 1 BTU = 252 cal  
 1 bep = 1.390 Mcal  
 1 tep = 10.000 Mcal

# GLOSSÁRIO

**Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP):** a ANP foi criada pela Lei n. 9.478, de 06/08/1997. Autarquia especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, tem como atribuições promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis. Lei n. 9.478, de 06/08/1997, e Lei n. 11.097, de 13/01/2005.

**Álcool Etilico:** ver etanol.

**Álcool Etilico Anidro Combustível (AEAC):** ver etanol anidro combustível (EAC).

**Álcool Etilico Hidratado Combustível (AEHC):** ver etanol hidratado combustível (EHC).

**Álcool Metílico:** ver metanol.

**Aspe:** Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo.

**Bar:** unidade de medida de pressão.

**Barril Equivalente de Petróleo (BEP):** unidade de medição de consumo de energia.

**Biocombustível:** combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna ou, conforme regulamento, para outro tipo de geração de energia que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil. Lei n. 9.478, de 06/08/1997.

**Biodiesel:** combustível composto de alquilésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais, que deve atender à especificação estabelecida pela Resolução ANP n. 7, de 19/03/2008.

**Briquetadeira:** máquina produtora de briquetes.

**°C (graus Celsius):** unidade de medida de temperatura.

**Caloria:** neste atlas utiliza-se a caloria a 15°C (cal15). 1 cal15 é a quantidade de energia térmica necessária para aquecer 1 g de água isenta de ar, de 14,5°C a 15,5°C, sob pressão constante de 101,325 kPa (quilopascals). Fator de conversão: 1 cal15 = 4,1855 J.

**Carvão vegetal:** é uma substância de cor negra obtida pela carbonização da madeira ou lenha.

**Cesan:** Companhia Espírito Santense de Saneamento.

**CH<sub>4</sub> (metano):** o metano é o hidrocarboneto (composto que possui apenas carbono e hidrogênio em sua estrutura) mais simples. É um gás inodoro e incolor. Sua molécula é tetraédrica e apolar (CH<sub>4</sub>), de pouca solubilidade em água, e está contida em quase todos os gases naturais.

**CO<sub>2</sub> (gás carbônico):** dióxido de carbono, composto por um átomo de carbono e dois átomos de oxigênio. Recuperado do gás de síntese na produção de amônia, de gases de chaminé (produto de combustão) e como subproduto do craqueamento de hidrocarbonetos e da fermentação de carboidratos. Usado principalmente na fabricação de gelo seco e de bebidas carbonatadas, em extintor de incêndio, na produção de atmosfera inerte e como desemulsificante na recuperação terciária de petróleo.

**Cogeração:** é uma tecnologia em que o calor produzido na geração elétrica é usado no processo produtivo sob a forma de vapor.

**Condições edafoclimáticas:** termo utilizado para referir tanto às condições do solo, quanto às do clima.

**Combustível:** produto utilizado com a finalidade de produzir energia diretamente a partir de sua queima ou pela sua transformação em outros produtos também combustíveis. São exemplos de combustíveis: gás natural, gás liquefeito de petróleo (GLP), gasolina, óleo diesel, querosene de aviação, óleo combustível, etanol combustível, biodiesel e suas misturas com óleo diesel.

**Digestão anaeróbia:** também conhecida como biogásificação ou metanização, é um tratamento de resíduos orgânicos por decomposição ou digestão anaeróbica que gera biogás, formado por cerca de 50% a 60% de metano e que pode ser queimado ou utilizado como combustível

**EJ (exajoule):** unidade de medida de energia, 1EJ = 10<sup>18</sup> Joule.

**Ergômetra:** indivíduo que executa atividade física com o fim de gerar energia elétrica; indivíduo gerador de energia ergométrica.

**Etanol anidro combustível (EAC): álcool etílico anidro combustível ou etanol anidro combustível,** destinado ao distribuidor para compor mistura com a gasolina A na formulação da gasolina C, em proporção definida por legislação aplicável, devendo ser comercializado conforme especificação da ANP.

**Etanol hidratado combustível (EHC): álcool etílico hidratado combustível ou etanol hidratado combustível destinado à venda no posto revendedor para o consumidor final, conforme especificação da ANP.**

**ETE:** estação de tratamento de esgoto.

**Fermentação:** é um conjunto de reações químicas controladas enzimaticamente, em que uma molécula orgânica (geralmente a glicose) é degradada em compostos mais simples, libertando energia.

**Gaseificação:** trata-se da conversão de combustíveis sólidos em gasosos, por meio de reações termoquímicas, envolvendo vapor quente e ar, ou oxigênio, em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para a combustão).

**Metanol:** mesma denominação do álcool metílico. Composto químico com fórmula química CH<sub>3</sub>OH. Líquido, inflamável e possui chama invisível, com ponto de congelamento de aproximadamente -98 °C. É utilizado em larga escala como solvente na indústria de plásticos e nas reações de importância farmacológica. Sua relação com os combustíveis é devida a sua utilização no processo de transesterificação de óleos vegetais e gorduras animais na produção de biodiesel. **Óleo diesel B:** combustível produzido por processos de refino de petróleo e processamento de gás natural destinado a veículos dotados de motores do Ciclo Diesel, de uso rodoviário, com adição de biodiesel no teor estabelecido pela legislação vigente. Resolução ANP nº 42, de 16/12/2009.

**Energia hídrica:** é obtida a partir do uso de água e pode ser aproveitada por meio de um desnível ou queda de água.

**Energia eólica:** provém do vento. Tem sido aproveitada desde a antiguidade para navegar ou fazer funcionar os moinhos. É uma das grandes apostas para a expansão da produção de energia elétrica.

**Energia solar:** provém da luz do sol, que, depois de captada, pode ser transformada em energia elétrica ou térmica.

**Energia geotérmica:** provém do aproveitamento do calor do interior da Terra, permitindo gerar eletricidade e calor.

**Energia maremotriz:** é obtida através do movimento de subida e descida do nível do mar.

**Etanol hidratado combustível (EHC): álcool etílico hidratado combustível ou etanol hidratado** combustível destinado à venda no posto revendedor para o consumidor final, conforme especificação da ANP.

**Ergômetra:** indivíduo que executa atividade física com o fim de gerar energia elétrica; indivíduo gerador de energia ergométrica.**ha (hectare):** unidade de medida de área. 1 ha = 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>.

**Idaf:** Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo.

**IBGE:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

**Incaper:** Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.

**J (Joule):** unidade de medida de energia. 1J = 0,239 cal.

**Liquefação:** é o ato de liquefazer gases, ou seja, é a conversão de uma substância do estado gasoso para o líquido, destacadamente o gás natural e os gases derivados de petróleo, como o butano, na produção de gás liquefeito de petróleo (GLP).

**Kcal (quilocalorias):** unidade de medida de energia. 1Kcal = 1000cal.

**Kg (quilograma):** unidade de medida de massa.

**Km<sup>2</sup> (quilômetros quadrados):** unidade de medida de área.

**kVA (quilovoltampere):** unidade de potência aparente.

**kW (quilowatt):** unidade de medida de potência ativa. 1 kW = 1000 W.

**kWh (quilowatt-hora):** unidade de medida de energia.

**m<sup>3</sup> (metro cúbico):** unidade de medida de volume. 1m<sup>3</sup> = 1000 litros.

**Metanol:** mesma denominação do álcool metílico. Composto químico com fórmula química CH<sub>3</sub>OH. Líquido, inflamável e possui chama invisível, com ponto de congelamento de aproximadamente -98°C. É utilizado em larga escala como solvente na indústria de plásticos e nas reações de importância farmacológica. Sua relação com os combustíveis é devida a sua utilização no processo de transesterificação de óleos vegetais e gorduras animais na produção de biodiesel.

**Mineralização:** refere-se ao processo onde uma substância orgânica é convertida em uma substância inorgânica.

**mm (milímetro):** unidade de medida de comprimento. 1 mm = 10<sup>-3</sup>m.

**MW (megawatt):** unidade de medida de potência ativa. 1 MW = 1000 kW = 10<sup>6</sup> W.

**MWh (megawatt-hora):** unidade de medida de energia.

**Óleo diesel B:** combustível produzido por processos de refino de petróleo e processamento de gás natural destinado a veículos dotados de motores do ciclo diesel, de uso rodoviário, com adição de biodiesel no teor estabelecido pela legislação vigente. Resolução ANP n. 42, de 16/12/2009.

**Pelletizadeira:** máquina produtora de pellets.

**Pirólise:** em sentido estrito, é uma reação de análise ou decomposição que ocorre pela ação de altas temperaturas.

**PVC (cloreto de polivinila):** o PVC é o único material plástico que não é 100% originário do petróleo. O PVC contém, em peso, 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio - sal de cozinha) e 43% de eteno (derivado do petróleo). A principal matéria-prima do PVC é o sal marinho, um recurso natural renovável.

**Resíduo:** qualquer material remanescente.

**T (toneladas):** unidade de medida de massa. 1 t = 1000 kg.

**TEP (tonelada equivalente de petróleo):** unidade de medição de consumo de energia.

**Transesterificação:** é uma reação química entre um éster (RCOOR') e um álcool (R''OH), da qual resulta um novo éster (RCOOR'') e um álcool (R'OH).

**W (Watt):** unidade de medida de potência ativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEAGAS. **País terá 1ª planta de biocombustível de alga.** Disponível em: <<http://www.abegas.org.br/Site/?p=5101>>.

ABRELPE. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2011.** Castagnari Consultoria Ed. Grappa. 2012

ABRELPE; PLASTIVIDA. **Resíduos Sólidos Urbanos.** Caderno Informativo, Recuperação Energética. Comitê de Valorização Energética. 2012.

AGÊNCIA DE SERVIÇO PÚBLICO DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Balço Energético do Estado do Espírito Santo 2011:** ano Base 2010. Vitória: Aspe, 2011. Disponível em: <[http://www.aspe.es.gov.br/default.asp?arq=oferta\\_demanda\\_no\\_es](http://www.aspe.es.gov.br/default.asp?arq=oferta_demanda_no_es)>. Acesso em: 10 jul. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** 243p. 2. ed.– Brasília: Aneel, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANEEL. **Atlas da Energia Elétrica no Brasil,** 2008. Disponível em: <[www3.aneel.gov.br/atlas/atlas\\_1edicao/atlas/apresentacao.html](http://www3.aneel.gov.br/atlas/atlas_1edicao/atlas/apresentacao.html)>. Acesso em: 10 jul. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANEEL. **Atlas da Energia Elétrica no Brasil,** 3ª ed, Brasília, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS-ANTAQ. **Anuário Estatístico Aquaviário,** 2010. Disponível em: <<http://www2.transportes.gov.br/bit/05-mar/anuario-porto.html>>. Acesso em: 31 jul. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis,** 2010.

ALVES JUNIOR, F. T. et al. **Utilização de biomassa para briquetagem como fonte de energia alternativa e a disponibilidade deste recurso na região do Cariri-CE.** In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

AMARANTE, O.A.C do. **Atlas Eólico Espírito Santo,** Vitória-ES: Aspe 2009.

ANTUNES, R.; SILVA, I. C. **Utilização de algas para a produção de biocombustíveis.** Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi). Dez. 2010.

ARRUDA, M. H, et al. **Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa.** Revista científica de agronomia da Faculdade de Agronomia e engenharia florestal, Garça, ano I. n. 2, dez. 2002.

BARRERA, P. **Biodigestores: Energia, Fertilidade e Saneamento Para Zona Rural** – São Paulo – Ícone, 1993.

BLEY JUNIOR. C., et al. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais.** 2. ed. rev. Itaipu Binacional/FAO. Ed. TechnoPolitik. Foz do Iguaçu, Brasília, 2009.

BENINCASA, M.; ORTOLANI, A. F.; LUCAS JUNIOR, J. **Biodigestores convencionais?** 2. ed. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Unesp,125 p. 991.

BORGES, F. C.; TRIERWEILER, J. O. **Revisão de Biorrefinarias e propostas de modelo com estrutura descentralizada.** VIII OKTOBERFÓRUM - Seminário do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – UFRGS. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/31862/000783499.pdf?sequence=1>>.

BOTREL, M. C. G. et al. **Seleção de clones de Eucalyptus para biomassa florestal e qualidade da madeira.** Sci. For., Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 237-245, jun. 2010

BRAND, M. A. **Energia da Biomassa Florestal.** Rio de Janeiro: Interciência, 114 p. 2010.

BRAND, A. M.; MUNIZ, G. I. B. **Influência da época de colheita da biomassa florestal sobre sua qualidade para a geração de energia.** Sci. For. Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 619-628, dez. 2010.

BRASIL - MINISTÉRIOS DA AGRICULTURA; PECUÁRIA E ABASTECIMENTO; CIÊNCIA E TECNOLOGIA; MINAS E ENERGIA; DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Diretrizes de Política de Agroenergia 2006-2011.** 2005.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Diretrizes de Política de Agroenergia.** 2006 a 2011.

BRASIL-MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Nacional de Agroenergia 2006 a 2011**, Embrapa Informação Tecnológica, Brasília-DF, 1ª ed. 2005.

BRASIL-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado**. Projeto PNUD BRA 00/20 - Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental. CURITIBA-PR. 2009.

BRITO, J.O. et alii. **Avaliação das características dos resíduos da exploração florestal do eucalipto para fins energéticos**. Circular técnica, Piracicaba, (62): 1-8, ago.1979.

CEDAGRO. **Dimensionamento do Mercado Capixaba de produtos florestais madeiráveis**. Vitória, ES. 2011.

CENBIO. **Resíduos Rurais: Tratados, geram Bioenergia e Renda**, Revista Brasileira de Bioenergia, ano 6, n. 14, fev. 2012.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA (Cenbio). **Atlas de Bioenergia do Brasil 2012**, Projeto Fortalecimento Institucional do Cenbio Convênio 721606/2009 – MME. Disponível em: <cenbio.iee.usp.br/download/atlasbiomassa2012.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2012.

CHING, W. H.; RODRIGUES, C. W. **Uso de Resíduos e Dejetos como fonte de energia renovável**, Sebrae, 2008.

COELHO, S. T.; MONTEIRO, M. B.; KARNIOL, M. R.; GHILARD, A. **Atlas de Bioenergia do Brasil**, Projeto Fortalecimento Institucional do Cenbio - Centro Nacional de Referência em Biomassa, Convênio 721606/2009 – MME. São Paulo. 2012.

COELHO, S. T.; PALETTA, C. E. M.; FREITAS, M. A. V. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**, Dupligráfica Ed., Brasília, 2000.

COMASTRI, J. A. **Biogás: Independência Energética do Pantanal Mato-Grossense**. EMBRAPA – Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Corumbá. Circular Técnica n.. 9. Out. 1981.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (Cetesb), **Inventário Nacional de Emissões de Metano pelo Manejo de Resíduos**, 1998.

CONTHÉ, C. **Turfa**. Disponível em: <http://www.acquaverde.com.br/turfa.htm>;

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa Para Energia**. Campinas: UNICAMP, 2008.

COUTO, L. C.; COUTO, L.; WATZLAWICK, L. F.; CÂMARA, D. **Vias de valorização energética da biomassa**, Biomassa & Energia, v. 1, n. 1, p.71-92, 2004.

DA SILVA, C. L.; RABELO, J. M. O.; BOLLMANN, H. A. **Energia no Lixo: uma avaliação da viabilidade do uso do biogás a partir de resíduos sólidos urbanos**. Brasília, DF. In: IV Encontro Nacional da Anppas. 2008.

DEUBLEIN, D; STEINHÄUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources: an introduction**. Weinheim-Germany: Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

EMBRAPA FLORESTAS. **Caracterização Individual de Árvores de *Eucalyptus benthamii* para Uso Energético**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 35. Embrapa Florestas. Colombo, PR. 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco energético Nacional 2009**: ano base 2008. Rio de Janeiro, 2009.

FERNANDES, D. M. **Biomassa e Biogás da Suinocultura**. Cascavel, PR: Unioste, 2012, 209 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Cascavel, PR. 2012.

FIGUEIREDO, N. J. V. **Utilização do Biogás de Aterro Sanitário para Geração de Energia Elétrica e Iluminação a Gás – Estudo de Caso**. 2007. p. 90. Dissertação (Graduação Interdisciplinar apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica, da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie). São Paulo. 2007.

FONSECA, A. G. V.; HESS, A. C. **Avaliação Do Potencial De Aproveitamento Energético De Bagaço De Cana-De-Açúcar Nas Usinas De Açúcar E Álcool No Estado De Mato Grosso Do Sul**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, MS. 2005.

FRANCK, C. J. et al. **Análise da Viabilidade Econômica para a Implantação de uma Indústria de Briquetagem de Biomassa Vegetal (Casca De Arroz) em uma Empresa**. In: XIX Congresso de Iniciação Científica C. 2010

GALVÃO, J.M. et al. **Gestão Ambiental: Aplicação do Biodigestores**. In: XIII Simpep – Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 nov. 2006.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de Biodigestor em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com Ênfase na Agregação de Valor: Um Estudo de Caso na Região de Toledo-PR**, 2003. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia de produção e sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2003.

GOLDEMBERG, J. **Biomassa e energia**. Quim. Nova, Vol. 32, No. 3, 582-587, 2009.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

GONÇALVES, H. F. E. et al. **O Biodigestor como Princípio de Sustentabilidade de uma Propriedade Rural**. 2009. Disponível em: <[http://200.139.28.101/downloads/docs\\_gestaoambiental/projetos2009-1/1-periodo/O\\_biodigestor\\_como\\_principio\\_de\\_sustentabilidade\\_de\\_uma\\_propriedade\\_rural.pdf](http://200.139.28.101/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2009-1/1-periodo/O_biodigestor_como_principio_de_sustentabilidade_de_uma_propriedade_rural.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2012.

GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da Biomassa como Fonte de Energia Perspectivas para Países em Desenvolvimento**. 2006, p. 123. Dissertação (Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.

INCAPER. **Zoneamento de Massas D'Água no Estado do Espírito Santo (lagos, represas, barragens, açudes) com Potencial para Piscicultura**. GEOBASES/INCAPER. 2005. Acesso em: 27 de novembro de 2012, às 16:45. Disponível em: [http://www.incaper.es.gov.br/macrodagnostico/tanque\\_plotagemA0.pdf](http://www.incaper.es.gov.br/macrodagnostico/tanque_plotagemA0.pdf)

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA **World Energy Outlook 2011: Sumário**. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE; **Pesquisa Agropecuária Municipal**, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/a>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE): **Pesquisa da Silvicultura**, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/>>.

JANNUZZI, G. M. et al. **Energias renováveis para geração de eletricidade na América Latina: mercado, tecnologias e perspectivas**. International Copper Association Santiago, Ltd. ICA. Latinoamérica. Chile. 2010.

KNECHT, T. **Estudo preliminar sobre as ocorrências de turfa no Vale do Ribeira de Iguape, SP**. Rev. IG, São Paulo, 3(1):5-14, jan'/jun. 1982.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. **Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás**. Revista de Política Agrícola, v.15, n.3, p.28-35, 2006.

LIMA, E. A. et al. **Caracterização individual de árvores de *E. benthamii* para uso energético**. Embrapa Florestas. Colombo, PR. 2007.

MIGLIORINI, A. J. **Desinficação de Biomassa Florestal**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.1, n.2, p.C.1 – C.9, Jul.1980.

NEVES, V. L. V. **Construção de Biodigestor para Produção de Biogás a partir da Fermentação de Esterco Bovino**. Araçatuba, SP: Fatec Araçatuba, 2010, 56 p. Dissertação de Graduação apresentado ao Curso de Tecnologia em Biocombustível. Araçatuba. 2010.

NISHIMURA, P. **Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: implementação de aplicativo computacional**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul). Campo Grande, 2009.

OLIVEIRA, R. **Potencial de Geração de Energia Elétrica através do uso de Biomassa no Estado da Bahia - Workshop sobre Gaseificação de Biomassa**. G-MUDE /UNIFACS - GASEIFBA. Disponível em <[http://www.energia.unifacs.br/eventos/gaseificacao\\_pdfs/Ricardo\\_Oliveira.pdf](http://www.energia.unifacs.br/eventos/gaseificacao_pdfs/Ricardo_Oliveira.pdf)>.

PRESTENERGIA. **O Que São Pellets? Vantagens dos Pellets**. Disponível em: <[http://www.prestenergia.com/ficheiros/conteudos/files/pellets\(1\).pdf](http://www.prestenergia.com/ficheiros/conteudos/files/pellets(1).pdf)>. Acesso em: 05 dez. 2012.

PROTASIO, D. P. et al. **Compactação de Biomassa Vegetal Visando à Produção de Biocombustíveis Sólidos**. *Brazilian Journal of Forestry Research*, Colombo, v. 31, n. 68, p. 273-283, 2011.

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. **Briquetagem de Resíduos Lignocelulósicos**. Brasília, DF: LPF/IBAMA. 1991. 18p. (série técnica, 13).

QUIRINO, W. F. **IBAMA e valorização do briquete**. Guia Brasil Briquete. Associação Brasileira Indústrias de Biomassa e Energia Renovável, 2010. Disponível em <<http://associacaobrbiomassa.blogs.sapo.pt/4562.html>> Acesso em: 25 nov. 2012.

QUIRINO, W. F. **Tratamentos da biomassa para utilização energética**. In: Escola da Combustão, 2, 2009, São José dos Campos. Curso de Gaseificação de Biomassa. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2009. v.2. p.49-67.

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK. **Renewables 2011: Global Status Report**. 2011.

ROCHA, J. D. **Embrapa Agroenergia Briquete**. Guia Brasil Briquete. Associação Brasileira Indústrias de Biomassa e Energia Renovável, 2010. Disponível em <<http://associacaobrbiomassa.blogs.sapo.pt/4562.html>>. Acesso em: 25 nov. 2012.

SANT'ANNA, M. S. C. et al. **Caracterização de Briquetes Obtidos com Resíduos da Agroindústria**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.14, n.3, p.289-294, 2012.

SILVA, F. M., et al. **Desempenho de um aquecedor de água a biogás**. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal-SP, vol. 25, n.3, set./dez, 2005.

SILVEIRA, L. A. P.; LOPES, M. de C. **Análise da Viabilidade Econômica para a Implantação de uma Indústria de Briquetes de Resíduos de Madeira**. In: XX CIC. UFPEL. 2011

TAVARES, M. W.; QUEIROZ FILHO, A. P. **Energias Renováveis: riqueza sustentável ao alcance da sociedade**. Centro de Documentação e Informação. Ed. Câmara, Brasília, DF. 2012.

TOLEDO, L. M. UNIPAR, Considerações sobre a Turfa no Brasil. Disponível em: <<http://revistas.unipar.br/akropolis/article/viewFile/1765/1534>>.

## REFERÊNCIAS FOTOGRÁFICAS:

- Banco de Imagem Aspe
- Banco de Imagem Cesan
- Banco de Imagem Incaper
- Banco de Imagem AVES/ASES
- [www.sxc.hu](http://www.sxc.hu)



SECRETARIA  
DA AGRICULTURA,  
ABASTECIMENTO,  
AQUICULTURA  
E PESCA



SECRETARIA DE  
DESENVOLVIMENTO

