

# Energia Elétrica Fornecida por Usinas de Açúcar e Alcool

Eunice Reis Batista<sup>1</sup>

Nilza Patrícia Ramos<sup>2</sup>

## 1. Introdução

O termo biomassa compreende a matéria vegetal gerada pela fotossíntese e seus diversos produtos e subprodutos derivados, tais como florestas, culturas e resíduos agrícolas, dejetos animais e matéria orgânica, contida nos rejeitos industrial e urbano. Essa matéria contém a energia química acumulada através da transformação energética da radiação solar e pode ser diretamente liberada por meio da combustão, ou ser convertida, através de diferentes processos, em produtos energéticos de natureza distinta, tais como carvão vegetal, etanol, gases combustíveis e de síntese, óleos vegetais combustíveis e outros (EPE, 2007).

No Brasil, a imensa superfície do território nacional, quase toda localizada em regiões tropicais e chuvosas, oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala. Além da produção de álcool, queima em fornos, caldeiras e outros usos não-comerciais, a biomassa apresenta grande potencial no setor de geração de energia elétrica.

Ainda que tenha representado mais de 30% da matriz nacional de oferta de energia (principalmente em função da utilização do etanol e do bagaço de cana como combustíveis), a produção de eletricidade a partir da biomassa é pouco significativa, correspondendo a apenas 3,5% da matriz de energia elétrica brasileira em 2007 (Tabela 1). Isso ocorreu porque ao longo dos anos os sistemas elétricos foram cada vez mais centralizados, em especial a geração elétrica, induzindo o emprego de combustíveis fósseis de alta densidade energética e a elevação das capacidades unitárias das centrais (Walter e Nogueira, no prelo).

1. Bióloga e M.Sc pela Unicamp, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente.

2. Eng<sup>a</sup> Agrônoma e M.Sc pela Universidade Estadual Paulista - UNESP-Jaboticabal, Dra. pela Universidade de São Paulo - ESALQ - Piracicaba, Pesquisadora em Produção de Biomassa e Agroenergia - Embrapa Meio Ambiente.

*Tabela 1:* Composição das matrizes brasileiras de energia elétrica e de oferta de energia em 2007.

Matriz de Energia Elétrica		Matriz de Oferta de Energia	
Hidroelétrica	77,3%	Petróleo e Derivados	37%
Importação	7,9%	Biomassa	31%
Gás natural	3,6%	Hidráulica/ Eletricidade	15%
Biomassa	3,5%	Gás Natural	9%
Derivados de Petróleo	2,8%	Carvão Mineral	6%
Nuclear	2,5%	Urânio	1%
Carvão Mineral	1,3%		
Gás Industrial	1,0%		

Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN)

No contexto da matriz nacional de energia elétrica, a biomassa vem sendo cada vez mais utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de co-geração e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica brasileira. Do ponto de vista energético, para fim 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. 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, tem-se desenvolvido e aperfeiçoado tecnologias de conversão mais eficientes, como a gaseificação e a pirólise, também sendo comum a co-geração em sistemas que utilizam a biomassa (30% dos empreendimentos de co-geração em operação no País) como fonte energética. A médio e longo prazo, a exaustão de fontes não-renováveis e as pressões ambientalistas poderão acarretar maior aproveitamento energético da biomassa (Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2005).

As alternativas de produção de eletricidade a partir da biomassa incluem a combustão direta da biomassa (tal como disponível) ou sua prévia conversão em combustíveis sólidos (e.g., carvoejamento e torrefação), em combustíveis líquidos (pirólise, hidrólise e fermentação) ou em combustíveis gasosos (gaseificação, digestão anaeróbica). Os processos de conversão da biomassa enquanto insumo primário são classificados como termoquímicos, físico-químicos ou biológicos. Do ponto de vista das tecnologias de produção de eletricidade, as rotas tecnológicas possíveis incluem os sistemas baseados nos ciclos a vapor (que usualmente empregam combustíveis sólidos), os sistemas baseados

em motores de combustão interna (ou mesmo de combustão externa) e em turbinas a gás (alternativa que requer combustíveis líquidos e gasosos, com determinadas especificações físico-químicas) e os sistemas baseados em células a combustível (Walter e Nogueira, no prelo).

## **2. A produção de eletricidade pelo setor sucroalcooleiro**

Os produtos energéticos resultantes da cana representaram 15,7% da Matriz Energética Brasileira de 2007. Tais produtos são obtidos a partir da cana esmagada para produção de açúcar e álcool. São considerados como produtos primários o caldo da cana, melaço, bagaço, pontas, folhas e olhaduras, e como produtos secundários o álcool anidro e o hidratado. De cada tonelada de cana esmagada para produção de álcool são obtidos cerca de 730 kg de caldo de cana. Quanto ao bagaço, é considerado apenas o de uso energético (BEN, 2007).

O bagaço de cana-de-açúcar é, atualmente, a biomassa de maior potencial para geração de energia elétrica no Brasil devido à alta produtividade alcançada pela lavoura canavieira, acrescida de ganhos sucessivos nos processos de transformação da biomassa sucroalcooleira, que têm disponibilizado enorme quantidade de matéria orgânica nas usinas e destilarias de cana-de-açúcar, interligadas aos principais sistemas elétricos, que atendem a grandes centros de consumo dos Estados das regiões Sul e Sudeste. Além disso, o período de colheita da cana-de-açúcar coincide com o de estiagem das principais bacias hidrográficas do parque hidrelétrico brasileiro, tornando a opção ainda mais vantajosa (Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2005).

O setor sucroalcooleiro apresenta vários subprodutos, entre eles o bagaço da cana-de-açúcar. Apesar de considerado o maior dejetado da agroindústria nacional, seu aproveitamento industrial vai desde composto para ração animal, fertilizante, biogás, à matéria-prima para compensados e para indústria química em geral. Já no início do século passado, o bagaço era utilizado como combustível substituto à lenha. Anos depois, no início do século XXI, seu principal aproveitamento ocorre no processo de produção de energia (térmica e elétrica), conhecido como co-geração (Souza e Azevedo, 2006).

Co-geração é a geração simultânea de energia térmica e mecânica, a partir de um mesmo combustível (gás natural, resíduos de madeira, casca de arroz, bagaço da cana, palha, ponteiros etc.). A energia mecânica pode ser utilizada na forma de trabalho ou transformada em eletricidade por meio de geradores; a energia térmica é utilizada como

fonte de calor para um processo industrial ou no setor de comércio ou serviços (Coelho, 1999).

Os sistemas tradicionais de co-geração empregados no setor sucroalcooleiro são baseados em ciclos a vapor. A Figura 1 ilustra duas plantas de geração termelétrica a vapor, sendo que uma delas utiliza um sistema de co-geração. Comparando-se os dois sistemas, para uma mesma quantidade de combustível consumida, o primeiro trabalha com eficiência elétrica de 35%, resultando num total de perdas de 65%. Ao se utilizar o calor residual com o processo de co-geração agregado, a eficiência elétrica pode se reduzir ou não, porém as perdas totais se restringem a 18%, devido à utilização do vapor em um processo industrial, totalizando uma eficiência energética global de 82% (Barja, 2006).

De acordo com Walter e Nogueira (no prelo), o potencial de produção de eletricidade excedente depende dos seguintes fatores: (i) da disponibilidade de biomassa, que por sua vez depende da produção de cana, do teor de fibras da cana e da recuperação ou não de pontas e folhas; (ii) da tecnologia empregada, ou seja, no caso dos tradicionais sistemas a vapor, da pressão e da temperatura do vapor gerado e do emprego de turbinas de contra pressão ou de extração-condensação; (iii) das demandas de energia da própria instalação industrial, ou seja, da demanda de vapor de processo e das demandas de potência elétrica e mecânica; e (iv) da operação dos sistemas apenas durante a safra ou durante todo o ano.

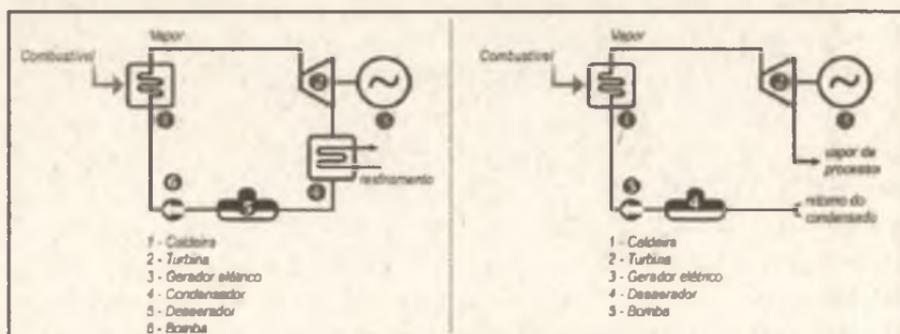


Figura 1: a) Sistema de geração pura de eletricidade em ciclo a vapor;  
b) Sistema de geração combinada de eletricidade e vapor - co-geração.  
Fonte: Adaptado de Barja (2006)

Todas as usinas sucroalcooleiras da região centro-sul brasileira, onde está concentrada a produção canavieira, são no mínimo auto-suficientes em energia elétrica. Embora a comercialização de excedentes ocorra desde os anos 80, especialmente no Estado de São Paulo, foi a partir dos anos 2000 que a indústria sucroalcooleira passou a investir

mais significativamente na geração de eletricidade como mais um sub-produto da agroindústria da cana. Isso ocorreu devido a um conjunto de fatores, entre os quais a crise de abastecimento elétrico em 2001, a profissionalização da administração do segmento sucroalcooleiro, a janela de oportunidades associada à substituição dos sistemas de potência adquiridos no início do PROÁLCOOL e ao avanço das políticas de fomento à geração de eletricidade a partir de fontes renováveis de energia (Walter e Nogueira, no prelo).

Uma das grandes oportunidades de investimentos na renovação tecnológica e implementação de novas unidades de co-geração em usinas de açúcar e álcool foi a participação no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Por ser considerada uma atividade que contribui com a redução de emissões atmosféricas de gases de efeito estufa (GEE's) a co-geração de eletricidade a partir de bagaço da cana é uma atividade de grande aceitação no âmbito do MDL.

### **3. Projetos de co-geração de eletricidade no MDL**

O Protocolo de Quioto criou alguns instrumentos de mercado para que os países desenvolvidos possam atingir os objetivos de redução de gases de efeito estufa. O MDL é o único desses instrumentos que admite a participação voluntária de países em desenvolvimento através da certificação de projetos de redução de emissões e a posterior venda das reduções certificadas de emissão (RCE's), para serem utilizadas pelos países desenvolvidos como forma de atingirem suas metas. Esse mecanismo deve implicar em reduções de emissões adicionais àquelas que ocorreriam na ausência do projeto, garantindo benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo para a mitigação da mudança do clima.

Para que um projeto resulte em RCE's, as atividades de projeto do MDL devem, necessariamente, passar pelas etapas do ciclo do projeto, que são: elaboração de documento de concepção de projeto (DCP), usando metodologia de linha de base e plano de monitoramento aprovados; validação (verifica se o projeto está em conformidade com a regulamentação do Protocolo de Quioto); aprovação pela Autoridade Nacional Designada – AND, que no caso do Brasil é a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima - CIMGC (verifica a contribuição do projeto para o desenvolvimento sustentável); submissão ao Conselho Executivo para registro; monitoramento; verificação/certificação; e emissão das RCE's que poderão ser negociadas no mercado de créditos de carbono (MCT, 2008).

Até final de abril de 2008, mais de 3000 projetos estavam em alguma fase do ciclo dos projetos no âmbito do MDL, sendo que 1031 projetos já foram registrados pelo conselho executivo. De acordo com as prerrogativas do MDL as atividades de projetos são classificáveis em diversos escopos setoriais tais como: energia (fontes renováveis/não renováveis); indústria química; mineração; agricultura; atividade florestais; aterros sanitários e outros. Dentre o total de projetos aprovados, 714 pertencem ao escopo setorial de energia por fontes renováveis e não renováveis (MCT, 2008).

O Brasil tem atualmente 132 atividades de projetos MDL já registradas pelo conselho executivo. A maior parte dessas atividades está relacionada à produção de energia por fontes renováveis, tais como construção de pequenas centrais hidrelétricas (PCH's) e produção de eletricidade por usinas termelétricas de biomassa. O uso energético de biomassas ou de biocombustíveis constitui, dentro do MDL, atividades que contribuem para o desenvolvimento sustentável por promoverem a redução de emissão de CO<sub>2</sub> resultante da queima de combustíveis fósseis.

A Tabela 2 indica o número e o tipo de atividade já enviados ao CIMGC e que estão em alguma fase do ciclo de registro dos projetos no MDL. Ao longo do primeiro período de obtenção de créditos, tais atividades deverão evitar a emissão de mais de 280 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO<sub>2</sub>e) para a atmosfera, o que representa pouco mais da quantidade total anual de emissões evitada por todos os projetos já registrados, de acordo com os dados do Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas.

**Tabela 2:** Atividades de projeto brasileiras submetidas à CIMGC para registro no MDL

Projetos em validação /aprovação	Nº. de projetos	Emissões evitadas no 1º período de obtenção de créditos
Energia fonte renovável	133	106.367.163
Suinocultura	47	22.246.324
Substituição de combustível fóssil	37	23.892.494
Aterro Sanitário	27	66.901.820
Eficiência energética	15	5.590.855
Resíduos	10	7.367.043
Redução de N <sub>2</sub> O	5	44.617.272
Processos industriais	5	3.998.447
Emissões fugitivas	1	242.795
<b>TOTAL</b>	<b>280</b>	<b>281.224.213</b>

\* Cada um dos gases de efeito estufa são convertidos em dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) através de coeficientes relativos ao potencial de aquecimento global conforme valores indicados pelo IPCC

A capacidade instalada dos projetos MDL aprovados pela CIMGC é de 4.633,99 MW, representados principalmente por hidrelétricas (48%), co-geração com bagaço de cana (27%) e PCH's (12%) (MCT, 2008). Esse valor é muito superior à capacidade instalada no âmbito do PROINFA (Programa Governamental de Incentivo às Fontes Alternativas) que é de 723,2 MW, indicando, portanto, que o MDL tem representado uma grande oportunidade de investimentos para implementação de fontes renováveis de energia.

Já passaram pela CIMGC 29 projetos de co-geração com bagaço de cana-de-açúcar, sendo 26 aprovados, 2 em fase de revisão e um provado com ressalvas (MCT, 2008). A grande maioria dos projetos (19 projetos dentre 29) foi desenvolvido por usinas localizadas no Estado de São Paulo, que é o maior produtor de cana-de-açúcar no país, e que colheu na safra de 2007/2008 mais de 217,18 milhões de toneladas, correspondendo a mais da metade da produção nacional de acordo com a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento).

No entanto, usinas de outros Estados brasileiros também laboraram projetos no MDL, conforme indicado na tabela 2. Os projetos de co-geração consistem basicamente em investimentos financeiros na compra de novos equipamentos, tais como caldeiras de pressão maior, turbinas de contrapressão e de extração-condensação, mais eficientes do ponto de vista energético e que garantem maior produção de excedentes de energia elétrica para comercialização. Também estão previstos nos projetos a comercialização dos excedentes de energia elétrica através de contratos de fornecimento com distribuidores locais. A Tabela 3 descreve as usinas sucroalcooleiras brasileiras com projetos MDL já submetidos a CIMGC.

**Tabela 3:** Usinas sucroalcooleiras brasileiras com projetos no MDL.

<b>Atividade de projeto</b>	<b>Estado</b>	<b>Emissões evitadas (t CO<sub>2</sub>e)</b>
Projeto de co-geração com Bagaço Coruripe	AL	40.488
Projeto de co-geração Usina São Francisco	GO	428.950
Projeto de co-geração com Bagaço Jalles Machado	GO	72.056
Projeto de co-geração com Bagaço Goiasa	GO	302.914
Projeto de co-geração com Bagaço Usinas Caeté Sudeste	MG	212.280
Projeto de co-geração com Bagaço Iturama	MG	89.884
Projeto de co-geração com Bagaço Campo Florido	MG	71.227
Projeto de co-geração das Usinas Itamarati no Brasil	MT	58.147
Projeto de co-geração com Bagaço Cucaú	PE	14.580
Projeto de co-geração Santa Terezinha – Tapejará	PR	306.970
Projeto de co-geração Central Energética do Rio Pardo	SP	118.546
Projeto de co-geração com Bagaço Zillo Lorenzetti	SP	390.218
Projeto de co-geração com Bagaço Coimbra-Cresciumal	SP	122.364
Projeto de co-geração com Bagaço Alta Mogiana	SP	84.165
Projeto de co-geração com Bagaço Cruz Alta	SP	70.427
Projeto de co-geração com Bagaço Colombo	SP	196.128
Projeto de co-geração com Bagaço Serra	SP	46.509
Projeto de co-geração com Bagaço Cerradinho	SP	243.194
Projeto de co-geração com Bagaço Nova América	SP	84.187
Projeto de co-geração com Bagaço Equipav	SP	222.748
Projeto de co-geração com Bagaço Moema	SP	91.976
Projeto de co-geração com Bagaço Vale do Rosário	SP	176.937
Projeto de co-geração com Bagaço Santa Elisa	SP	320.604
Projeto de co-geração com Bagaço Alto Alegre	SP	67.718
Projeto de co-geração com Bagaço Santa Cândida	SP	74.225
Projeto de co-geração com Bagaço Lucélia	SP	100.534
Projeto de co-geração com Bagaço Mandu	SP	163.240
Projeto de co-geração - Santa Cruz S.A	SP	372.013
Projeto de co-geração da Usina Interlagos	SP	389.877
<b>TOTAL</b>		<b>4.933.106</b>

#### 4. Perspectivas para a co-geração elétrica a partir da cana-de-açúcar

A oferta de eletricidade pelo setor sucroalcooleiro tende a se expandir, especialmente no Estado de São Paulo, em função da implementação do Protocolo Agroambiental firmado com a Secretaria de Meio Ambiente Paulista em 04 de junho de 2007. O protocolo antecipa os prazos para o fim das queimadas pré-colheita nos canaviais - 2014 e 2017 - em áreas mecanizáveis e não-mecanizáveis, respectivamente, e estipula ações de sustentabilidade ambiental. Sendo assim, à medida que o Protocolo for efetivado, mais resíduos agrícolas estarão disponíveis para serem reaproveitados, tanto para cobertura do solo e reciclagem de nutrientes – que já é uma prática estabelecida no setor - como também para queima nas caldeiras gerando excedentes comercializáveis de eletricidade.

Alguns estudos indicam a potencialidade de utilização do palhico da cana (folhas verdes, ponteiros, palha e outros resíduos pós-colheita) para fins energéticos. Considerando-se a rota de corte e limpeza mecanizados de cana picada, seguida de enleiramento, enfardamento e transporte da palha, pode-se adotar índice de 140 kg de palha com 15% de umidade por tonelada de cana moída, e poder calorífico inferior de aproximadamente 12.750 kJ/kg. Já o índice de produção de bagaço chega até 280 kg de bagaço por tonelada de cana moída, com 50% de umidade e poder calorífico inferior da ordem de 7.500 kJ/kg. Assim, o poder calorífico do palhico é superior ao do bagaço úmido e, portanto, representa uma fonte energética que não poderia ser desperdiçada (Macedo, Leal e Silva, 2004).

Trabalho elaborado pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) indica um potencial técnico de co-geração de excedentes de energia elétrica de 3.851 MW no setor sucroalcooleiro do Brasil (Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2005). Segundo avaliações realizadas pela UNICA (União da Indústria da Cana-de-Açúcar) e COGEN/SP (Associação Paulista de Co-geração de Energia), entre 2007 e 2011 serão injetados no setor R\$ 4 bilhões para aumentar a atual capacidade instalada e para aportes em novos empreendimentos, aumentando o potencial de geração de energia para 11.000 MW, segundo uma projeção conservadora (Carbono Brasil, 2007).

De acordo com projeções realizadas pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética), a geração de energia elétrica para exportação por usinas de açúcar e álcool deverá saltar de 350 MW em 2005 (com predominância de ciclos a vapor de baixa eficiência) para 6.830 MW em 2030 (quando a maioria das usinas estarão operando em ciclos com

turbinas de contrapressão e ciclos de condensação e extração). De acordo com a simulação de diferentes configurações tecnológicas para usinas sucroalcooleiras elaborados pela DEDINI – a maior construtora de usinas de açúcar e álcool do Brasil - a utilização de caldeiras de maior pressão com queima de bagaço e de palhiço (palha), a capacidade de geração elétrica dobraria de 74 kW para 147,4 kW por tonelada de cana.

**Figura 2:** Balanço Energético das Usinas em Diferentes Cenários Tecnológicos.

Balanço Energético das Usinas					
Fonte: DEDINI-Engenharia De desenvolvimento A&A					
Tipo de Equipamento	Equipamentos (convencionais)		Equipamentos (Estado-da-arte)		
Caldeira	65 bar	100 bar	100 bar	100 bar	100 bar
Material utilizado	bagaço	bagaço	bagaço	Bagaço - palha	Bagaço - palha - biogás
Moagem	15.000 ted	15.000 ted	15.000 ted	15.000 ted	15.000 ted
Acionamento	turbina	turbina	motor elétrico	motor elétrico	motor elétrico
Destilação	Hidratado convencional	Hidratado convencional	Hidratado Split Feed	Hidratado Split Feed	Hidratado Split Feed
Desidratação	ciclohexano	ciclohexano	Peneira molecular	Peneira molecular	Peneira molecular
<b>RESULTADO Energia elétrica excedente (Co-geração)</b>	<b>54,3 kW/tc</b>	<b>74 kW/tc</b>	<b>80,9 kW/tc</b>	<b>147,4 kW/tc</b>	<b>157,6 kW/tc</b>

Fonte: Adaptado de DEDINI (2008)

## 5. Referências bibliográficas

ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL / Agência Nacional de Energia Elétrica. 2. ed. - Brasília : ANEEL, 2005. 243p : il. Disponível em: [[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf). Acesso em 18/02/2008]

BARJA, G. J. A. (2006). **A co-geração e sua inserção ao sistema elétrico**. Dissertação de Mestrado, Publicação ENM.DM 100A/06, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 157 p.

BEN – BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL – 2007. Disponível em: [<http://www.mme.gov.br> - acesso em 16/02/2008].

CARBONO BRASIL. Disponível em:

[<http://www.carbonobrasil.org.br> – acesso em 02/10/2007]

CARMO, V.B. (2008). A capacitação da indústria nacional de equipamentos. Workshop tecnológico sobre co-geração. Projeto diretrizes de políticas públicas para a agroindústria canavieira do Estado de São Paulo. Campinas, 23/01/2008.

COELHO, S. T. Mecanismo para implementação da co-geração de eletricidade a partir de biomassa: um modelo para o Estado de São Paulo. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em:

[<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3lev-cana.pdf> – acesso em 24/04/2008]

MACEDO, I. C.; LEAL, M. R. L. V.; SILVA, J. E. A. R. **Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use fuel ethanol in Brazil**. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente, 2004.

MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL 2030 / Ministério de Minas Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética . \_ Brasília : MME :EPE, 2007. p. 254: il.

Disponível em: [<http://www.aneel.gov.br> acesso em 13/01/2008].

MCT – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA –

Disponível em:

[<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4483.html>, 24/04/2008].

SOUZA, Z.J.; AZEVEDO, P.F. Geração de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro: um estudo a partir de usinas paulistas. RER, Rio de Janeiro, vol. 44, nº 02, p. 179-199, abr/jun 2006.

WALTER, A.C.S. e NOGUEIRA, L.A.H. Produção de Eletricidade a partir de Biomassa In: Biomassa para Energia. Cortez, L.A.B.; Gómez, E.O. e Lora, E.E.S. (orgs.). Editora da Unicamp, no prelo.