

O Potencial da Bioeletricidade, a Dinâmica do Setor Sucroenergético e o Custo Estimado dos Investimentos

Nivalde J. de Castro
Roberto Brandão
Guilherme de A. Dantas

O Potencial da Bioeletricidade, a Dinâmica do Setor Sucroenergético e o Custo Estimado dos Investimentos

Nivalde J. de Castro
Roberto Brandão
Guilherme de A. Dantas

TDSE

Texto de Discussão
do Setor Elétrico

nº 29

Rio de Janeiro
Novembro de 2010

Índice

Introdução.....	7
I – A Viabilidade do Potencial Técnico da Bioeletricidade.....	9
II – A Dinâmica da Expansão do Setor Sucrenergético e a Promoção da Bioeletricidade.....	20
Conclusões.....	28
Referências.....	29

O Potencial da Bioeletricidade, a Dinâmica do Setor Sucroenergético e o Custo Estimado dos Investimentos

*Nivalde José de Castro*¹
*Roberto Brandão*²
*Guilherme de A. Dantas*³

Introdução

O potencial técnico de geração de bioeletricidade nos próximos anos é bastante expressivo e está associado à demanda crescente por açúcar e, principalmente, por etanol. Esta expansão do *core business* do setor sucroenergético irá garantir uma oferta crescente de biomassa canavieira residual que poderá ser utilizada como insumo para uma maior geração de bioeletricidade a ser exportada para o setor elétrico brasileiro. No entanto, a quantidade de energia que efetivamente será gerada e comercializada também será função da rota tecnológica adotada nos projetos de geração, sobretudo no que diz respeito ao uso da palha como combustível e ao próprio ritmo de adoção de rotas tecnológicas de maior eficiência energética. Contudo, rotas tecnológicas

1 Professor da UFRJ e coordenador do GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico do Instituto de Economia da UFRJ.

2 Pesquisador-Sênior do GESEL/IE/UFRJ.

3 Doutorando do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ e Pesquisador-Sênior do GESEL/IE/UFRJ.

de ponta, mais eficientes em termos energéticos, possuem um custo de investimento maior e podem não se constituir na melhor opção em termos financeiros. Em contrapartida, há uma clara tendência ao barateamento dos custos de investimentos em geração, que age no sentido da disseminação da produção da bioeletricidade. Isto ocorre porque os custos dos projetos de co-geração são diluídos em projetos de maior escala e o perfil de expansão do setor sucroenergético está baseado justamente em novas usinas de grande porte e na expansão da moagem nas plantas existentes.

Para analisar esta complexa e dinâmica questão, este estudo se divide em duas partes. Na primeira são analisados os principais entraves para viabilizar o potencial técnico da bioeletricidade e verificar como a viabilidade econômica dos projetos é sensível à escala dos projetos. A segunda parte é dedicada ao exame do perfil de expansão do setor sucroenergético, fundamentado no aumento da escala das plantas, que é um elemento endógeno à dinâmica do setor sucroenergético indutor de investimentos em plantas de co-geração mais eficientes.

Por fim são apresentadas as conclusões deste estudo, onde merece destaque a importância do processo de consolidação do setor sucroenergético e o aumento da escala de produção das usinas ambos atuando como mecanismos indutores de investimentos em projetos de co-geração de bioeletricidade com maior eficiência energética.

A metodologia de desenvolvimento deste estudo partiu de revisão bibliográfica, análise de dados estatísticos e reuniões técnicas com: os principais players do setor, Única, Cogen-SP, Dedini e BNDES. Cabe destacar, que a interlocução com estes agentes foi fundamental para a elaboração deste trabalho porque permitiu uma ampla discussão referente às hipóteses centrais deste estudo. Obviamente os resultados analíticos e conclusões formuladas são da exclusiva responsabilidade do GESEL-UFRJ

I - A Viabilidade do Potencial Técnico da Bioeletricidade

A discussão e avaliação do potencial de bioeletricidade requer a definição e delimitação do conceito de potencial. O **potencial teórico** é o potencial total de geração a partir de um insumo, no caso a biomassa da cana de açúcar, definido a partir de fatores naturais e climáticos. Entretanto, o aproveitamento do potencial teórico é limitado por fatores tecnológicos que definem o **potencial técnico** de aproveitamento da fonte de energia. A concretização e implementação do potencial técnico é função da viabilidade econômica e financeira dos projetos específicos. Desta forma, pode-se definir que o **potencial econômico** é, *grosso modo*, apenas uma parte do potencial técnico do energético. Entretanto, nem todo o potencial econômico poderá ser implementado, pois é preciso que exista mercado, isto é, demanda de energia para todos os projetos com viabilidade econômica. Além da demanda de energia é necessário que o insumo energético seja competitivo em relação a outras fontes definido pelos leilões e contratação no mercado livre, ou seja, das políticas e mecanismos de contratação de energia. Estes fatores em conjunto definem o **potencial de mercado** do insumo energético.

O **potencial teórico** de geração de bioeletricidade é aquele onde todo o bagaço e toda a palha (energéticos primários) são gaseificados (processamento cientificamente ótimo). E o gás resultante é utilizado para a produção de eletricidade através de turbinas a gás em ciclo combinado. Além do gás produzido a partir do bagaço e da palha, o biogás oriundo da vinhaça faz parte do cômputo do potencial teórico da bioeletricidade. Porém, a conveniência agrícola de deixar parte da palha no solo e o caráter energético-intensivo da produção de biogás a partir da vinhaça restringe o potencial teórico que pode ser tecnicamente explorado. Ao mesmo tempo, embora as turbinas a gás sejam uma tecnologia madura, responsável por significativa parcela da geração mundial de eletricidade, a gaseificação da biomassa não é ainda uma tecnologia convencional que esteja comercialmente disponível para produção em larga escala.

A partir destas considerações conceituais, no presente estudo, o **potencial técnico** adotado tem como pressuposto a tecnologia de extra-condensação com caldeiras de 67 bar capaz de produzir 199 kWh excedentes por tonelada de cana processada, com a utilização de 75% do bagaço e 50% da palha disponíveis. Com base na projeção de uma safra de 1.038 milhões de toneladas de cana na safra 2020/21, é possível se projetar uma potência instalada exportável em torno de 28.000 MW, representando uma energia anual média de 14.000 MWmed, para o sistema elétrico brasileiro a partir das usinas sucroenergéticas (KITAYAMA, 2008). Cabe destacar, que por se tratar de uma energia sazonal, a disponibilidade de energia no período seco do ano é próxima à potência instalada, ou seja, algo em torno de 28.000 MWmed. Este potencial sazonal ganha assim maior valor estratégico dada a possibilidade concreta de complementar o parque hidroelétrico brasileiro justamente no período seco conforme destacado por CASTRO et all. (2010a).

Ao se passar do potencial técnico para o potencial econômico⁴, existem duas questões que exigem análise cuidadosa: (i) o uso da palha; e (ii) modernização das plantas de co-geração de usinas antigas. Com destaque para plantas que possuem reduzida escala de produção.

Em relação à primeira questão – uso da palha -, merece ser destacado que a hipótese de utilização de 50% da palha disponível não encontra aderência com os investimentos que estão sendo realizados na produção de bioeletricidade. Os projetos de usinas novas (*greenfields*) assim como projetos de modernização de plantas existentes (*retrofits*) em sua grande e quase totalidade maioria ainda não contemplam a utilização da palha. Esta

4 Cabe destacar a reduzida importância de se distinguir o potencial econômico do potencial de mercado da bioeletricidade. Esta assertiva se baseia na demanda crescente de energia elétrica no Brasil, nos benefícios da contratação da bioeletricidade para o sistema elétrico brasileiro e na permissão do marco regulatório para realização de leilões específicos para contratação de fontes alternativas e renováveis de energia elétrica. Portanto, pode se afirmar que a economicidade da bioeletricidade por si só garante que exista demanda pela mesma.

opção tem duas razões. Em primeiro lugar, o custo de transporte da palha até a usina precisa ser inteiramente imputado à geração de eletricidade, ao contrário do que ocorre com o bagaço, que está disponível no pátio da usina como resíduo do processo produtivo de açúcar e etanol. Devido ao custo de transporte, o uso da palha pode não ser viável economicamente para áreas agrícolas distantes da usina.

Em segundo lugar, ainda há incertezas a respeito da rota tecnológica a ser adotada para coleta, transporte, limpeza, armazenamento e queima da palha. Fornecedores e empresas pioneiras têm realizado experimentos com soluções distintas para todas as fases deste processo e não há, até o momento, consenso de qual rota tecnológica seria a mais eficiente. Na falta de definição de uma rota tecnológica, é difícil estimar os investimentos e custos associados à utilização da palha para a geração de energia elétrica. O que pode ser prospecto sobre o uso da palha é que, dado o seu efetivo potencial energético, o avanço tecnológico e a busca por maximização da geração de energia elétrica, deve se tornar uma realidade no curto/médio prazo. No entanto, dado o status tecnológico atual, a utilização de algo como 20%⁵ da palha disponível parece uma suposição mais razoável e consistente do que os 50% que foram adotados para dimensionamento do potencial técnico da geração de bioeletricidade.

Deve-se assinalar que o percentual de palha a ser utilizado como insumo para a produção de energia elétrica é uma variável chave na determinação do potencial de geração de bioeletricidade. Esta posição fica explícita ao se comparar os dois cenários extremos: utilização de 50% da palha disponível, descrito no parágrafo anterior, e não utilização da palha como insumo energético. Ao não considerar a geração a partir da palha, o potencial de geração de bioeletricidade em 2021 fica reduzido a uma potência instalada exportável de cerca de 14.000 MW, o que representa uma energia anual média

5 Valor médio obtido a partir de entrevistas com agentes do mercado sucroenergético.

de 7.000 MWmed. Em suma, há uma redução de 50%: de 28.000 MWmed para 14.000 MWmed disponíveis no período seco do ano.

Por sua vez, considerando-se a utilização 20% da palha, as perspectivas em termos de potencial energético se tornam mais interessantes. A partir de dados técnicos de DEDINI (2010), o GESEL - UFRJ estima um potencial de bioeletricidade de 20.000 MW exportáveis em 2021 no cenário onde se utilizará 20% da palha e produção exclusivamente no período da safra, ou seja, uma energia anual média em torno de 10.000 MWmed. Desta forma, segundo estas estimativas, ao se utilizar somente 20% da palha disponível obtém-se um incremento de geração de energia elétrica da ordem de 40%.

Por outro lado, é preciso testar a hipótese de que toda a safra em um horizonte de 10 anos será processada em usinas com plantas de co-geração de extra-condensação, com caldeiras de alta pressão. Atualmente grande parte da safra ainda é processada em usinas antigas que exportam pouca ou nenhuma energia. Há incertezas sobre a viabilidade econômica em modernizar todas estas usinas. Os investimentos em tais usinas, chamadas de *retrofits*, estão relacionados tanto à substituição das plantas de co-geração existentes por outras capazes de gerar maiores quantidades de energia, como à efficientização do consumo de energia (vapor inclusive) no processo de produção de etanol e de açúcar.

Na análise do potencial econômico da bioeletricidade, sobretudo das usinas *retrofits*, é necessário considerar qual o grau de sensibilidade dos custos dos investimentos às economias de escala. Na safra 2008/09, no Estado de São Paulo foram processadas 65 milhões de toneladas de cana (19% do total nacional) em usinas com uma capacidade de moagem inferior 1,5 milhões toneladas de cana. Poucas destas usinas produzem excedentes exportáveis, por não disporem de instalações eficientes de geração e por terem dificuldades para viabilizar os investimentos necessários para a exportação de energia. A Tabela 1 permite verificar que o custo do kW instalado em uma usina que

processa 1 milhão de toneladas de cana por safra é 30% superior ao custo do kW instalado em uma usina que processa 3 milhões de toneladas de cana por safra. Estes dados tornam nítida a relevância dos ganhos de economia de escala para a promoção de investimentos em bioeletricidade.

Neste sentido, o movimento de aumento da escala de produção das plantas industriais é de grande relevância para viabilizar em termos econômicos o potencial técnico de geração de bioeletricidade, conforme será discutido na próxima seção deste relatório.

Tabela 1
Custos de Investimentos em Plantas de Co-geração

Escala da Moagem (em mil t/ano)	1080	2030	2506	3024
Potência Instalada (em MW)	31	58	71	86
Potência Exportável (em MW)	22	42	52	63
Custo do Investimento (em R\$/kW)	3041	2539	2368	2312

Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de dados de DEDINI (2010).

É importante ressaltar que a viabilidade da exportação de energia depende da relação entre o custo do investimento e a potência exportável. E ela pode ser obtida com certa rota tecnológica e não só da capacidade instalada da planta. A viabilidade econômica de um investimento em co-geração para comercializar energia elétrica depende do custo do investimento adicional em equipamentos eficientes, capazes de gerar um excedente de energia exportável para a rede. Isto porque toda a planta sucroenergética investe necessariamente em cogeração para suprir suas próprias necessidades de energia. Para ser exportadora é necessário um investimento adicional para a construção (ou modernização) de uma planta capaz de produzir excedentes de energia elétrica que terá que ser remunerado a partir da comercialização da energia.

Por outro lado, as economias de escala na co-geração estão relacionadas essencialmente ao tamanho da planta de geração. Deste ponto de vista, o relevante é a potência instalada, independente de a energia estar destinada ao auto-suprimento ou à exportação de energia para a rede básica. Dada a demanda energética de auto-suprimento para a usina, a opção por investir em equipamentos maiores para comercializar energia elétrica, sobretudo com a adoção de rotas tecnológicas mais eficientes e maior uso da palha, aumenta a escala de geração da planta e reduz o custo unitário do kW instalado.

Cabe observar que os dados da Tabela 1 foram calculados para projetos *greenfield*, considerando um consumo de vapor de processo de 400 quilos por tonelada de cana processada, que é compatível com projetos das novas plantas industriais. No entanto, para se obter um consumo de vapor de processo semelhante no caso de usinas *retrofits* são necessários investimentos na efficientização energética da produção de etanol e açúcar. Os custos destes investimentos são função das características técnicas de cada planta específica e tendem a variar bastante. Em um caso extremo, estes custos podem atingir R\$ 35,00 por tonelada de cana processada, conforme assinado pela DEDINE (2010). Assim, para uma usina que processe 1 milhão de toneladas de cana o custo adicional poderia chegar a R\$ 35 milhões, valor este que pode se constituir em significativo desincentivo aos investimentos para gerar exportação de energia em usinas existentes.

Além dos custos de investimento na planta de co-geração, os custos de conexão da usina à rede básica também estão sujeitos a significativas economias de escala, com o custo médio decrescendo com o aumento da escala de exportação de energia. Em contrapartida, o desconto na tarifa-fio para projetos com capacidade instalada inferior a 30 MW atua como um desincentivo a projetos de maior escala de geração.

Ainda no âmbito da análise do potencial de geração de bioeletricidade, é importante destacar algumas das características técnicas adotadas nas

estimativas, sobretudo em relação à utilização de caldeiras de 67 bar. No caso de se utilizar caldeiras de 100 bar há acréscimo de geração entre 10 e 20% e todo este acréscimo resulta em aumento do potencial de exportação de energia. Assim, a utilização de caldeiras mais eficientes pode atenuar em parte a perda de potencial global da bioeletricidade devido a um baixo uso da palha como combustível e à não modernização de parte das usinas antigas.

As Tabelas 2 e 3 apresentam, respectivamente, dados para a comparação entre as potências exportáveis e os custos do investimento para projetos que utilizem caldeiras de 67 bar e para aqueles que adotam caldeiras de 100 bar, mantendo as demais características do projeto constantes (geração apenas na safra com utilização de 20% da palha disponível).

Tabela 2

Comparação da Potência de Geração Exportável entre Projetos com Caldeiras de 67 bar e de 100 bar

(em MW)

Moagem (em mil t/ano)	1080	2030	2506	3024
Caldeira de 67 bar	22	42	52	63
Caldeira de 100 bar	26	48	60	72

Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de dados de DEDINI (2010).

Tabela 3

Comparação dos Custos de Investimento entre Projetos com Caldeiras de 67 bar e de 100 bar

(em R\$/kW instalado)

Moagem (em mil t/ano)	1080	2030	2506	3024
Caldeira de 67 bar	3041	2539	2368	2312
Caldeira de 100 bar	2758	2499	2350	2196

Fonte: Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de dados de DEDINI (2010).

Aqui novamente se enfatiza que o dado relevante para análise econômica e financeira do projeto é a potência exportável. Para avaliar a adoção de uma tecnologia mais eficiente, o investidor precisa analisar o acréscimo do capital investido e compará-lo com a receita marginal oriundo da comercialização de uma maior quantidade de eletricidade, para que então possa decidir qual rota tecnológica irá adotar. Desta forma, o indicador relevante de custos passa a ser a razão entre o total investido em uma planta que empregue determinada tecnologia e sua potência exportável. Como a capacidade adicional de geração é toda destinada à exportação, ocorre que o custo unitário do investimento por potência exportável se torna menor quando se realiza a opção por tecnologias mais eficientes. A Tabela 4 mostra este indicador comparando usinas que adotam caldeiras de 67 bar e usinas que optam por caldeiras de 100 bar.

Tabela 4
Investimento por Potência Exportável

(Milhões de R\$/MW)

Moagem(em mil t/ano)	1080	2030	2506	3024
Caldeira de 67 bar	4,2	3,5	3,2	3,1
Caldeira de 100 bar	3,6	4,9	3,9	2,9

Fonte: Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de dados de DEDINI (2010).

Além disso, é importante salientar que projetos que geram eletricidade apenas no período da safra possuem, devido à maior escala de geração, um custo de investimento por kW instalado menor do que aquele que geram ao longo de todo o ano. As Tabelas 4 e 5 apresentam, respectivamente, dados comparativos entre as potências instaladas e os custos do investimento de projetos que geram energia apenas na safra e projetos que também produzem bioeletricidade na entressafra, considerando em ambos os cenários uma utilização de 20% da palha disponível.

Tabela 5
Comparação da Potência Instalada em Projetos que geram apenas na Safra e Projetos que geram todo o ano

(em MW)

Moagem (em mil t/ano)	1080	2030	2506	3024
Apenas na Safra	31	58	71	86
Safra e Entressafra	29	47	57	68

Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de dados de DEDINI (2010).

Tabela 6
Comparação do Custo de Investimento entre Projetos que geram apenas na Safra e Projetos que geram o ano todo

(em R\$/kW)

Moagem (em mil t/ano)	1080	2030	2506	3024
Apenas na Safra	3041	2539	2368	2312
Safra e Entressafra	3211	2659	2569	2441

Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de dados de DEDINI (2010).

Embora o investimento por kW de capacidade instalada seja menor em projetos que geram apenas na safra, estes projetos exigem maiores montantes de capital, fator que pode levar alguns empresários a dimensionarem projetos menores, aptos a queimar parte da biomassa fora da safra.

A fim de evidenciar estas possibilidades de decisão de investimento, a Tabela 6 apresenta os valores comparativos entre os projetos que geram bioeletricidade somente na safra e os projetos dimensionados para gerar ao longo de todo o ano.

Tabela 7
Comparação entre o Investimento de Projetos que gerem apenas na Safra e Projetos que geram o ano todo
 (em mil R\$)

Moagem (em mil t/ano)	1080	2030	2506	3024
Apenas na Safra	93000	146000	168000	198000
Safra e Entresafra	92000	125000	146000	166000

Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de dados de DEDINI (2010).

É uma espécie de paradoxo, pois o empreendedor investe mais e tem maior capacidade instalada, entretanto, só pode gerar na safra. E mesmo assim, trata-se de uma modalidade de geração vantajosa para o setor elétrico, uma vez que ocorre justamente no período seco do ano, em que a energia elétrica tende a ter maior valor.

Com base em evidências empíricas, pode-se afirmar que a formatação de políticas públicas consistentes e regulares é um instrumento estratégico para incentivar investimentos em fontes alternativas de geração de energia, em especial para a promoção de rotas tecnológicas mais eficientes (CASTRO et al., 2010b). No caso específico da bioeletricidade, linhas de financiamento em condições especiais para projetos mais eficientes e sustentáveis ambientalmente podem ser um importante instrumento para viabilizar o potencial técnico da bioeletricidade.

Contudo, independente da elaboração de políticas públicas de promoção da bioeletricidade, a própria lógica de expansão do setor sucroenergético baseada em plantas industriais com maior escala já é em si uma forte indutora de investimentos em plantas de co-geração mais eficientes devido às economias de escala na geração.

Neste sentido, a próxima seção irá analisar o perfil de expansão do setor sucroenergético e como o mesmo pode ser indutor de investimentos em bioeletricidade.

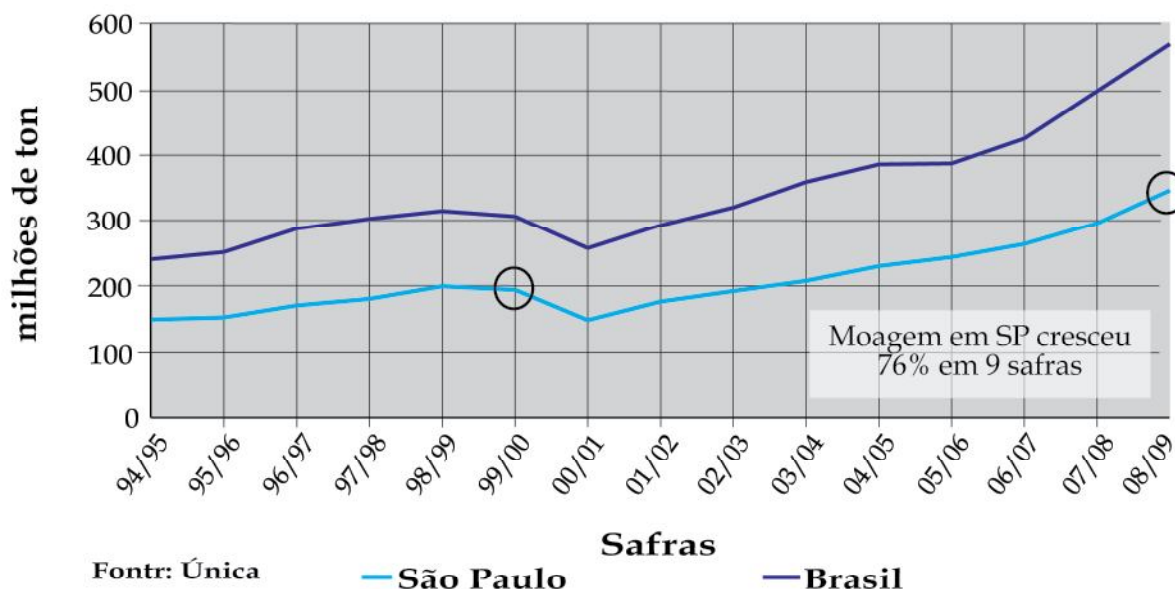
II – A Dinâmica da Expansão do Setor Sucroenergético e a Promoção da Bioeletricidade

Na última década, houve um expressivo aumento da moagem de cana no Brasil, derivada da crescente demanda por etanol e, em menor magnitude, ao da produção de açúcar. Este aumento da moagem esteve relacionado menos ao aumento do número de usinas e mais ao aumento da escala de moagem das usinas. A tendência de aumento da escala de moagem pode ser percebida claramente pela evolução do processamento de cana em São Paulo, o principal estado produtor, responsável por mais 60% da moagem brasileira de cana.

O Estado de São Paulo teve entre as safras 1999/00 e 2008/09 um crescimento de 76% da cana processada, ritmo de crescimento ligeiramente abaixo do verificado no Brasil como um todo (85%), conforme é ilustrado no Gráfico 1.

Gráfico 1
Evolução da Moagem de Cana de Açúcar: 1999-2009

(em milhões de toneladas)



A principal característica do processo de expansão do setor foi o aumento da escala de produção das plantas industriais. Atualmente a escala mínima eficiente para novas plantas é superior a 2,5 milhões de toneladas de cana processada por safra. O aumento do tamanho das plantas ocorrido entre a safra 1999/00 e a safra de 2008/09 é ilustrado nas Tabelas 7 e 8 que apresentam, respectivamente, o número de usinas e a quantidade de cana processada por faixa de moagem no Estado de São Paulo.

O número total de usinas em São Paulo aumentou de 137 para 169. Porém, o número de usinas com moagem inferior a 1 milhão de toneladas/safra, decresceu de 59 para 36. Houve aumento no número de usinas de porte pequeno/médio, com moagem entre 1 e 2 milhões de toneladas/safra (50 para 60 usinas). No entanto, o crescimento mais significativo ocorreu em usinas de portes médio ou grande com moagem superior a 2 milhões de toneladas/safra, conforme atestam os dados da Tabela 7.

Tabela 8
Número de Plantas por Escala de Moagem em SP: 1999/2000 – 2008/2009

Escala de Moagem (em toneladas)	1999/00 usinas	2008/09	Crescimento (em %)
Mais de 5 milhões	37		133,3
Entre 4 e 5 milhões	4	10	150,0
Entre 3 e 4 milhões	8	14	75,0
Entre 2 e 3 milhões	13	42	233,1
Entre 1 e 2 milhões	50	60	20,0
Até 1 milhão	59	36	(39,0)
Total	137	169	23,4

Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de dados da Única.

Um quadro semelhante pode ser identificado na Tabela 8, onde são disponibilizados dados sobre a moagem total de cana das usinas das diversas faixas de tamanho. O dado mais representativo é que na safra 1999/00 mais da metade (52%) da cana era processada em usinas com moagem de até 2 milhões de toneladas/safra, proporção que caiu para 31% na safra 2008/09.

Tabela 9
Moagem por Tamanho de Planta em SP: 1999/2000 – 2008/2009

Escala de Moagem	1999/00 (10 ⁶ t/ ano)	2008/09 (10 ⁶ t/ ano)	Crescimento (em%)
Mais de 5 milhões	19,3	44,7	131,0
Entre 4 e 5 milhões	17,2	43,6	153,0
Entre 3 e 4 milhões	27,7	47,2	70,2
Entre 2 e 3 milhões	30,2	101,9	237,1
Entre 1 e 2 milhões	73,4	88,0	19,9
Até 1 milhão	29,2	21,0	(28,2)
Total	197,1	346,3	75,7

Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de dados da Única.

O processo de aumento da escala de moagem em São Paulo também pode ser constatado na Tabela 9. A planta média passou de uma moagem de 1,4 milhões de toneladas na safra 1999/00 para 2,0 milhões de toneladas em 2008/09.

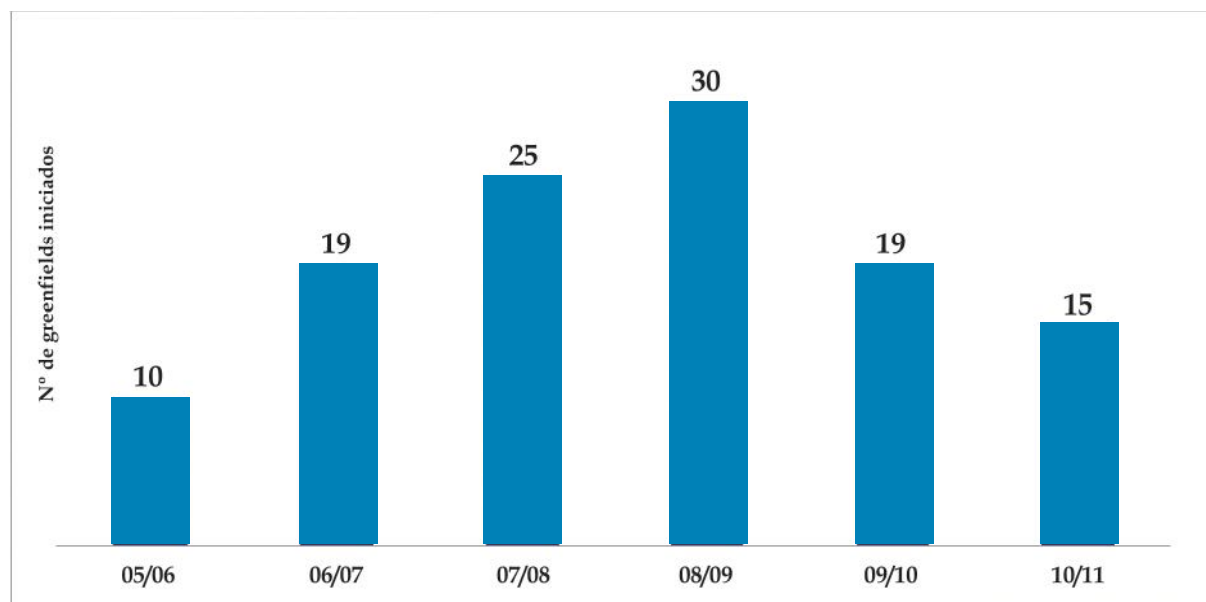
Tabela 10
Moagem de Cana em SP: 1999/2000 – 2008/2009

	1999/00	2008/09	Crescimento (em%)
Usinas (unidades)	137	169	23,4
Moagem Total (milhões de toneladas por ano)	197	346	75,7
Moagem média por usina (milhões de toneladas por ano)	1,4	2,0	42,4
Moagem mediana por usina (milhões de toneladas por ano)	1,2	1,8	49,0

Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de dados da Única.

A entrada em operação de novas usinas com maior escala produtiva foi responsável por parte da expansão verificada na produção do setor sucroenergético, conforme se constata através do Gráfico 2.

Gráfico 2
Número de Novas Usinas Sucroenergéticas no Brasil



Fonte: FIGLIOLINO (2010).

Contudo, ao menos no Estado de São Paulo, o aumento da moagem é devido, sobretudo, à expansão das unidades existentes.

O aumento da escala de produção das usinas existentes consiste no crescimento orgânico da área plantada próxima das usinas associada à expansão e/ou modernização da planta industrial. Esta via de expansão pode se mostrar vantajosa do ponto de vista empresarial, pois permite mitigar o risco agrícola inerente à formação de grandes áreas de cana para projetos *greenfield*. Em alguns casos o processo de crescimento das unidades produtivas do Estado de São Paulo também passou pela eliminação de concorrentes locais, dentro da lógica do processo de consolidação do setor. Isto ocorre quando há compra de uma unidade pequena por um concorrente local com o objetivo de ampliar a moagem em uma unidade produtiva vizinha. Neste caso, o ativo principal da unidade adquirida são as terras próprias e arrendadas e não a unidade industrial em si.

O processo de expansão de usinas existentes é indutor de investimentos em plantas de co-geração mais eficientes, capazes de gerar excedentes de bioeletricidade a serem exportados para o setor elétrico. Isto porque a expansão da capacidade de produção de etanol e açúcar implica em investimentos simultâneos em geração de calor no processo industrial e em co-geração. Desta forma, inúmeros gastos com a modernização da planta industrial são diluídos entre os três produtos: etanol, açúcar e eletricidade. Trata-se assim de uma situação diferente da simples modernização de uma planta de co-geração de uma usina existente, sem a realização de uma ampliação: neste caso todo o investimento em geração de calor e em adaptações ao processo industrial deve ser imputado unicamente à exportação de energia, o que acaba por encarecer os custos.

O processo de expansão da escala produtiva das plantas industriais do setor pode ser melhor mapeado a partir da análise das 50 maiores unidades industriais da safra 2008/09 no Estado de São Paulo e da evolução da moagem de cana nestas plantas ao longo do tempo. Os principais resultados obtidos por esta comparação são os seguintes:

- i. Todas as 50 usinas da amostra moeram mais que 2,4 milhões de toneladas de cana na safra 2008/09;
- ii. Das 50 usinas pesquisadas, 46 já operavam na safra 1999/00;
- iii. Todas as 22 maiores usinas já operavam na safra 1999/00;
- iv. A moagem média das 46 usinas que moeram canas tanto em 1999/00 como em 2008/09 aumentou em 45%;
- v. Metade destas 46 usinas aumentou a moagem em mais de 1,2 milhões toneladas de cana.

Estes resultados indicam claramente a relevância da expansão das unidades produtivas existentes nos últimos 10 anos. A Tabela 10 mostra a variação da capacidade de moagem das 46 unidades que pertenciam as 50 maiores usinas de São Paulo na safra 2009/09 e já existiam na safra 1999/00.

Tabela 11
Moagem por Usina: variação entre 1999/2000 e 2008/2009
(em número de usinas)

Crescimento da Moagem	Usinas
Redução	2
Até 350 mil toneladas por ano	6
Entre 350 mil e 1 milhão de toneladas por ano	11
Entre 1 e 2 milhões de toneladas por ano	20
Mais que 2 milhões de toneladas por ano	7
Total	46

Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de dados da Única.

Ao mesmo tempo em que ocorre um aumento paulatino da escala de produção das plantas industriais, o setor sucroenergético vem passando por um processo de consolidação a nível dos grupos empresariais que envolveram inclusive a entrada de capital estrangeiro, conforme pode se comprovar nas Tabelas 11 e 12.

A Tabela 11 mostra que grupos econômicos responsáveis por 28% da moagem total de cana processaram mais de 6 milhões de toneladas de cana na safra 2005/06. Para a safra 2010/11, estima-se que 51% da cana seja moída por grupos econômicos com uma moagem superior a 6 milhões de toneladas de cana.

Tabela 12
Porte dos Grupos Econômicos: classificação percentual em função de milhões de toneladas de cana processadas

Escala de Moagem (em mi Ton)	<3	Entre 3 - 6	Entre 6 - 9	Entre 9 - 12	>12
2005/06	36	36	18	55	
2006/07	27	3	23	24	4
2007/08	9	50	14	1	89
2008/09	21	32	24	9	14
2009/10	18	35	24	91	4
2010/11*	12	38	15	18	18

Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de FIGLIONINO (2010).

* Valor estimado

Para se avaliar a evolução do grau de concentração industrial pode-se usar o índice CR-5 que permite determinar o *market-share* das 5 maiores firmas de uma indústria. A Tabela 12 apresenta a evolução do crescimento deste indicador. Os resultados demonstram que o setor vem passando por um expressivo processo de consolidação associado a um outro processo: o de internacionalização.

Tabela 13
Evolução do CR5 e da Participação de Capital Internacional no Setor Sucroenergético: 2005-2015 (em %)

	2005	2010	2015*
CR5	12	27	40
Participação de Capital Estrangeiro	62	54	0

Fonte: Elaborado por GESEL - UFRJ a partir de FIGLIONINO (2010).

* Valor estimado

Este processo de consolidação associado à entrada de capital internacional também atua como indutor de investimentos em bioeletricidade devido à maior capacidade financeira de grupos econômicos de maior porte, que conseguem investir e explorar economias de envergadura, que passam inclusive por melhores condições de financiar projetos.

Desta forma, pode-se destacar que o processo de aumento de escala das usinas, inclusive das usinas existentes, associado ao processo de consolidação do setor sucroenergético é indutor de investimentos em plantas eficientes de co-geração e, por conseguinte, da comercialização de grandes montantes de bioeletricidade. Portanto, a própria dinâmica atual do setor sucroenergético se constitui em um mecanismo que incentiva investimento em projetos de co-geração mais eficientes que contemplem o uso da palha e a modernização de usinas *retrofit*.

Conclusões

O ciclo expansivo da produção de etanol e de açúcar garante a biomassa residual necessária para obtenção de grandes montantes de bioeletricidade nos próximos anos. Entretanto, a viabilização deste potencial depende das rotas tecnológicas que serão empregadas, sobretudo se a palha será utilizada como combustível e em que proporção.

A dinâmica do setor sucroenergético em direção à consolidação e ao aumento da escala de produção das plantas industriais funcionará como um indutor natural de investimentos em plantas eficientes e, por conseguinte, de viabilização do potencial técnico de geração de bioeletricidade, permitindo a exploração de economias de escala e de envergadura.

Embora todos os projetos *greenfields* contemplem a comercialização de bioeletricidade, ainda há incertezas sobre duas questões: uso da palha e viabilidade da modernização de *retrofits*. Isto porque o uso intensivo da palha para a geração de eletricidade está condicionado ao amadurecimento de uma rota tecnológica apropriada. Já o aproveitamento do potencial de geração das usinas mais antigas (*retrofits*) só deve ocorrer, em condições de mercado, nos casos em que ocorrer uma expansão da capacidade de moagem. Diante destas incertezas, a formatação de políticas públicas adequadas pode acelerar o processo de adoção de rotas tecnológicas capazes de produzir maiores volumes de bioeletricidade e criar condições favoráveis à viabilização de *retrofits*.

Referências

CASTRO, Nivalde José; DANTAS, Guilherme de A; BRANDÃO, Roberto; LEITE, André Luiz da Silva. *Bioeletricidade e a Indústria de Álcool e Açúcar: possibilidades e limites*. Synergia. Rio de Janeiro, 2008.

CASTRO, Nivalde José; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. *Considerações sobre a Ampliação da Geração Complementar ao Parque Hídrico Brasileiro*. Texto de Discussão n. 15. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010a.

CASTRO, Nivalde José; DANTAS, Guilherme de A; LEITE, André Luis da Silva; GOODWARD, Jenna. *Perspectivas da Energia Eólica no Brasil*. Texto de Discussão n. 18. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010b.

CORRÊA NETO, V; RAMON, D. *Análise de Opções Tecnológicas para Projetos de Co-geração no Setor Sucroalcooleiro*. Setap. Brasília, 2002.

DEDINI. *Estimativas de Custos de Projetos de Co-geração de Bioeletricidade*. Contato Pessoal. 2010.

FIGLIOLINO, Alexandre. Visão e tendências do setor de Açúcar e Álcool no Brasil. In: Workshop de Bioeletricidade. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 26 de Fevereiro de 2010.

FONSECA, M; COSTA, C. [Estrutura Industrial e Mudança Tecnológica na Economia Sucroalcooleira](#). In: I Workshop do INFOSUCRO sobre Impactos Econômicos e Tecnológicos da Indústria Sucroalcooleira no Brasil. Rio de Janeiro, Novembro de 2008.

KITAYAMA, Onorio. *Bioeletricidade: perspectivas e desafios*. In: III Seminário Internacional do Setor de Energia Elétrica – GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2008.

SOUSA, Eduardo Leão. *Etanol: Desafios e Oportunidades nos Mercados Nacional e Internacional*. II Workshop Infosuco/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 27 de Novembro de 2009.

ÚNICA. *Dados sobre Moagem das Safras 1999/2000 e 2008/2009*. São Paulo, 2009.