

## CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA PROVENIENTE DE FONTES RENOVÁVEIS

Ângelo CATANEO<sup>1</sup>  
Camila P.C. GABRIEL<sup>2</sup>  
Cauê d. C. J. LEITE<sup>3</sup>  
José O. SERAPHIM<sup>4</sup>  
Luis R.A.Gabriel FILHO<sup>5</sup>

**RESUMO:** O presente trabalho aborda a geração de energia no Brasil, com vista para o desenvolvimento de novas tecnologias, atentando para a substituição dos derivados de petróleo por fontes renováveis, utilizando-se para tal fim do modelo de geração distribuída (GD), ou seja, a geração de energia realizada junta ou próxima do mercado consumidor.

**Palavras- chaves:** Geração distribuída de energia. Biomassa. Paineis fotovoltaicos. Células de combustível.

### DESENVOLVIMENTO

Energia está presente em todas as nossas ações cotidianas. Sua disponibilidade, qualidade e custo precisam ser considerados em todos os nossos projetos.

O uso de energia mundial por fonte, em 2000, foi de 77% de fontes fósseis (cerca da metade em petróleo; gás natural e carvão dividem o restante); 15% de hidráulica e biomassa; 6% de nuclear e 2% de renováveis novas (biomassa como energia comercial, como o etanol).

Diante da complexidade de gerar e distribuir energia, a geração de novas tecnologias -representa importante resposta aos desafios na busca de um

---

<sup>1</sup> Doutor; Docente da Pós-graduação em Agronomia; área de concentração: Energia na Agricultura na UNESP de Botucatu.

<sup>2</sup> Docente Mestre (orientadora) do curso de Matemática das Faculdades Adamantinenses Integradas.

<sup>3</sup> Discente bolsista (Fundacte), do 10º Termo de Engenharia Ambiental das Faculdades Adamantinenses Integradas.

<sup>4</sup> Doutor; Docente da Pós-graduação em Agronomia; área de concentração: Energia na Agricultura na UNESP de Botucatu.

<sup>5</sup> Docente Doutor (co-orientador) do curso de Matemática das Faculdades Adamantinenses Integradas.

suprimento mais eficiente de energia elétrica, fundamental para a sustentabilidade do setor.

O mais importante e preocupante é a necessidade de se encontrar um substituto para o petróleo, mas que, contrariamente ao petróleo não seja responsável pela emissão de gases do efeito estufa (GEE). Para atender a crescente demanda por energia de forma sustentável, causando o menor impacto possível sobre o meio ambiente, é necessário buscar alternativas energéticas que possam substituir os combustíveis fósseis, mesmo que parcialmente.

Com 3% da população mundial, o Brasil utiliza cerca de 2% da energia usada no mundo. Devido a suas grandes dimensões e seu potencial hídrico, o Brasil tem a maior parte de sua energia elétrica gerada por hidroelétricas. Medindo o consumo total de energia pelo seu equivalente em petróleo (tep, tonelada equivalente de petróleo) saímos de pouco menos de 1 tep/ habitante.ano em 1970 para 1,02 em 1987 e 1,13 em 2002, segundo o BEN (Balanço Energético Nacional). Os EUA utilizam 8,1 tep/hab.ano.

O Brasil foi pioneiro no uso do etanol e está implementando o biodiesel no setor de transporte. A partir de 2008 todo diesel comercializado no Brasil terá de conter 2% de biodiesel. A medida visa diminuir o consumo de combustíveis fósseis e minimizar os impactos ambientais. (Scientific American, outubro de 2006, pág 60). E, conforme projeções recentes da Petrobrás, o país tem garantido a auto-suficiência de petróleo até 2020.

Entretanto, apesar dessa vantagem comparativa na oferta de fontes de combustíveis renováveis, muitas restrições cabem ser ressaltadas em relação à opção hidroelétrica adotada, iniciando pelo fato de que um sistema elétrico baseado na preponderância de grandes usinas constitui fator de desvantagem em relação à segurança operacional oferecida por um sistema híbrido e de geração distribuída.

A análise da matriz, em comparação com países mais desenvolvidos, mostra ainda a baixa utilização da geração distribuída de energia elétrica, consequência de trinta anos de forte crescimento da implantação (oportuna) de grandes centrais hidrelétricas; mas agora a geração térmica complementar e a cogeração em sistemas industriais e comerciais poderá ser um fator importante de economia e segurança no suprimento.

Trata-se, portanto de se utilizar um combustível alternativo, de preferência obtido a partir da biomassa (Etanol e Biodiesel). Dado que as reservas mundiais de petróleo totalizam 1.147,80 bilhões de barris e o consumo anual deste combustível fóssil está estimado em 80 milhões de barris / dia, chega-se à conclusão que as reservas mundiais de petróleo se esgotarão por volta do ano de 2046. Além disso, é importante ressaltar que nesse calculo não foi contabilizada a tendência do crescimento no consumo, o que leva a conclusão de que, não havendo novas descobertas de reservas de petróleo, esse tempo ainda diminuiria.

Assim inúmeras pesquisas sugerem a utilização de biomassa para fins energéticos, como a sua transformação em biocombustíveis. Do ponto de vista ambiental é positivo, visto que é produzido pela biomassa, ou seja, as sua emissões de carbono são anuladas quando a biomassa volta a crescer, pois para o seu crescimento utiliza o mesmo dióxido de carbono contido na atmosfera. Representa também um combustível mais barato e produzido localmente. O seu uso inclui a melhoria na qualidade do ar, o que reduz as despesas do Estado com a saúde pública.

Estudos já apontam que, a utilização da biomassa para fins energéticos, vem tendo uma participação crescente perante matriz energética mundial, levando a estimativas de que até o ano de 2050 deverá dobrar o uso mundial de biomassa disponível (FISCHER, 2001).

O biodiesel é um combustível alternativo ao óleo diesel mineral, resultado da transformação química de matérias primas de óleos vegetais, tais como: dendê, babuaçu, girassol, mamona, soja, algodão, dentre outros. Vale ressaltar que o fator determinante para a importação de petróleo é o diesel, por este ser adquirido através de um petróleo mais leve, portanto mais nobre. Dessa forma o biodiesel, utilizado como um substituto parcial, diminuiria a demanda de importação pelo petróleo mais leve. Dessa maneira existem diversas fontes potenciais de oleaginosas no Brasil para a produção de biodiesel, dada a ampla diversidade de nosso ecossistema. Essa é uma vantagem comparativa que o país possui em relação a todos os outros produtores de oleaginosas (LABORATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS LIMPAS, 2005).

Já o álcool, proveniente da cana-de-açúcar é uma das melhores alternativas ao petróleo. O Brasil, país pioneiro na sua produção, através do

Próálcool, a partir de 1973, quando do choque do petróleo, tem ampla experiência no uso do combustível e uma grande rede de distribuição montada.

O crescimento da produção da cana-de-açúcar foi possível graças ao avanço tecnológico nos níveis de melhoramento genético; mecanização da atividade; gestão agrícola; controle de pragas e tratamento de efluentes, que possibilitou aumento de produtividade. De 1975 a 2004 a produção teve um aumento de 4,5 vezes, ao passo em que a área cultivada teve um aumento de 2,9 vezes.

Atualmente consegue-se um rendimento total entre 89% e 92%. Isso graças a melhoramentos genéticos; reaproveitamento do vinhoto (resíduo do processo de destilação do álcool, caracterizado como agente poluidor da água), o que possibilitou economias com o uso de fertilizantes.

No entanto os maiores ganhos são devido ao bagaço, que contém 41,5% da energia da cana. O seu uso está associado à produção de energia elétrica, movimentando mecanicamente as moendas e fornecendo calor no processo de destilação, além é claro de poder gerar um excedente de energia elétrica, podendo esta ser vendida à rede elétrica das cidades próximas como um incremento energético oriundo de uma fonte alternativa, caracterizando assim a denominada geração distribuída de energia.

Diante do domínio da técnica de produção e do alto aproveitamento dos constituintes da cana, que permite tamanha eficiência na sua produção, o Brasil tem destaque como líder mundial no setor, com produção em torno de 45% da cana do globo.

O álcool brasileiro é mais vantajoso do que o petróleo e do que o álcool produzido de outras biomassas. O álcool anidro produzido no centro-sul do país, com alta tecnologia e eficiência têm custo de produção de U\$0,23 (R\$0,4485\*) por litro de álcool.

A tabela abaixo apresenta os custos do álcool obtido através de outras biomassas em comparação com a cana-de-açúcar.

**TABELA 1:** Custo de produção do álcool.

	EUA (milho) U\$	ALEMANHA U\$/m <sup>3</sup>	BRASIL (Centro) U\$/m <sup>3</sup>
Matéria- Prima	251,16	330,0	156,5
Custo industrial	222,16	326,64	71,83
Venda de subprodu	- 80,52	- 81,60	
Balanço total	393,12	575,04	228,33

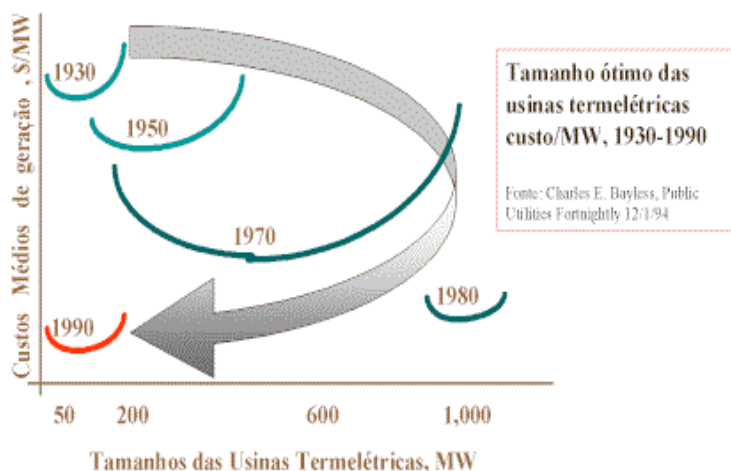
Fonte: Scientific American, outubro de 2006 p.70.

O álcool obtido a partir da cana é mais barato do que o mesmo obtido a partir de outras culturas, mesmo sem contar a venda de subprodutos como, por exemplo, o excedente de energia gerada que poderia ser exportada para o setor elétrico das cidades próximas.

Dessa maneira a geração distribuída de energia, que é a expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es) independente da potência, tecnologia e fonte de energia, poderá ser desenvolvida mediante incentivo político que facilite a utilização da energia proveniente de fontes renováveis, como, vento, calor, luz solar, quedas d'água, biomassa (Reis, Lineu bélico dos; Geração de energia elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade, pág.19). Entretanto a utilização desses recursos para a geração de energia elétrica dependerá da abundância da tecnologia disponível, dos custos efetivos e, do interesse e aceitação do consumidor final.

O Brasil tem um grande potencial para o crescimento da GD. A biomassa da cana-de-açúcar processada na safra 2003/2004, que tem conteúdo energético por volta de 34 milhões de tep, está sendo usada sob baixa eficiência na indústria sulcroatcooleira pela dificuldade de exportar eletricidade para o setor elétrico.

**FIGURA 1:** Panorama da GD de 1930-1990.



O crescimento da GD nos próximos anos parece inexorável, pois o Brasil passa por dificuldades no setor elétrico, o que emperra o desenvolvimento econômico. Em contrapartida, a demanda pelo álcool passa por um boom de crescimento, logo, o setor de cana-de-açúcar tem ampliado a sua base em GD.

A energia é competitiva, R\$93 por Mwh, se comparado aos custos das hidrelétricas e termelétricas, que são respectivamente, R\$105 e R\$120 por Mwh.

As fontes para se trabalhar em geração distribuída de energia são as mais variáveis, podendo ser citadas: Biomassa e Gás Natural, que através da co-geração, ou seja, a produção simultânea e de forma seqüenciada, de duas ou mais formas de energia a partir de um único combustível. Os principais equipamentos que compõem esses sistemas são aqueles que utilizando um combustível (biomassa e/ou gás natural) produzem energia mecânica, para mover um gerador que produz eletricidade e, complementarmente, outros equipamentos produzem energia térmica (calor e frio). Os co-geradores utilizam o calor produzido na geração elétrica no processo produtivo sob a forma de vapor. A vantagem desta solução é que o consumidor economiza o combustível que necessitaria para produzir o calor do processo. A eficiência energética é, desta forma, bem mais elevada, por tornar útil até 85% da energia do combustível.

Os sistemas de co-geração tanto de biomassa quanto de gás natural são ambientalmente sustentáveis, pois produzem baixos níveis de emissão e, além

disso, possibilitam mitigação dos impactos. A biomassa da cana-de-açúcar pode ser considerada energia verde e o gás natural – é o combustível pretendido por todas as Nações industrializadas.

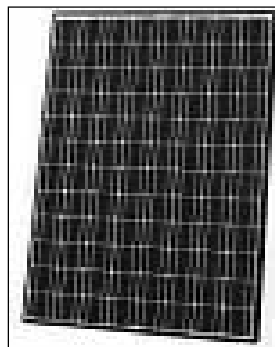
O inconveniente da co-geração é que o calor só pode ser usado perto do equipamento, o que limita estas instalações a unidades relativamente pequenas se comparadas com os geradores das concessionárias.

Painéis fotovoltaicos, uma das tecnologias renováveis mais promissoras e recentes de geração de energia elétrica é a fotovoltaica, que gera eletricidade de forma distribuída, característica que se diferencia da forma como se constitui o setor elétrico brasileiro. Representa uma solução sustentável, uma vez que o material ativo na maioria dos módulos é o silício, que conforme Hammond (1998), é o segundo elemento mais abundante na superfície terrestre.

Os painéis fotovoltaicos podem ser usados nas cidades para gerar energia elétrica de forma complementar àquela normalmente disponível através da rede elétrica. Podem ser instalados de forma distribuída em telhados de residências e prédios, ou podem formar grandes usinas fotovoltaicas, menos comuns em áreas urbanas devido ao elevado custo do terreno para montagem dos painéis.

O painel fotovoltaico é um dispositivo constituído por aproximadamente trinta e seis células solares utilizado para converter energia solar em eletricidade (figura 4).

**FIGURA 2:** Painel solar fotovoltaico.



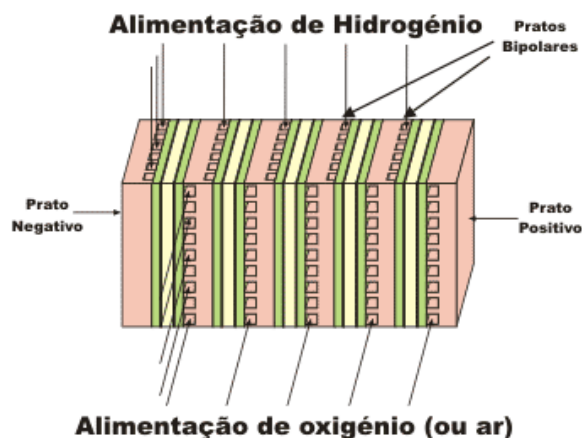
A conversão direta da energia solar em corrente elétrica é realizada nas células solares através do efeito fotovoltaico, que consiste na geração de uma diferença de potencial elétrico através de radiação.

Entretanto, sistemas fotovoltaicos não são baratos e se considerarmos os preços normais do mercado de energia elétrica no Brasil, tendem a ser inviáveis nas zonas urbanas. Um sistema pequeno pode custar a partir de R\$1.500,00, estando limitado pela área disponível nos telhados para instalação, as características do sistema elétrico existente no prédio e os critérios técnicos a serem estabelecidos pelas concessionárias. Além desse fator, requer extensas áreas para a sua implantação, estas que muitas vezes poderiam ser utilizadas para a agricultura, ou então que se enquadram como reservas ambientais.

Células a combustível, são células eletroquímicas que convertem continuamente a energia química de um combustível e de um oxidante em energia elétrica, através de um processo que envolve essencialmente um sistema eletrodo/eletrólito [Kordesch et al., 1996]. Uma célula de combustível pode converter mais do que 90% da energia contida num combustível em energia elétrica e calor.

Todas as células de combustível são constituídas por dois eletrodos, um positivo e outro negativo, designados por, cátodo e ânodo, respectivamente [Larminie, 2002]. Igualmente, todas as células têm um eletrólito, que tem a função de transportar os íons produzidos no ânodo, ou no cátodo, para o eletrodo contrário, e um catalisador, que acelera as reações eletroquímicas nos eletrodos. Na prática, cada uma das células de combustível pode produzir uma diferença de potencial inferior ou igual a 1V. Isto significa que para se obterem níveis úteis de potência elétrica têm de se associar diversas células de combustível em série (pilha). As células de combustível são interligadas entre si por pratos bipolares (ver figura).

**FIGURA 3:** Desenho esquemático da interligação das células de combustíveis.





Estes pratos devem ser bons condutores de eletricidade, e ter canais ao longo da sua superfície, de maneira a possibilitar o escoamento do combustível no ânodo e do ar ou oxigênio no cátodo. O Hidrogênio, quando produzido por fontes de energia renováveis, a sua utilização através de células de combustível, é totalmente limpa, formando apenas como produtos da reação água e calor, não havendo quaisquer emissões de partículas, monóxido de carbono, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>) e óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) que são responsáveis por problemas ambientais tais como chuvas ácidas, problemas respiratórios e pelo aquecimento global do planeta.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conseqüentemente, a geração de eletricidade por pequenas unidades no local de consumo e a cogeração se tornou economicamente viáveis. Uma abordagem que se tornou popular é o desenvolvimento de projetos de cogeração por uma firma externa que vende o vapor e/ou a energia elétrica para um consumidor industrial e a energia excedente para a companhia elétrica local.

A cogeração terá impacto significativo, não somente no âmbito da geração distribuída, mas também no aumento da participação de outros combustíveis na matriz energética nacional.

A geração distribuída de energia é uma aplicação prevista para o futuro próximo e tem sido motivo de muitos estudos.

A geração distribuída poderia representar, em 2020, 26% da geração de energia através de sistemas de co-geração e geração distribuída, sendo 22% a partir de fontes renováveis e o restante com sistemas a gás natural.

**BIBLIOGRAFIA**

AULT, Graham W; Macdonald, JAMES R. '**Planning for distributed generation within distributed networks in restructured electricity markets**'. In: IEEE Power Engineering Review, fev. 2000.

HINRICHS, ROGER A; KLEINBACH, MERLIN. **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo : Thomson, 2003. - XIV, 543 p : il, p.1;302;480-500.

MÜLLER, MARY STELA; CORNELSEN, JULCE MARY. **Normas e Padrões para Teses de Dissertações e Monografias**. 5 edição

PALZ, W. **Energia solar e fontes alternativas**. São Paulo, Hermus-Livraria, 1981.

PINHEIRO JOSÉ LUIZ PIMENTA. **O suprimento de energia através das células de combustível**. São Paulo, 1998. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

REIS, LINEU BELICO DOS. **Geração de Energia Elétrica**: Tecnologia, Inserção Ambiental, Planejamento, Operação e Análise de Viabilidade. 3 edição – Barueri, SP: Manole, 2003. p.1-15; 99-114;

SCIENTIFIC AMERICAN, outubro de 2006, p.60-71.