

CAPA

# A FORÇA 3 DOS VENTOS

Potencial eólico brasileiro movimentará pesquisa para o desenvolvimento de geradores de pequeno porte

DINORAH ERENO



**M**oinhos de vento de cerca de 110 metros de altura transformam em energia os ventos alísios que sopram constantemente durante todo o ano nas costas e no interior do Nordeste brasileiro, assegurando aos parques eólicos instalados na região uma produtividade bem acima da média mundial. “Os parques eólicos de Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte produzem bem mais do que os da Europa, China ou Estados Unidos”, diz o engenheiro aeronáutico Odilon Camargo, um dos donos da empresa Camargo Schubert, de Curitiba, no Paraná, responsável pelo *Atlas do potencial eólico do território brasileiro*, lançado em 2001 pelo Ministério das Minas e Energia e Eletrobrás. O atlas apontou um potencial eólico para o Brasil da ordem de 143 gigawatts, ou seja, 10 vezes a capacidade de Itaipu. “O potencial estimado naquela época já era maior do que tudo o que se tem hoje instalado em termos de geração de eletricidade, que é da ordem de 100 gigawatts”, diz Camargo, que antes de se tornar empresário era pesquisador do Centro de Tecnologia Aeroespacial (CTA) do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), em São José dos Campos, no interior paulista.

Praia de Formosa em Camocim, no Ceará

Esses ventos excepcionais, aliados a projetos de grande escala em extensões de área com baixa ocupação demográfica e à crise do crédito mundial em 2009, que fez a oferta de máquinas ser maior em relação à procura, levaram as empresas nacionais e algumas multinacionais a investir no promissor mercado brasileiro. O resultado disso é que o preço médio da energia eólica baixou consideravelmente nos dois leilões de energia renovável promovidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica em dezembro de 2009 e agosto de 2010, tornando-a altamente competitiva. Em dezembro do ano passado, com a contratação de 1.808 megawatts (MW) para entrega até julho de 2012, o megawatt-hora ficou em R\$ 148,30. Já em agosto, com a encomenda de 70 novas usinas que somam 2.047 MW para entrega em outubro de 2013 – capacidade que corresponde a mais de uma vez e meia a usina nuclear de Angra 2 –, o megawatt-hora caiu para R\$ 130,86,

bem mais baixo que o valor ofertado pelas usinas movidas a queima de bagaço de cana (R\$144,20) e pelas pequenas centrais hidrelétricas (R\$141,93).

**Alternativa energética** - Matéria publicada no caderno de Negócios do jornal *O Estado de S.Paulo* no dia 25 de outubro relata que é recente a efervescência no setor. “Tem pouco mais de um ano. Antes disso, o preço da energia eólica era inviável para a realidade brasileira. Mas os ventos mudaram e os projetos deixaram de fazer parte da ideologia dos ambientalistas para virar alternativa de abastecimento energético do país.” A mudança dos ventos trouxe em seu rastro empresas de todas as partes do mundo, como a argentina Impsa e a norte-americana General Electric, que já estão produzindo. Na disputa pelo mercado brasileiro estão ainda a espanhola Gamesa, a indiana Suzlon, a dinamarquesa Vestas e a alemã Siemens, além da francesa Als-

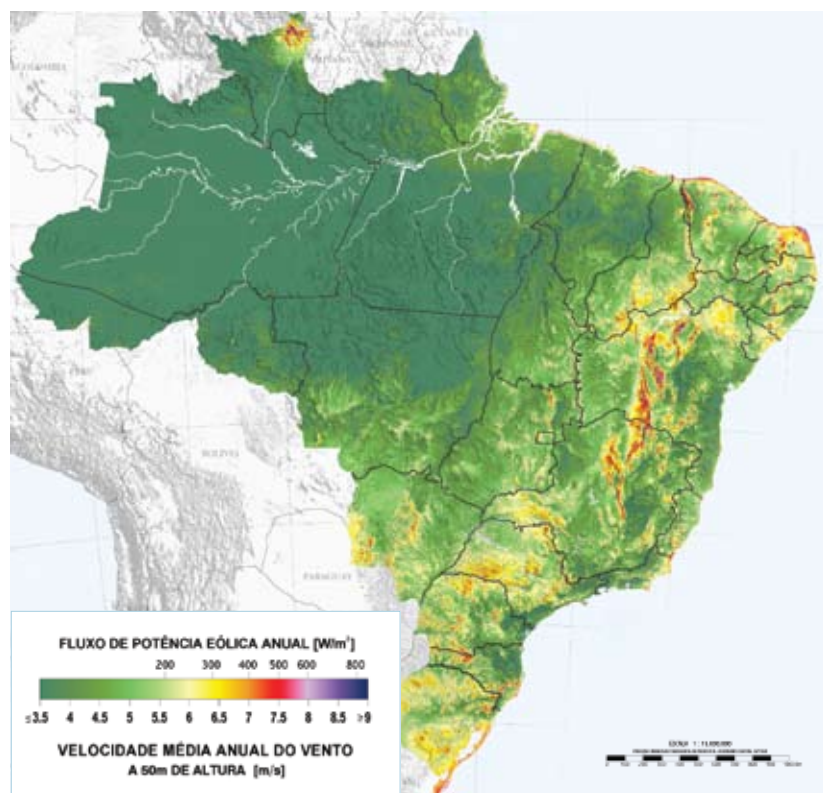
tom. Pioneira no Brasil, a Wobben de Sorocaba, com a tecnologia da alemã Enercon, continua a se manter entre as líderes de nosso mercado.

Embora tenha o maior parque eólico da América Latina e a sua capacidade instalada atual de 835 MW tenha aumentado em 15 vezes nos últimos 10 anos, os ventos ainda correspondem a menos de 1% da energia produzida no Brasil. No *ranking* dos países produtores, os Estados Unidos lideram com 35 gigawatts (GW) – ou 35 mil MW – de capacidade instalada. Na sequência vêm a China, com 26 GW, e a Alemanha, com 25,8 GW, segundo a Associação Mundial de Energia Eólica (WWEA, na sigla em inglês). Enquanto as fabricantes multinacionais dominam o fornecimento de máquinas para os projetos ganhadores dos leilões e respondem pelos maiores investimentos no país, nas universidades e centros de pesquisa brasileiros o foco de interesse é o desenvolvimento de aerogeradores ou geradores eólicos – equipamentos que formam um conjunto com as pás feitas normalmente de fibra de vidro e um gerador elétrico – de pequeno porte, apropriados para uso em comunidades isoladas, fazendas ou áreas sem acesso à energia convencional. Eles seguem a trilha aberta pelo engenheiro aeronáutico Bento Koike, da empresa Tecsis, de Sorocaba, no interior paulista, que também trabalhou no CTA e, ao sair, dedicou-se ao desenvolvimento de uma tecnologia própria para fabricação das pás dos aerogeradores, que hoje são um sucesso de mercado. Sua empresa chegou a fabricar cerca de 7 mil pás sob encomenda por ano, com comprimento de 40 a 50 metros, e tem contrato de fornecimento com a GE e outros fabricantes de peso do mercado mundial de aerogeradores.

**Pequenos no mercado** - Um dos projetos realizados por pequenas empresas iniciado em 2003 pela Eletrovento, que na época estava abrigada na Incubadora de Empresas de Base Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), resultou em dois geradores eólicos de baixa potência, um de 0,5 e outro de 2 quilowatts (kW), que estão prontos para serem comercializados. Máquinas capazes de transformar a energia cinética dos ventos em energia

## POTENCIAL EÓLICO DO BRASIL

Levantamento de 2001 mostra onde estão os melhores ventos







Em Osório, no Rio Grande do Sul, conjunto de três usinas produz 150 megawatts

elétrica, os aerogeradores são dotados de sensores que identificam a direção e a intensidade do vento e se ajustam para aproveitar o maior potencial em cada momento.

Os modelos mais populares são os horizontais de três pás, por apresentarem maior eficiência energética em decorrência da melhor distribuição das tensões diante das mudanças da direção do vento. A energia obtida pode ser transferida diretamente para a rede elétrica convencional ou utilizada em sistemas isolados. Coordenado pelo engenheiro eletrônico Cassiano Nucci Paes Cruz, o projeto apoiado pela FAPESP na modalidade Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) tinha como objetivo inicial o desenvolvimento de um aerogerador com capacidade instalada de 5 kW.

“Projetado com uma folga de eficiência, transformou-se em um aerogerador comercial de 7 kW, suficiente para suprir as necessidades energéticas de sete residências médias”, diz Cruz. No decorrer do projeto foram desenvolvidos os dois outros modelos de 0,5 e 2 kW que serão os primeiros a ser vendidos pela Eletrovento, que em fevereiro deste ano passou para o controle

## MODELOS HORIZONTAIS DE TRÊS PÁS APRESENTAM MAIOR EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

da empresa Everest, de Mairinque, no interior paulista, assim como a tecnologia desenvolvida por Cruz, em parceria com o engenheiro Rubens Luciano. “A tecnologia envolve desde a construção das pás de fibra de vidro até o controle eletrônico responsável pelos ajustes da máquina, capaz de se adaptar tanto às enormes variações de vento quanto à carga elétrica”, diz o pesquisador.

A quantidade de energia gerada depende das correntes de vento no local da instalação. “Com um vento médio de 6 metros por segundo, ou 22 quilômetros por hora, o gerador eólico de 0,5 quilowatt consegue produzir em torno

de 60 kWh por mês”, diz Carlos Pascoal Fernandes, diretor operacional da Eletrovento. A energia gerada dá para alimentar uma geladeira, uma televisão, antena parabólica, algumas lâmpadas e um computador, ou seja, suficiente para uma casa pequena, com poucos moradores. Para efeito de comparação, uma residência média brasileira consome em torno de 100 a 150 kWh por mês. “Já com o gerador de 2 quilowatts e a mesma quantidade de vento é possível produzir 250 kWh por mês.” Isso resulta em uma economia da ordem de R\$ 290,00 por mês na conta de consumo de energia. O preço de venda para o equipamento de 0,5 kW, que inclui torre, bateria e gerador, sem os custos de transporte e instalação, fica em torno de R\$ 17 mil e para o de 2 kW em R\$ 30 mil.

**Sistemas similares** - Outra empresa paulista, a Dynamis, também trabalha no desenvolvimento de um gerador eólico de médio porte, na faixa de 100 kW, com apoio da FAPESP, pelo Pipe, e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). “Em 2003 fizemos estudos prévios em parceria com o ITA para o desenvolvimento de geradores eólicos”, diz o engenheiro aeronáutico Luciano Tanz, que antes de se tornar empresário trabalhou na Embraer. Os estudos serviram de base para um projeto iniciado em 2006 pela empresa. “O aerogerador que estamos desenvolvendo tem cerca de 22 metros

de diâmetro, suficiente para fazer funcionar uma pequena indústria, uma fazenda grande ou até um vilarejo”, diz Tanz. A previsão é de que até o início de 2012 um protótipo do modelo esteja em operação. A escolha de geração de 100 kW é estratégica, segundo o pesquisador. “Os aerogeradores com potência abaixo de 50 kW não conseguem concorrer com o custo da energia que está no mercado”, diz Tanz. “Os de 100 kW têm mais espaço para competir.” Para o desenvolvimento do aerogerador a empresa se valeu da experiência obtida com a fabricação de um simulador de queda livre, um túnel de vento que gera um fluxo de alta velocidade capaz de equilibrar o peso de algumas pessoas, projeto iniciado em 2002 com apoio do Pipe. “As duas tecnologias utilizam sistemas similares”, diz Tanz.

“O mercado eólico mundial de aerogeradores de pequeno porte encontra-se em expansão com uma taxa de crescimento de 53% relativo a 2007 e uma capacidade de geração de 40 megawatts em 2008”, diz o professor Jorge Villar Alé, coordenador do Centro de Energia Eólica (CE-Eólica) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). Os 220 fabricantes espalhados pelo mundo venderam cerca de 19 mil unidades em 2008. “Um dos

## FABRICANTES VENDERAM 19 MIL AEROGERADORES DE PEQUENO PORTE EM 2008

principais empecilhos no auxílio que o nosso centro presta a fabricantes de aerogeradores de pequeno porte é que são empresas com poucos recursos para investir na realização dos ensaios exigidos pelas normas do mercado internacional”, diz Alé. “Quando as empresas tiverem incentivo governamental para fabricar seus aerogeradores, elas poderão aumentar seus investimentos na pesquisa para desenvolvimento de produtos com a melhor qualidade possível.” O professor cita como exemplo o projeto Minieólica da Espanha, que recebeu

€ 13 milhões do governo para pesquisa e desenvolvimento de aerogeradores. “O projeto envolve 30 instituições, públicas, privadas, centros de pesquisa e universidades, que se dedicam a aumentar a inserção nacional de aerogeradores de pequeno porte conectados à rede elétrica ou como sistemas isolados”, diz Alé.

**Testes cíclicos** - Entre os projetos desenvolvidos atualmente pelo CE-Eólica estão levantamento de ventos, incluindo medições com torres meteorológicas, tratamento estatístico dos dados obtidos e determinação do potencial eólico, além de suas melhores aplicações. Um dos projetos, com duração de cinco anos, é realizado em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para estudos de anemometria (medição da velocidade do vento) e aerogeradores de pequeno porte. Em outro estudo, uma bancada foi especialmente desenvolvida para realizar testes cíclicos de pás de geradores com até 3 metros de comprimento, o que corresponde à potência de 5 kW. O centro fechou uma parceria com a empresa Enersud, do Rio de Janeiro, para avaliação das primeiras pás fabricadas por ela.

Além das pás, a Enersud desenvolveu um equipamento eletrônico que possibilita a instalação das turbinas eólicas diretamente na rede, sem a necessidade de baterias, resultado de um convênio entre a empresa, a Universidade Federal do Ceará e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em parceria com as empresas catarinenses Milano, de Criciúma, e a Weg, de Jaraguá do Sul, desenvolveu um gerador eólico de 15 kW, batizado de Ventus, para atender pequenas comunidades. Um protótipo da torre eólica está instalado em um sítio no balneário Rincão, no município catarinense de Içara, desde 2009. Ele pode alimentar até 30 residências com consumo médio de 70 kWh por mês. No CE-Eólica também são estudados os modelos de aerogeradores de eixo vertical, que pela sua arquitetura podem ser utilizados em áreas urbanas, no alto de edifícios. “Fabricamos e testamos diversos protótipos de eixo vertical”, diz Alé.

EDUARDO CESAR



Aerogerador de pequeno porte produzido pela Eletrovento



**Turbinas instaladas em alto-mar na Dinamarca**

O Brasil tem 46 parques eólicos em operação atualmente – 38 no Nordeste e oito no Sul, que respondem pelos 835 MW de capacidade instalada. O maior produtor individual, o parque Praia Formosa da cidade de Camocim, no Ceará, tem 104 MW. Na região de Osório, a 100 quilômetros de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, os parques de Osório, dos Índios e Sangradouro têm capacidade instalada total de 150 MW. A potência gerada pelos três juntos seria suficiente para abastecer metade da necessidade de consumo de energia elétrica da cidade de Porto Alegre, que em 2009 possuía quase 1,5 milhão de habitantes.

Hoje já se sabe que o potencial estimado no *Atlas eólico* de 2001 é muito maior do que os 143 GW previstos.

## OS PROJETOS

1. Desenvolvimento de um aerogerador nacional de 5 kW - nº 2002/08008-6
2. Gerador eólico de médio porte com transmissão continuamente variável - nº 2005/04435-5

### MODALIDADE

1 e 2. Programa Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas

### COORDENADORES

1. Cassiano Nucci Paes Cruz - Eletrovento
2. Luciano Tanz - Dynamis

### INVESTIMENTO

1. R\$ 179.681,00 (FAPESP)
2. R\$ 181.596,05 (FAPESP)

Isso porque para esse cálculo só foram consideradas as áreas com ventos acima de 7 metros por segundo a 50 metros de altura – parâmetros avaliados como um limiar de atratividade técnica para um projeto começar a ser considerado interessante naquela época. “De todas as áreas mapeadas, só 20% foram consideradas aproveitáveis por conta de problemas ambientais, fundiários ou topográficos”, diz Camargo. Os 50 metros eram a base média das máquinas geradoras de energia eólica. Hoje elas têm 80, 100, 110 metros de altura. “Quando aumenta a altura, o potencial aumenta também, porque há mais vento.” Pelo critério utilizado na época, só a Região Sul do Brasil poderia gerar 22,8 GW. “Só que apenas os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, em área territorial, são maiores que a Alemanha, que já tem praticamente instalados 26 GW e ainda está crescendo”, diz Camargo. Como ambas têm ventos parecidos, já se sabe que o potencial da Região Sul é muito maior do que o inicialmente previsto. O interior da Bahia, próximo à região do rio São Francisco, assim como outras áreas do Nordeste também são promissoras para esses empreendimentos. Mas existe potencial aproveitável em todas as regiões do Brasil.

A Alemanha tem hoje duas Itaipus de energia eólica em capacidade ins-

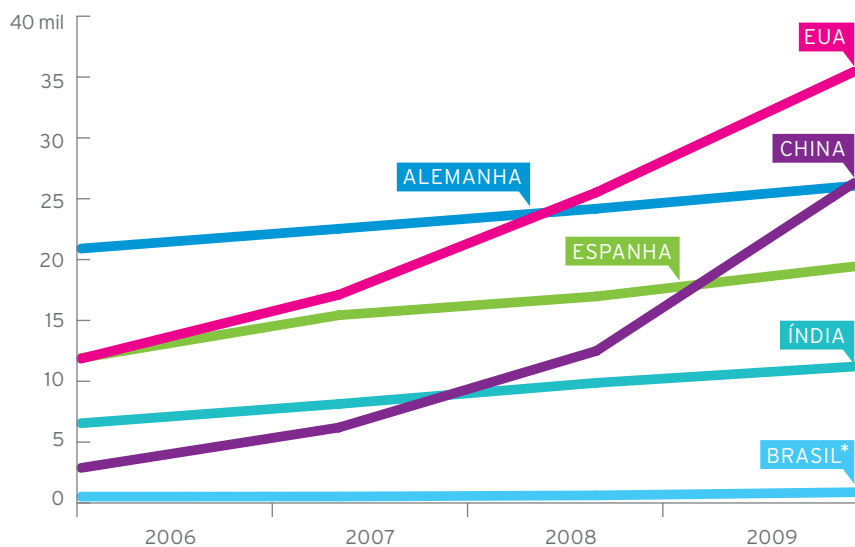
talada. “Lá o interesse por essa fonte energética surgiu depois do pânico geral causado pelo acidente nuclear de Chernobyl, na década de 1980”, diz Camargo. No Brasil, como consequência do racionamento de 2001, após o apagão causado pelo baixo volume de água nas hidrelétricas, o governo criou em 2002 o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), que resultou em um primeiro impulso para uso de biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e eólicas. A primeira grande compra de energia eólica pelo governo no Proinfa foi de 1.453 MW, em 2005. Depois disso, por meio do Programa Subvenção Econômica da Finep, o governo federal lançou dois editais que também contemplavam projetos para a área energética. No primeiro deles, em 2007, apenas dois projetos de energia eólica foram apresentados. Em 2009, o número saltou para 16, com propostas que abarcaram desde o desenvolvimento de equipamentos eletroeletrônicos aplicados à produção de energia eólica, apresentada pela Weg, de Santa Catarina, passando pelo desenvolvimento de torres, pela Seccionar Brasil, do Paraná, até a produção de aerogeradores de pequeno porte, pela Clamper, de Minas Gerais.

**Energias complementares** - Como os novos reservatórios de água do Brasil encontram-se distantes dos maiores mercados consumidores, as eólicas são vistas pelos especialistas como complementares às hidrelétricas. “As duas hidrelétricas em construção no rio Madeira, a de Santo Antônio e Girau, têm juntas 6.600 MW de potência, mas por praticamente não terem reservatório a quantidade de energia gerada na época da cheia e da vazante é completamente diferente”, diz Pedro Perrelli, diretor executivo da Associação Brasileira de Energia Eólica (Abeólica), que congrega 70 empresas da cadeia geradora. “O regime de chuvas na Amazônia que origina a cheia dos rios e o regime de ventos do Nordeste são complementares.” Isso porque os períodos de seca, quando os reservatórios das barragens estão nos seus níveis mais baixos, coincidem com o período de maior incidência e intensidade dos ventos no Nordeste.



## MERCADO EM ASCENSÃO

Aumento substancial da capacidade instalada em megawatts



\* 25/10/2010 - 835 MEGAWATTS | FONTES: ASSOCIAÇÃO MUNDIAL DE ENERGIA EÓLICA (WWEA)/ANEEL

Em artigo publicado no *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* em 2009, pesquisadores da Universidade Harvard estimaram um potencial de geração eólico 40 vezes maior do que a atual produção mundial de eletricidade. “A pesquisa aponta que o Brasil tem um potencial eólico equivalente a 25 vezes a capacidade atual de geração do país”, diz Alé. Esse cálculo não leva em consideração os impactos sociais, econômicos e ambientais. Esse é um ponto que deve ser considerado antes da instalação de um parque eólico, para evitar o que ocorreu em 2009 no Ceará, quando o Ministério Público Federal denunciou diversos problemas socioambientais, como devastação de dunas, aterramento de lagoas, interferência em aquíferos, destruição de moradias, assim como conflitos com comunidades de pescadores. “Todos os possíveis impactos ambientais devem ser estudados antes da implantação dos parques eólicos”, diz Alé. Colisões de aves e morte de morcegos, efeito de ruídos das máquinas, assim como efeitos de sombras e possíveis interferências eletromagnéticas, têm sido amplamente estudados por especialistas que trabalham com energia eólica.

## IMPACTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS TÊM DE SER AVALIADOS ANTES DA INSTALAÇÃO DE UM NOVO EMPREENDIMENTO

“Um problema que existe na Alemanha e em outros lugares, onde existem parques eólicos instalados próximos a áreas residenciais, é a sombra da pá girando que projeta um efeito de cintilação em algumas janelas das casas, que incomoda os moradores”, diz Camargo. A solução apontada pelo engenheiro é a colocação de um sensor que, em determinados pe-

ríodos do dia propícios a esse fenômeno, faria a máquina dar uma parada. “É um problema fácil de sanar”, diz. Em relação a colisões de pássaros, Camargo diz que antes as máquinas eram pequenas e por isso tinham um giro muito rápido, o que atrapalhava as aves. Hoje, mesmo na rotação máxima, as pás são bastante visíveis. “Houve uma grande redução na velocidade angular e as máquinas ficam a pelo menos 40 metros do chão.”

**Baixo impacto** - O Conselho Mundial de Energia Eólica (GWEC), em parceria com o Greenpeace, divulgou um levantamento mostrando que a energia eólica deverá atender 12% da demanda elétrica mundial em 2020 e poderá chegar a 22% em 2030. De acordo com o estudo, essa fonte terá participação estratégica na redução das emissões de gases estufa nos próximos anos. O interesse é tanto por essa energia renovável de baixo impacto que o gigante de buscas Google anunciou em outubro que investiria recursos em um projeto de US\$ 5 bilhões, que prevê a instalação de uma linha de transmissão de energia elétrica de 563 quilômetros que vai interligar usinas eólicas construídas no mar à costa leste dos Estados Unidos. As linhas de transmissão também são uma preocupação brasileira, mesmo com os parques eólicos construídos em terra firme ou próximos da costa. Tanto que a Abeólica pretende entregar ao governo federal até o final deste ano um estudo propondo a construção de uma grande linha de transmissão, com quase 1.000 quilômetros de comprimento, exclusiva para energia eólica. “Essa linha sairá de Pau Ferro, em Pernambuco, passará pela Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e terminará em São Luís, no Maranhão”, diz Perrelli. Para construir essa linha serão necessários cerca de R\$ 800 milhões. “Ela vai complementar a rede convencional e criar subestações em locais que estão hoje sobrecarregados.” O linhão, como está sendo chamado, também reduziria o custo de energia, como consequência da diminuição das distâncias entre os parques geradores e as linhas de transmissão. ■

Artigo científico

LU, X.; MCELROY, M.B.; KIVILUOMA, J. Global potential for wind-generated electricity. *PNAS*. v. 106, n. 27, p. 10.933-38. 22 jun. 2009.