

DECLARAÇÃO DE BELO HORIZONTE 2014

DESENVOLVIMENTO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS EM MINAS GERAIS E NO BRASIL
METAS E DIRETRIZES





DECLARAÇÃO DE BELO HORIZONTE 2014

Fórum Mineiro de Energia Renovável

DESENVOLVIMENTO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS EM MINAS GERAIS E NO BRASIL

Metas & Diretrizes

Belo Horizonte, 10 de Junho de 2015





Sumário

I – APRESENTAÇÃO.....	5
II - LEGADO DA DECLARAÇÃO DE BELO HORIZONTE 1994 DO FÓRUM PERMANENTE DE ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	7
III - DECLARAÇÃO DE BELO HORIZONTE 2014.....	11
IV - METAS 2024.....	12
V - DIRETRIZES PARA AS ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66



I – APRESENTAÇÃO

O Fórum Mineiro de Energia Renovável, realizado em Belo Horizonte nos dias 3 e 4 de junho de 2014, pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), órgão da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento sustentável (SEMAD), com apoio da Sociedade Mineira de Engenheiros (SME) e o Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) sintonizado com os acontecimentos internacionais, acompanhou o reconhecimento do Brasil como único país convidado para apresentar sua expertise em energias renováveis no Fórum Anual da Iniciativa Energia Sustentável para Todos (SE4All), que ocorreu na sede da Organização das Nações Unidas (ONU), em Nova York (EUA) no dia 6 de junho de 2014, tendo como objetivo principal o lançamento oficial da Década das Nações Unidas para Energia Sustentável para Todos (2014-2024).

Assim, o Fórum Mineiro de Energia Renovável integra-se às iniciativas da ONU para a década dedicada à Energia Sustentável para Todos.

O Brasil continuará na liderança da produção mundial de energia a partir de fontes renováveis nas próximas duas décadas, contando com a matriz eletroenergética que permitirá inspirar a outros países com as experiências bem-sucedidas nas áreas em foco pela Iniciativa da ONU, pelos seguintes fatos e resultados:

- O País vem buscando cumprir os compromissos assumidos na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio +20), assegurando, dentre outras ações estratégicas, uma matriz limpa, por meio do fomento à diversificação de fontes renováveis de energia, e do incremento da eficiência energética;
- Em consequência de outro compromisso assumido durante a Rio +20, a universalização do acesso à energia elétrica, atualmente, 99,5% da população do País já possui energia elétrica em suas residências. No final de 2013, o Programa Luz para Todos já havia atingido a marca de 15 milhões de beneficiados, gerando emprego e renda, e contribuindo para a permanência dos brasileiros no campo.
- A economia energética brasileira pode ser considerada de baixo carbono, pois 46% da matriz energética do País provem de fontes renováveis, entre elas a hidrelétrica e a biomassa. Por sua vez, na matriz elétrica, este número ultrapassa os 80%.





- Segundo o Plano Decenal de Expansão da Energia 2022, o planejamento energético nacional prevê que a participação relativa de fontes renováveis na capacidade instalada de geração elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) crescerá 2% nos próximos dez anos, passando de 83,8% em 2012 para 85,8% em 2022. Esse aumento se deve, em especial, ao crescimento do parque eólico do país, que saltará de 1,5% no final de 2012 para 9,5% em 2022. A capacidade instalada das usinas eólicas, hoje em torno de 1,8 mil megawatts (MW), subirá para 17,4 mil MW no decênio. O investimento no setor elétrico, até 2022, será de R\$ 269 bilhões: sendo 77% destinado à geração, e 23% à transmissão (EPE, 2014)

As decisões estratégicas, tomadas pelo Brasil, durante a crise mundial do petróleo na década de 1970, possibilitaram ao País ter, hoje, sua matriz eletroenergética em destaque internacional: exemplo de como explorar o potencial hidrelétrico do país; implantar um sistema de transmissão de grande extensão; desenvolver conhecimento e tecnologia nacional; e implementar um programa de biocombustível – etanol de cana-de-açúcar. Graças a isso, dispomos hoje de uma capacidade instalada de 128 mil MW, produzindo mais de 80% de sua energia por meio de fontes renováveis, bem como de um sistema de transmissão de alta tensão com 117 mil quilômetros de extensão, e cuja gestão é realizada dentro de critérios de sustentabilidade e segurança (PORTAL BRASIL, 2014).

O Brasil lidera ainda o desenvolvimento do maior programa de biomassa, com tecnologia 100% nacional, o Programa Nacional do Açúcar e do Álcool e, ainda, o Programa de Produção e Uso de Biodiesel, principal contribuinte, ao lado da hidroeletricidade, para a característica renovável da matriz energética do país. Mais recentemente, o projeto de biogás de aproveitamento dos gases de aterro de resíduos urbanos no Estado de São Paulo prosperou com o aproveitamento dos gases de dejetos de suínos e aves nos Estados de Santa Catarina e Paraná, cujo modelo de gestão e tecnologia está sendo exportado para outros países.

Os centros de pesquisa do setor elétrico (CEPEL), do setor sucroalcooleiro – CTC, do setor de petróleo e gás – CENPES e da EMBRAPA, em parceria com as empresas públicas, privadas e as universidades, promoveram o suporte técnico e tecnológico ao longo dos últimos 40 anos para assegurar os ganhos de produtividade e competitividade de toda a cadeia de suprimento do setor energético nacional.



II - LEGADO DA DECLARAÇÃO DE BELO HORIZONTE 1994 DO FÓRUM PERMANENTE DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

O encontro internacional, realizado na CEMIG em 1994, foi berço de valiosos debates que alicerçaram as diretrizes para o desenvolvimento das energias renováveis no Brasil e alinharam metas que foram cumpridas até 2005, inclusive fomentando a criação do pioneiro Fórum Permanente de Energias Renováveis, coordenado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia.

Inspirados por este encontro, governos federal, estaduais e municipais uniram esforços aos empresários e associações setoriais, além das instituições de ensino e pesquisa e compuseram exitosas políticas para o desenvolvimento do mercado de energias renováveis.

Hoje, na comemoração dos 20 anos da Declaração, celebramos também a posição de destaque mundial ocupada pelo Brasil na mensuração dos progressos obtidos no setor, como reflexo da competência, empreendedorismo e dedicação de seus especialistas e pesquisadores. Cabe ressaltar, que no ano seguinte à Declaração de BH, em 1995, o MCT apresentou a primeira chamada pública para projetos de energia renováveis na Amazônia, no âmbito do Programa Trópico Úmido e, em Minas Gerais, a CEMIG inaugurou a primeira usina eólica do Brasil e da América Latina, com 1MW de potência, no Morro do Camelinho.

Este movimento aglutinador conduziu à criação e fortalecimento dos centros nacionais de referência em energias renováveis, a saber: CRESESB CEPEL 1995, CBEE UFPE, CENBIO USP 1996, CERPCH UNIFEI 1998, GREEN SOLAR PUC MG, CENEH UNICAMP, CERBIO TECPAR, CBRefrigeração Solar UFCE, e o reconhecimento como rede de pesquisa do LABSOLAR UFSC, CBEólica PUCRS, CER UFPE, UFPA Sistemas Híbridos de Geração, UFACre, INFO HAB UFRJ. Há 23 anos dedicam-se a estudar o desenvolvimento do setor de energias renováveis, eólico, PCH, bioenergia e solar. Encontros subsequentes do Fórum Permanente de Energias Renováveis, coordenado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, sucederam a Declaração de Belo Horizonte 1994 dando origem às Declarações de Brasília 1995, São Paulo 1996, Recife 1998, e Itajubá 2004.

No âmbito das ações específicas empreendidas pelo Fórum Permanente de Energias Renováveis, cabe realçar o esforço e êxito na viabilização dos benefícios de política energética em favor de incentivos para a redução da tarifa de uso da Rede (TUSD) em pelo menos 50% às centrais de energias renováveis, com energia injetada





de até 30.000 kWh/h, que é regulado pelo Art. 26, § 1º, Lei n. 9427, aprovada em 1996.

Esse incentivo foi estendido para redução de 80% na geração distribuída solar, pela Resolução Normativa Aneel nº 482/2012, outro notório marco para o setor. Em 1996, o Ministro da Ciência e Tecnologia, José Israel Vargas, propôs acordo de cooperação ao Governo de Minas Gerais para apoiar o desenvolvimento da Alcoolquímica. O ano de 1997 consagrou-se pela formalização do Convenio CONFAZ 101/97 que isentou de ICMS e IPI equipamentos e sistemas de energias renováveis, meta almejada na primeira Declaração de Belo Horizonte em 1994. Este convênio assegurou a sustentabilidade do setor, tendo sido prorrogado, recentemente até 2022.

Estes fundamentais incentivos tributários, ICMS e IPI, tal como a Lei do Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia - PROINFA e as reduções de tarifas pelo uso do sistema de transmissão e distribuição de energia, são fatores relevantes no processo de desenvolvimento do setor de energias renováveis brasileiro, pelos estímulos ao investimento privado e à implantação de uma base tecnológica nacional capaz de suprir o setor com talentos, equipamentos, sistemas e serviços qualificados.

Exemplos de iniciativas bem sucedidas de políticas estaduais podem ser destacados no setor eólico: a implementação da Usina de Camelinho no estado de Minas Gerais e no estado do Ceará a Usina Eólica do Mucuripe instalada em 1996, a Usina da Taíba, em 1998, já em 1999 foi a vez da Usina de Prainha. Ou seja, quatro usinas na década de 1990.

Em 1998, a Lei do Petróleo criou o Conselho Nacional de Política Energética, que inovou nas suas atribuições ao destacar a promoção do desenvolvimento das energias renováveis no Brasil, através do primeiro fundo setorial administrado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. A seguir, em 1999, foi criado o PROEólica, com 1 GW de energia eólica, e o PRODENE SUDENE de 10 GW para o Nordeste brasileiro em 10 anos.

As ações do Fórum Permanente de Energias Renováveis ao definir diretrizes e orientar iniciativas criaram condições para fortalecimento institucional das Associações empresariais e científicas dedicadas às energias renováveis, entre as quais destacamos: o Departamento de Aquecimento Solar de Água da ABRAVA, ABEER, ABEAMA, ABEEólica. A Delegação Brasileira participou da criação da Associação Mundial de Energia Eólica que na volta ao Brasil criou a Associação Brasileira de Energia Eólica, com sede em Brasília, ainda em 1999. A partir do ano 2000, o Fórum trabalhou para viabilizar as ações de universalização dos serviços de eletricidade com



soluções tecnológicas de sistemas híbridos de energias renováveis, tendo sido criado o Programa Luz no Campo e a CDE – Conta de Desenvolvimento Energético, que tinha por finalidade principal viabilizar recursos para cobrir o custo marginal da expansão do aproveitamento das energias renováveis. Ademais, em 2002, foi aprovada no Congresso Nacional a Lei do PROINFA, que impulsionou com muito sucesso o aproveitamento do potencial eólico nacional, estimado em mais de 300 GW, com a consequente industrialização competitiva deste novo setor da economia, que até hoje garante o sucesso dos Leilões de Energia, constituindo-se na segunda alternativa energética mais competitiva do Brasil, depois das grandes usinas hidrelétricas.

Neste contexto, foi lançado por Portaria do MCT o Programa Nacional de Produção e Uso de Biocombustíveis e o Programa de Célula Combustível, a partir de combustível renovável. Em 14 de setembro de 2005, foi apresentada a proposta do Termo de Moção Energia Solar, pelo Fórum Nacional de Secretários de Estado para Assuntos de Energia ao CNPE Conselho Nacional de Política Energética, importante contribuição ao setor solar.

Cumprir destacar que os avanços de produtividade empresarial e competitividade na fabricação para suprir o setor eólico decorrem, principalmente, dos incentivos criados pela FINEP (Fundos Setoriais e de subvenção), recursos P&D Aneel e pelo BNDES que organizou o financiamento do setor de energias renováveis. A partir de 2011, o BNDES apresentou condições especiais para financiar o desenvolvimento de usinas de energias renováveis, inclusive solares, pelo Fundo Clima, com taxas bastante atrativas.

A complementaridade da energia solar, eólica, hídrica e bioeletricidade da cana-de-açúcar foi motivo de amplos estudos apresentados em 2012 e 2013 para o Governo, tendo sido objeto de debate público nos congressos internacionais ALL ABOUT ENERGY realizados em 2011, 2012 e 2013 em Fortaleza, na presença da Frente Parlamentar de Energias Alternativas e representantes de todo o Governo, BNDES, agência reguladora, EPE e FINEP.

A energia dos oceanos é ainda pouco explorada no Brasil, talvez devido ao amplo potencial para exploração de outras energias alternativas renováveis com tecnologias já disponíveis no Brasil. Entretanto, com a seca atual afetando nossos reservatórios e o empenho do governo na diversificação da nossa matriz energética, a energia obtida no oceano se apresenta como uma forte opção a ser introduzida na matriz energética brasileira. É importante salientar que é possível a aplicação de





diferentes tecnologias para a extração da energia do mar, sendo algumas delas também aplicáveis a rios:

- Energia hidrocínética gerada pelas correntes de marés;
- Energia gerada pelas ondas;
- Energia gerada através de barragens no mar;
- Energia gerada através do gradiente de salinidade e;
- Energia térmica do oceano (OTEC).

Guney e Kaygusuz (2010) indicam que o Brasil só dispõe de projetos relacionados ao aproveitamento das ondas, o que também foi mostrado em um relatório sobre energia marinha feito pela empresa Carbon Trust (2011) (Fig. 1). Um desses projetos piloto de aproveitamento da energia das ondas já se encontra em funcionamento no Porto de Pecém, no Ceará, e outro, que será implantado na Ilha Rasa, no Rio de Janeiro, está previsto para ser finalizado em 2015 (COPPE, 2013 e BEZUTTI, 2014). A energia obtida através das ondas e das correntes de marés, não requer o represamento da água e nem a construção de usinas, assim como também não consome nenhum tipo de combustível, o que torna esse tipo de energia mais barata e atrativa.

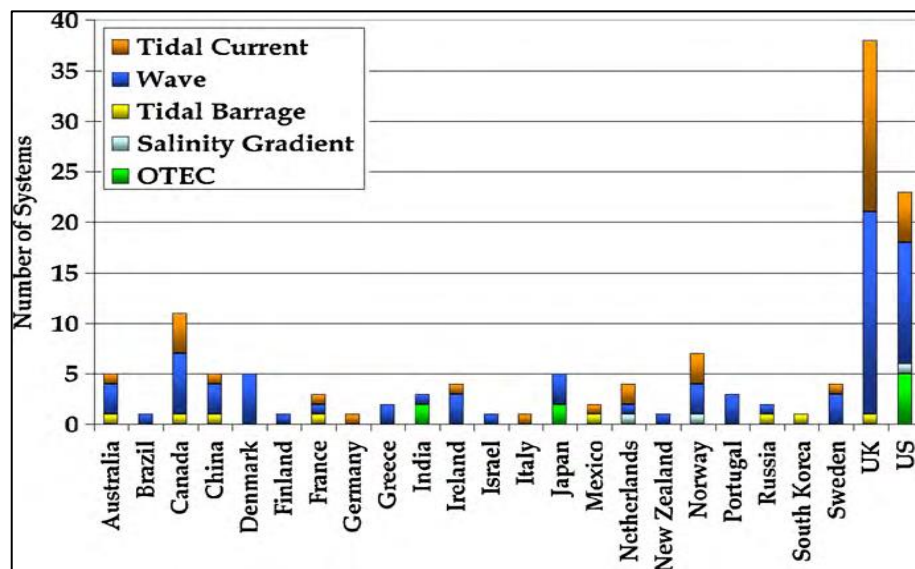


Figura 1 – Indicativo global das atividades para geração de energia dos oceanos em 2007. Fonte: Guney e Kaygusuz, 2010.



III - DECLARAÇÃO DE BELO HORIZONTE 2014

Fórum Mineiro de Energia Renovável

Destacamos a oportunidade que se oferece de sintonizar a Declaração de Belo Horizonte 2014 do Fórum Mineiro de Energia Renovável com as diretrizes e metas estabelecidas para a Década das Nações Unidas para Energia Sustentável para Todos (2014-2024), além do acompanhamento das ações específicas que tem sido conduzidas para o desenvolvimento de estudos e avaliações sobre:

- Potencial de geração da tecnologia hidrocínética em rios, aproveitando a expertise do CERPCH, UNIFEI Itajubá e do INPA;
- Tecnologias avançadas de SMART grid;
- Desenvolvimento competitivo do bioquerosene;
- Tecnologias e técnicas de adaptação às mudanças climáticas;
- Parcerias para a sustentabilidade;
- Aproveitamento energético de lixo urbano e biogás; e
- Políticas energéticas e industriais para o setor solar – fotovoltaica, heliotérmica e de aquecimento solar de água.

Além disso, o Fórum mineiro poderá estabelecer diretrizes para participar e incentivar as ações do Conselho de Competitividade de Energias Renováveis do Plano Brasil Maior, coordenado pelo MME e MDIC, podendo contar com as agências de fomento e desenvolvimento do Governo Federal – BNDES, FINEP, ABDI, ANEEL, ANA, ANTAQ, DNIT, que há três anos vem debatendo, entre outras ações estratégicas a flexibilização de conteúdo local para a energia solar; o desenvolvimento da cabotagem apropriada para a logística do setor eólico nacional e o fortalecimento do setor de bioenergia.

A nova Carta de Belo Horizonte 2014, +20 anos, que aqui se apresenta tem por finalidade incentivar a prosperidade sustentável da nação brasileira, principalmente por compor Plano de Ação do Fórum Mineiro de Energia Renovável.





IV - METAS 2024

Energia Solar Fotovoltaica

Os atlas associados ao mapeamento da disponibilidade de energia solar no Brasil indicam níveis de insolação variando de 4,25 a 5,50 kWh/m²/dia do país. Em comparação, na Alemanha estes índices variam entre 2,5 e 3,4 kWh/m²/dia e na Espanha de 3,3 a 5,1 kWh/m²/dia. Apesar dos dados favoráveis, há obstáculos importantes, como produção no setor incipiente e falta de infraestrutura adequada para a produção de equipamentos nacionais na escala necessária, devido ao alto custo e à falta de cadeia produtiva consolidada.

Em 2012, com intuito de promover o aproveitamento de energias renováveis foi regulamentada a geração distribuída de energia pela Resolução ANEEL nº 482 que estabeleceu o sistema de compensação de energia. Nesse sistema o produtor por meio de micro e minigeradores produz energia, consome parte e injeta o excedente na rede elétrica. Esta resolução está em consulta pública para ser revisada e possibilitar a otimização do número de projetos de geração distribuída em todo o território nacional.

Os setores comercial e industrial, que funcionam durante o dia tendem a ser os mais favorecidos, pois a geração de energia dos micro e minigeradores ocorre simultaneamente a demanda. Em 2014, Minas Gerais criou o Programa Mineiro de Energia Renovável que incentiva a produção de energia, a fabricação de equipamentos e a prestação de serviços no estado por meio de descontos no ICMS.

As sugestões a seguir visam gerar escala para o mercado de equipamentos e serviços no setor solar fotovoltaico possibilitando a formação de parque industrial e de serviços que dê sustentabilidade e competitividade a este segmento permitindo a inserção gradual na matriz energética brasileira. Diversas sugestões já têm sido contempladas em incentivos específicos, mas devem ser ampliadas para estimular o mercado nesta fase inicial.



METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Capacitação e investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação;

Induzir e acelerar curva de aprendizagem da tecnologia fotovoltaica no Brasil;

Aumentar a qualificação de recursos humanos;

Estabelecer leilões específicos ou por fonte regulares para: viabilização de demanda mínima para o desenvolvimento da cadeia produtiva;

Adoção de tarifa que favoreça o desenvolvimento da geração distribuída;

Criação de modelos de comercialização atraentes: redução de incertezas;

Criação de normas, padrões e regulação: ambiente seguro e claro para o investimento e para o desenvolvimento do segmento de instalação em níveis regionais.





Energia Solar Térmica

Para o caso de energia térmica de baixa temperatura (aquecimento solar), existem amplas possibilidades de uso. Neste caso, são necessárias políticas e incentivos para a indústria de produção de painéis de aquecimento solar, assim como para a aquisição pelo consumidor. É interessante um direcionamento de políticas para este segmento como, por exemplo, incentivos de adoção por parte dos cidadãos com desconto em impostos, como o IPTU, ou a criação de leis específicas para a obrigatoriedade de sistemas de aquecimento para construções.

Já para a energia térmica de alta temperatura, na forma de usinas termoelétricas solares, o Atlas Solarimétrico de Minas Gerais, editado pela Cemig em 2013, apresenta que apenas algumas regiões no Norte de Minas Gerais teriam real condição de competitividade para a implantação de empreendimentos desta natureza. Da mesma forma, é possível observar que no Brasil, existem apenas alguns pontos propícios a esse tipo de instalação.

No Brasil, esse tipo de tecnologia, apesar de comum em outras partes do mundo, necessita de investimentos para o desenvolvimento a fim de dominar a tecnologia e atingir o aprendizado para que se estabeleçam os custos de implantação e operação de forma competitiva. Além disso, se faz necessário uma política industrial de forma a capacitar o fornecimento de bens e serviços para o segmento.

METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA SOLAR TÉRMICA

- Incentivar e melhorar linhas/programas de financiamento a um custo adequado;
- Aumentar a produção industrial de componentes e desenvolvimento tecnológico;
- Aumentar a eficiência dos equipamentos já produzidos no país;
- Aumentar a qualificação de recursos humanos.



ENERGIA EÓLICA

O Atlas Eólico do Brasil, editado em 2001, utilizou nas medições torres de 50 metros e foi estimado um potencial eólico no Brasil de 143 GW. Considerando o estágio tecnológico da fabricação nacional de desenvolvimento de equipamento desta tecnologia (torres e geradores), a atualização deste potencial poderia resultar em uma elevação significativa, já estimada da ordem de 300 GW para medições de 100 metros de altura.

Um bom exemplo é demonstrado pelo Atlas Eólico do Estado de Minas Gerais, que em 2009 apresentou um potencial de 40 GW em torres de 75 m, contra um potencial de 10 GW, previstos no atlas nacional de 2001.

Atualmente, as torres têm atingido alturas de 120 metros e os geradores de maior capacidade na faixa de 2 a 7 MW.

METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA EÓLICA

Melhorar a logística e transporte, principalmente considerando-se o aproveitamento de potenciais no interior do país;

Melhorar a sustentabilidade e o adensamento da cadeia produtiva;

Melhorar as linhas de financiamento de forma a atenuar os custos de implantação e o tempo de retorno de investimento;

Aumentar a capacitação no setor;

Ampliar o fomento e os investimentos em inovação tecnológica.





ENERGIA HIDRÁULICA

As questões sociais e ambientais têm levado ao abandono de grandes instalações hidrelétricas e também reduzido o uso de reservatórios. Tal situação tem como consequência natural a diminuição da flexibilidade de operação do sistema. Os grandes empreendimentos tem localização em áreas de planície e principalmente na região amazônica. Percebe-se pelas experiências das Usinas de Belo Monte, Santo Antônio e Jirau que no futuro haverá resistência quanto a novos empreendimentos.

Entretanto, se faz necessário reconhecer os benefícios da energia hídrica, que é responsável pela excelente posição do Brasil quanto ao uso de energia renovável. Atualmente, tornam-se crescentes as discussões técnicas e comerciais em relação às usinas reversíveis no Brasil, realizadas pelos órgãos e empresas governamentais, fabricantes, concessionárias, agências reguladores e universidades.

Usinas hidrelétricas reversíveis são aquelas que utilizam turbinas/bombas e normalmente têm um reservatório a montante e outro de menores dimensões a jusante da casa de força. Elas podem gerar energia elétrica turbinando a água do reservatório superior para o inferior nos períodos de maiores demandas. Da mesma forma, são capazes de retornar a água que já foi turbinada através do bombeamento inverso do reservatório inferior para o superior sempre que houver disponibilidade de energia no sistema, por exemplo, durante a madrugada, estocando-a para novamente ser turbinada quando necessário. Essas usinas são importantes para a regulação do sistema elétrico interligado, principalmente quando houver variações de cargas advindas da geração eólica, solar, nuclear e das hidrelétricas a fio d'água, servindo para estocar energia para os períodos mais críticos de demanda e podendo substituir parte da geração termelétrica a diesel na ponta.

METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA HIDRÁULICA

Assimetria nos incentivos fiscais, principalmente com a fonte eólica, que possui isenção de alguns impostos para equipamentos;

Manutenção da cadeia produtiva;

Aumentar o financiamento do setor;



Aumento do preço em R\$/MWh, visto os benefícios ambientais e globais proporcionados pela fonte;

Leilões por fonte e regionalizados com reconhecimentos no preço das externalidades positivas das PCHs;

Estudos sobre usinas hidrelétricas reversíveis;

Melhorar a forma de lidar com as consequências das reduções na capacidade de armazenamento e regularização;

Otimizar o aproveitamento energético com sistemas híbridos, hidro, eólico e solar.





ENERGIA GEOTÉRMICA

Devido à ausência de atividades tectono-magmáticas por um longo período, o país vivencia um fluxo térmico estacionário. Essa condição propicia a ocorrência de fluxos termais de baixa entalpia que, nesse caso, são apropriados para fins recreativos. O país já possui diversos balneários representados por cidades turísticas como Caldas Novas (GO). Entretanto, as condições térmicas encontradas no país são em grande parte inadequadas para a produção de eletricidade considerando os custos e as tecnologias atuais, pois haveria a necessidade de perfuração de poços mais profundos para que áreas de fluxo térmico mais intenso fossem atingidas, o que acarretaria em elevação proibitiva dos custos deste tipo de produção de eletricidade.

Estudos sobre avaliações de fluxo geotérmico realizados por Alexandrino (2008) em território mineiro apresentam maior excesso de temperatura na Bacia do São Francisco, no Triângulo Mineiro e pequenos trechos na região Sul e Sudeste do estado que apontam temperaturas entre 150°C e 180°C, que de acordo com Muffer e Cataldi (1978) são classificados como recursos térmicos de alta entalpia, que segundo Lindal (1973) são regiões propícias a produção de energia elétrica por meio de métodos convencionais.

Ainda segundo Alexandrino (2008) como as centrais geotérmicas funcionam continuamente, sem se submeterem a condições meteorológicas e por ocuparem áreas relativamente pequenas, se comparadas às centrais hidrelétricas, é possível o uso da energia geotérmica na produção de energia elétrica em regiões isoladas do estado, como por exemplo, pequenos povoados, que estejam contidos nas áreas apontadas como de média e alta entalpia.

METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA GEOTÉRMICA

Fomentar os estudos e pesquisas para o inventário do potencial geotérmico;

Levantamento das tecnologias comerciais disponíveis, para desenvolvimento e inovação tecnológica no País;

Capacitação de competências nesta área.



BIOENERGIA E RESÍDUOS

O Brasil possui um potencial de produção de eletricidade a partir de resíduos da ordem de 27 GW, originário de diversos tipos de materiais, principalmente agrosilvopastoris e resíduos sólidos urbanos. Evidentemente, os principais resíduos são da indústria sucroenergética (bagaço de cana e vinhaça).

Uma grande questão é que o uso da biomassa/resíduos para energia compete com outros usos, conforme apresentado nas rotas dos estudos da chamada Biorrefinaria. Qualquer uma destas rotas exigirá um preço teto nos leilões superior àqueles atualmente praticados.

METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL BIOENERGIA

Realização de leilões por fonte ou submercado;

Reconhecimento das externalidades na precipitação nos leilões;

Diminuição dos custos associados ao projeto: conexão, encargos/tributos e financiamento;

Aprimoramento regulatório associado à fonte;

Redução de custos de implantação, operação, manutenção e financiamento;

Promover tecnologias para assegurar ganhos de eficiência e produtividade;

Desenvolvimento e difusão de novas tecnologias.





ENERGIA CINÉTICA DE RIOS

O interesse pelas turbinas de água corrente, também chamadas de hidrocínéticas ou turbinas “in-stream”, tem crescido em muitas partes do mundo. As turbinas hidrocínéticas podem ser utilizadas para fins de geração de energia, principalmente nas correntes de marés e de rio. Estas turbinas geram energia a partir da energia cinética de um fluxo de água, sem a utilização de uma represa ou de uma barragem e, conseqüentemente, não é preciso interferir no curso natural dos rios (VAN ELS et al, 2010 e GUNEY, 2011).

Turbinas hidrocínéticas podem ser instaladas em qualquer fluxo com velocidade superior a 0,5 m/s (THROPTON ENERGY, 2010). Devido ao baixo investimento e custos operacionais, as turbinas hidrocínéticas prometem ser rentáveis em comparação com outras tecnologias. O fornecimento contínuo de energia elétrica é uma grande vantagem em comparação com a energia solar ou eólica (SORNES, 2010).

Turbinas hidrocínéticas de pequena escala prometem ser uma solução para o fornecimento de energia em áreas remotas ou um substituto de baixo custo dos geradores a diesel. Devido ao custo relativamente baixo e a durabilidade dessas turbinas, os países em desenvolvimento podem produzir e implementar a tecnologia para fornecer a eletricidade necessária para pequenas comunidades e aldeias (SORNES, 2010 e ALTERNATIVE ENERGY, 2010). Tais ideias já começaram a ser apresentadas para a Amazônia, mais diretamente ligadas à comunidade de São Sebastião (CRUZ, 2003) e na bacia hidrográfica do rio Maracá no Amapá (SOUZA et al., 2010) onde as questões relacionadas com o alto custo de geração, transmissão e distribuição de energia hidrelétrica inviabilizam iniciativas de atendimento às necessidades energéticas de pequena escala, deixando desprovidas de abastecimento populações rurais e/ou de pequena escala extrativista, isoladas geograficamente dos grandes centros urbanos (GREENTEC, 2003). Entretanto, os desafios para o desenvolvimento de uma indústria hidrocínética incluem:

- Determinar a viabilidade tecnológica, operacional e econômica das turbinas hidrocínéticas;
- Atender aos requisitos de licenciamento;
- Obter a aceitação das partes interessadas.

A tecnologia hidrocínética pode ser afetada por detritos, sedimentos, gelo de superfície e dinâmica fluvial (turbulência, velocidade de corrente e estabilidade do



canal) (JOHNSON e PRIDE, 2010). Além disso, deve-se considerar o efeito das operações das turbinas sobre os peixes e mamíferos e sobre seu habitat. A questão dos impactos de operação da turbina no ambiente aquático é uma das principais questões que determinarão a aceitação das partes interessadas e das agências de licenciamento em relação a esta nova tecnologia.

METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA CINÉTICA DE RIOS

Diretriz de longo prazo para fomento ao desenvolvimento tecnológico do aproveitamento da energia hidrocinética no Brasil;

Avaliação do potencial de energia hidrocinética disponível nos rios;

Estudo de Impactos Ambientais;

Regulamentação do licenciamento ambiental;

Projeto, construção e teste de turbinas piloto;

Estudo da Viabilidade socioeconômica.





ENERGIA DE CÉLULAS COMBUSTÍVEIS

A tecnologia das células a combustível consiste em dispositivos que transformam energia química em energia elétrica sem causar danos ao ambiente. Essa geração limpa de energia elétrica vem ganhando espaço para uso em veículos e estações geradoras de energia em residências, hospitais e pequenas indústrias. É verificado ainda, um custo elevado para esta alternativa de geração utilizando como combustível o hidrogênio produzido fora do horário de ponta por processo eletrolítico, entretanto o custo desta tecnologia tende a cair rapidamente. Por outro lado, é necessário considerar as vantagens que esta tecnologia traz em questões ambientais e sociais.

METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL

ENERGIA DE CÉLULAS COMBUSTÍVEIS

Desenvolver mecanismos para ampliar os investimentos em pesquisa e projetos;

Diretriz de curto prazo para a introdução da energia de células de combustível no Brasil, como o uso em frotas de ônibus.



COMPETITIVIDADE E PRODUTIVIDADE: APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

No Brasil, o megawatt-hora (MWh) proveniente da energia eólica foi contratado por R\$ 129,97 no leilão realizado no dia 6 de junho de 2014 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), valor 30% mais baixo do que os R\$ 184,65 alcançados no primeiro leilão, em 2009. É uma energia que já se encontra mais barata do que a gerada pelas pequenas centrais hidrelétricas - PCH (R\$ 161,56) ou nas centrais processadoras de bagaço de cana (R\$ 174,83), óleo combustível (R\$ 192,52) e óleo diesel (R\$ 203,59). A redução de custos deveu-se principalmente à instalação no Brasil de fábricas de aerogeradores e pás e ao desenvolvimento de equipamentos mais potentes, às condições de financiamento do BNDES e à política do FINAME, além das políticas de incentivos tributários. O Relatório da Agência Internacional de Energia (AIE) mostra que 80% dos investimentos em energia na Europa nos últimos 10 anos foram para fontes renováveis, 60% dos quais só para energia eólica e solar fotovoltaica. Independentemente dos problemas de suprimento, o aproveitamento de energias renováveis de maneira eficiente é uma questão de segurança energética e sustentabilidade, pois aliadas a outras fontes geradas localmente, as energias eólica e solar podem ajudar a reduzir a dependência brasileira na importação de combustíveis. A energia do bagaço da cana-de-açúcar tem sido subutilizada e pode funcionar como alternativa para as usinas saírem da crise. O panorama da bioeletricidade no ano de 2013 não divergiu do observado em 2012, informa a "Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis"; a inserção da bioeletricidade no portfólio de atividades das usinas é um fator de grande importância, mas para ganhar competitividade, é preciso que haja mais eficiência das caldeiras. Além disto, a venda de eletricidade responde por cerca de 5% do faturamento da empresa. Em 2013, apenas 1,9 GW de energia suficiente para abastecer 2 milhões de casas foi colocado no sistema. O potencial da biomassa da cana é de 6,8 GW, ou seja, 72% do que poderia ser usado é desprezado nas usinas. Em 2020, o potencial de cogeração pode chegar a 20,88GW. A energia do bagaço de cana pode reduzir transtornos em períodos de chuvas, quando a energia produzida pelas hidrelétricas é insuficiente e o governo recorre às termelétricas. Estima-se que cada 1 GW de potência instalada em cogeração de resíduos de cana economize até 4% da água nas represas da região Sul e Sudeste (FOLHA DE SÃO PAULO, 2014).





EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O Brasil, líder no projeto global que criou a principal norma de eficiência energética, abandonou o programa poucos anos após o seu lançamento. Em 2011, um comitê dirigido pelos Estados Unidos e Brasil criou a norma ISO 50001 a pedido da Organização das Nações Unidas, a fim de melhorar a eficiência energética de empresas e reduzir a emissão de poluentes. Entende-se que, futuramente, a ISO 50001 poderá ser utilizada como instrumento político em discussões multilaterais sobre emissões de carbono. A adoção dessas normas pode ser utilizada como base em uma avaliação internacional. Quem estiver na frente, poderá receber privilégios. Além da certificação, o comitê também criou metas para os governos trabalharem junto às empresas. Entre elas, a criação de programas de conscientização do uso da energia e o treinamento de consultores para a implementação da norma. A Eletrobrás é a responsável pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), e reafirma que a norma é importante, mas reconhece que não há incentivos para as empresas buscarem a certificação. Nenhuma das metas estabelecidas pelo PROCEL está sendo trabalhada atualmente no país. Para evitar esse tipo de reclamação, a União Europeia negociou com os países a adoção de incentivos fiscais. Isso levou a Europa a ser a líder em certificações. Reconhece-se que no Brasil é preciso uma motivação com políticas de incentivo do governo para renovar o parque fabril (FOLHA DE SÃO PAULO, 2014).

A Lei 9991/1999 que dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética, determina que as concessionárias de energia elétrica apliquem 1% da receita operacional líquida em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (P&D) e Projetos de Eficiência Energética (PEE). Especificamente quanto à eficiência energética, os recursos encontram-se disponíveis nas Concessionárias de Energia ou nas Empresas ESCO (Empresa de Serviços de Conservação de Energia) que no caso de Minas Gerais é a Empresa Efficientia (subsidiária da Cemig). Este recurso é sujeito a regras determinadas pela Aneel, mas que de maneira geral devem ter uma relação de custo benefício favorável, devendo pagar o investimento realizado. Essa fonte de recursos é interessante e merece ser mais divulgada e avaliada pelas empresas. O Programa de Eficiência Energética também financia ações voltadas para a população de baixa renda, como a substituição de lâmpadas e geladeira que, contudo, é realizado exclusivamente pelas concessionárias de energia.



COGERAÇÃO

O modelo do Setor Elétrico brasileiro carece de ajustes, não somente pelo atual momento, mas pelo perfil da nossa matriz, cada vez mais com usinas hidrelétricas a fio d'água (sem reservatório) e termelétricas operando o tempo inteiro, tudo muito distante dos centros de demanda. As fontes renováveis, como biomassa, energias eólica e solar, terão sempre papel importante, mas há espaço para outras alternativas.

A cogeração é a produção simultânea de mais formas de energia a partir de um único combustível. A cogeração permite um uso mais eficiente do gás como alternativa complementar às energias renováveis. Em geral, está implantada junto aos centros de demanda, nas áreas da rede de distribuição das regiões metropolitanas, gerando redução de investimentos e de custos em transmissão e distribuição, e reduzindo as perdas técnicas, proporcionando diversidade da matriz, com qualidade e confiabilidade (ROSA, 2014).

A cogeração deverá avançar com os aumentos na conta de luz realizados a partir de 2015, as tarifas tiveram aumento de até 60%. Os projetos de cogeração passam a ser considerados pela indústria como sendo de segurança energética, pois poderão garantir confiabilidade para aqueles que apostam agora no investimento e poderão ter tranquilidade em momentos de crise. Este tipo de geração se enquadra em ações financiadas por programas de eficiência energética.

Faltam políticas de incentivo à cogeração e reavaliação da regulamentação para promover a ampliação da oferta de gás no médio e longo prazo.

Atualmente, a Aneel coloca em consulta pública normas para a venda de energia da cogeração, visando alterar uma resolução que vai viabilizar a exportação/venda de energia a partir das plantas de cogeração existentes no país para as redes das distribuidoras. As concessionárias de gás solicitam a redução ou isenção da alíquota do IPI para compra de equipamentos; ainda poder-se-ia aliviar os centros de carga das capitais pela redução ou isenção da alíquota de ICMS especificamente para esse gás natural, assim como a redução da alíquota de ISS para serviços de instalação de centrais de cogeração.

Segundo o Ministério de Minas e Energia, a expectativa é que a autoprodução de energia elétrica (a maioria por cogeração) cresça 8,8% ao ano até 2022 (ROSA, 2014).

Se todo o potencial da cogeração (autoprodução) de energia elétrica a partir do gás natural estivesse sendo aproveitado somente no Rio e em São Paulo, cerca de R\$ 5 bilhões por ano estariam sendo economizados com a redução do uso das usinas





térmicas, que operam a plena carga devido ao baixo nível dos reservatórios. Hoje, a economia é de R\$ 2,5 bilhões por ano — ou R\$ 7 milhões por dia —, já que existem apenas 74 plantas de cogeração a gás no país em operação, que consomem 2,4 milhões de metros cúbicos por dia, gerando cerca de 450 Megawatts (MW) médios.

Além de gerar energia elétrica, o sistema de cogeração permite canalizar o vapor da queima do gás, gerando calor, usado em geral pelas fábricas, ou produzindo água fria, para climatização, capaz de exercer papel fundamental para aliviar os gastos do governo com o atual nó do setor elétrico.

Na lista de reivindicações do setor, está a falta de incentivos tributários para a compra de equipamentos, como já ocorre para a aquisição nas térmicas, e a restrição técnica e regulatória para vender a energia excedente, que é gerada no processo para as distribuidoras. Se houvesse maior geração elétrica a partir do gás pelas próprias empresas, haveria menor necessidade de importação pela Petrobrás do gás natural liquefeito (GNL), cujos preços estão no maior patamar, desde 2008, no mercado internacional, entre US\$ 17 e US\$ 18 por milhão de BTU (unidade internacional do gás). Entre janeiro e março de 2014, as compras de GNL pela estatal somaram 18,8 milhões de metros cúbicos por dia, alta de 47% em relação ao último trimestre de 2013.

Apesar da importância e do papel que a cogeração pode exercer no atual cenário energético, ressalta-se que o ponto de maior importância para o desenvolvimento da auto geração é o consumo preferencial do gás pelas térmicas. Para a indústria, esse tipo de preferência pode acarretar problemas pontuais de oferta de gás. A falta de um planejamento no uso do gás tem impedido novos investimentos fabris, uma vez que não se sabe qual será a oferta de gás ao mercado a médio e longo prazos.

Nos EUA, o investimento em cogeração começou após o segundo choque do petróleo (1979) por incentivo do próprio governo, cujo cronograma de investimentos prevê expansão de cogeração de 40GW (mais de dez vezes o mercado de SP) até 2020. Ainda segundo Rosa (2014), a partir de 2016 haverá aumento de oferta de gás por conta da produção do pré-sal. Segundo a PPSA, estatal que vai gerir os contratos de partilha do pré-sal, só as reservas de gás na área de Libra, na Bacia de Santos, são estimadas entre 314 bilhões e 470 bilhões de metros cúbicos. A reserva provada hoje da Petrobras é de 426 bilhões de metros cúbicos.



CIDADES SUSTENTÁVEIS

Cidades sustentáveis são cidades que possuem políticas de desenvolvimento pautada em três eixos: economicamente viáveis, socialmente justas e ambientalmente corretas, e que funciona através de um processo holístico visando manter e restaurar a harmonia entre os ambientes natural e construído.

As características de cidades sustentáveis permeiam por produção e consumo sustentáveis, maior uso de energias renováveis, projetos de melhoria da eficiência energética de sistemas, planejamento urbano eficiente, gestão de resíduos eficaz e participativa, preocupação com a qualidade da água e o saneamento oferecido à população, além de benefícios difusos como projetos de educação socioambientais.

A questão central é proporcionar serviços iguais ou superiores para atender aos requisitos básicos e às aspirações para melhoria da qualidade de vida, tanto da geração atual como das futuras, reduzindo continuamente os danos ao meio ambiente e os riscos à saúde (AMARO, 2012).

No contexto de uso de energia renovável em cidades sustentáveis podemos citar: aproveitamento do biogás de aterro e outros, energia solar, eólica, hidráulica, biomassa, geotérmica e maremotriz.

A utilização desse tipo de energia em detrimento da energia de fonte fóssil diminui a poluição local, e o aquecimento global. Dentro da tônica de se pensar hoje uma cidade melhor para amanhã, deve-se prever ações destinadas a conscientização do consumidor visando sua participação efetiva na concretização das políticas de fortalecimento das energias renováveis na matriz energética brasileira.

Assim, destaca-se a iniciativa da ABEEÓLICA e da ABRAGEL, em parceria com o Instituto Totum que lançaram o Certificado e o Selo de Energia Renovável provenientes das fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas. O Certificado de Energia Renovável consiste na certificação de empreendimentos de geração de energia renovável que cumpram requisitos pré-estabelecidos levando em consideração aspectos ambientais e socioeconômicos. Já o Selo de Energia Renovável é adquirido por consumidores que fazem uso dessa energia certificada, como forma de diferenciar seu consumo, produtos e serviços (ENERGIA RENOVÁVEL, 2014).





METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL CIDADES SUSTENTÁVEIS

Ações efetivas voltadas para a diminuição da emissão de gases do efeito estufa, visando o combate ao aquecimento global;

O planejamento urbano deve ser produto de políticas que proporcionem o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, priorizem os modos coletivos e não motorizados de transporte, eliminem ou reduzam a segregação espacial, contribuam para a inclusão social, utilizem energia renovável e favoreçam a sustentabilidade ambiental;

Adoção de práticas voltadas para o consumo consciente da população e desenvolvimento sustentável;

Criação de sistemas eficientes voltados para a coleta e reciclagem de lixo;

Ações que visem o uso racional da água e seu reaproveitamento e programas que visem a melhoria da saúde da população;

Programas voltados para a arborização das ruas e espaços públicos voltados para melhoria da qualidade de vida, lazer da população e educação ambiental.



GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

O sistema elétrico brasileiro está estruturado de forma centralizada, em grandes usinas, e essa energia é transmitida por extensas linhas de transmissão até os centros de consumo. Em contraponto a esse modelo de geração e consumo de energia elétrica, há o conceito de Geração Distribuída (GD), que pode ser definida como o uso integrado ou isolado de recursos modulares de pequeno porte por concessionárias, consumidores e terceiros em aplicações que beneficiam o sistema elétrico e ou consumidores específicos.

A GD oferece inúmeras vantagens ao setor elétrico, visto que a disposição da unidade de geração próxima à carga permite a diminuição das perdas associadas ao transporte de energia elétrica, além de uma maior diversificação das tecnologias empregadas para produção de energia, e assim sua escolha pode ser realizada em função dos requerimentos específicos da carga ou da disponibilidade dos recursos energéticos locais.

A geração elétrica perto do consumidor chegou a ser a regra na primeira metade do século 20, quando a energia industrial era praticamente toda gerada localmente. A partir da década de 40, no entanto, a geração em centrais de grande porte ficou mais barata, reduzindo o interesse dos consumidores pela GD e, como consequência, o desenvolvimento tecnológico para incentivar esse tipo de geração também parou. As crises do petróleo introduziram fatores perturbadores que mudaram irreversivelmente este panorama, revelando a importância, por exemplo, da economia de escopo obtida na cogeração. O crescimento da GD nos próximos anos parece inexorável e alguns autores fazem uma analogia com o crescimento do microcomputador com relação aos grandes computadores centrais ("main frames") (INEE, 2014).

Dentre as fontes de energia renovável mais atraentes para a geração distribuída destaca-se a geração solar fotovoltaica em telhados residenciais. Segundo a EPE (2014) o potencial fotovoltaico no Brasil está na ordem de 32.820 MW médios e a geração de energia de 284.505 GWh/ano. Minas Gerais ocupa o 2º lugar no potencial por estado, na ordem de 3.675 MW médios e a geração de 32.193 GWh/ano, conforme Tabela 1.





Tabela 1- Potencial Técnico Fotovoltaico Residencial

UF	Potencial Fotovoltaico Residencial (MW médios)	Potencial Fotovoltaico Residencial (GWh/ano)	Consumo Residencial Anual 2013 (GWh)	Potencial Fotovoltaico/Consumo Residencial
São Paulo	7.100	62.196	38.783	160%
Minas Gerais	3.675	32.193	10.118	318%
Rio de Janeiro	2.685	23.521	12.833	183%
Bahia	2.360	20.674	6.144	337%
Rio Grande do Sul	1.970	17.257	7.750	223%
Paraná	1.960	17.170	6.986	246%
Ceará	1.430	12.527	3.751	334%
Pernambuco	1.410	12.352	4.563	271%
Goiás	1.220	10.687	3.958	270%
Santa Catarina	1.075	9.417	4.935	191%
Maranhão	1.020	8.935	2.563	349%
Pará	1.020	8.935	2.632	339%
Paraíba	655	5.738	1.603	358%
Espírito Santo	595	5.212	2.213	236%
Mato Grosso	570	4.993	2.182	229%
Rio Grande do Norte	555	4.862	1.805	269%
Piauí	555	4.862	1.328	366%
Mato Grosso do Sul	505	4.424	1.571	282%
Alagoas	505	4.424	1.227	361%
Amazonas	420	3.679	1.784	206%
Distrito Federal	410	3.592	2.191	164%
Sergipe	350	3.066	979	313%
Rondônia	265	2.321	1.084	214%
Tocantins	255	2.234	695	321%
Acre	110	964	373	258%
Amapá	80	701	500	140%
Roraima	65	569	345	165%
BRASIL	32.820	287.505	124.896	230%

Fonte: Elaboração própria com dados de EPE/GIZ, 2012 e SIMPLES/EPE.

Ainda, segundo a EPE (2014), considerando todo o país, o potencial é 2,3 vezes maior que o consumo. Este estudo demonstra que a área não é um fator limitante para a massiva inserção de sistemas fotovoltaicos distribuídos no país. Adicionalmente, o incremento futuro do número de domicílios e o desenvolvimento tecnológico dos sistemas fotovoltaicos devem elevar o potencial estimado.



METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Fomentar a implantação da Geração Distribuída em larga escala como uma ferramenta de estratégia importante, no incentivo ao uso de recursos renováveis disponíveis localmente ou mesmo na concepção de medidas de eficiência energética;

Em termos ambientais, na utilização da GD, os recursos energéticos distribuídos podem e devem contribuir na redução das emissões de Gases de Efeito Estufa e para mitigar a mudança climática, otimizando o aproveitamento e reduzindo as perdas na produção e distribuição de energia.





REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES

Com o consumo de energia crescendo a uma média aproximada de 4% a.a. no Brasil e 2% a.a. no mundo, segundo dados do Ministério de Minas e Energia, é fato que governos em todo o mundo busquem alternativas para atender esta demanda com segurança e sustentabilidade. Tornar o sistema elétrico acessível, moderno e confiável é fundamental para a sociedade e para a economia. Para enfrentar os novos desafios do século 21, as redes elétricas devem promover suporte a inserção de fontes renováveis para produção de eletricidade e ser providas de inteligência para melhor gestão de seus ativos, melhor desempenho na operação, para reduzir as perdas técnicas e comerciais, e para permitir uma maior interação com os consumidores. Os desafios do presente vem exercendo uma forte demanda por inovações no segmento.

No Brasil, há iniciativas governamentais e privadas voltadas para o desenvolvimento de tecnologias, alterações na regulação do setor elétrico nacional com vistas à implantação de redes de energia elétrica inteligentes (*smart grids*) e, também, encontram-se em andamento alguns projetos pilotos conduzidos por distribuidoras de energia elétrica nacionais.

A ANEEL vem desenvolvendo diversas atividades associadas à implantação de redes inteligentes de energia elétrica no País, com destaque para consultas e audiências públicas, e edição de resoluções voltadas para a implantação de medidores eletrônicos inteligentes em unidades residenciais; estabelecimento de incentivos à geração distribuída de pequeno porte a partir de fontes renováveis de energia e conectada na rede de distribuição e modificações na estrutura tarifária visando a variação horária e sazonal da tarifa para consumidores residenciais. Também, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE5, vinculado ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, vem realizando estudo sobre as redes inteligentes de energia para avaliar os desafios, oportunidades e impactos econômicos, industriais, tecnológicos e sociais desta tecnologia na economia brasileira. O estudo também busca obter subsídios para formulação de políticas públicas relativas aos diversos órgãos governamentais setoriais envolvidos nas questões. Esse trabalho compõe uma das metas da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.

Há outras entidades nacionais realizando estudos relativos ao tema *Smart Grids*. Dentre eles, a Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica – ABRADDEE, em conjunto com a Associação de Empresas Proprietárias de Infraestrutura e de Sistemas Privados de Telecomunicações – APEL, financiado com



recursos do programa de P&D (pesquisa e desenvolvimento) do setor elétrico coordenado pela Aneel.

Numa estimativa preliminar, a ABRADÉE calcula que as distribuidoras de energia elétrica deverão investir cerca de vinte bilhões de reais para adequar as suas redes e trocar os medidores de energia elétrica dos, cerca de, cinquenta e oito milhões de clientes residenciais existentes no País.

A Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL Energia) investirá R\$ 215 milhões em três anos para implantar tecnologias que incluem sistemas de telemedição, que atingirão vinte e cinco mil clientes, maior mobilidade ao enviar informações para eletricitistas por meio de *palmtops* e instalação de chaves e equipamentos que flexibilizem e agilizem os centros de operação do sistema, caso haja problemas nas redes.

A Cemig e a Light estão investindo cerca de sessenta e cinco milhões de Reais, em projetos que irão abranger cerca de dois mil consumidores das cidades do Rio de Janeiro - RJ e da região de Sete Lagoas – MG, que poderão controlar seu consumo de energia através de mostradores digitais instalados em casa ou por telefone celular e até pelo aparelho de televisão.

METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES

Fomentar o desenvolvimento e o financiamento da expansão da capacidade de fornecimento de eletricidade, por meio de redes elétricas inteligentes;

Melhorar a relação custo-benefício nos processos de produção e de fornecimento de energia elétrica;

Prover informações ao consumidor sobre o consumo individual de energia elétrica, para auxiliar no controle e na tomada de decisão acerca do consumo;

Redução da emissão de gases decorrentes da produção de energia elétrica com recursos fósseis;

Melhorar os níveis de confiabilidade dos serviços ofertados;





Explorar novos nichos mercadológicos no setor, por meio do fornecimento de novos produtos e serviços;

Operar de forma resiliente em situações de ataque ou de desastres naturais;

Antecipar e responder a perturbações no sistema mediante reconfiguração automática;

Preparar a rede elétrica para suportar a crescente demanda futura de veículos elétricos;

Dotar a rede de dispositivos de armazenamento de energia para uso conjunto com fontes intermitentes.



V - DIRETRIZES PARA AS ENERGIAS RENOVÁVEIS

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

1 – Diretriz de médio e longo prazo

Os sistemas fotovoltaicos têm experimentado um enorme crescimento ao redor do mundo nos últimos anos. Segundo dados da *European Photovoltaic Industry Association* (EPIA), a capacidade instalada mundial atingiu a marca de 139 GWp em 2013, resultando em uma CAGR de 43% entre 2000 e 2013 (EPIA, 2013).

Até o início do terceiro milênio, a tecnologia era utilizada majoritariamente em sistemas isolados, enquanto atualmente mais de 95% são sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR). Este grande crescimento foi fruto de programas de incentivos à fonte, promovidos por países como Alemanha, Austrália, China, Espanha, EUA, entre outros. Os preços seguiram caminho inverso, caindo significativamente conforme a capacidade instalada aumentava, como reflexo da curva de aprendizagem e dos ganhos de escala. (EPE, 2014).

Segundo dados da *International Energy Agency* (IEA, 2010), os sistemas residenciais e comerciais devem responder, em 2020, por aproximadamente 60% da geração fotovoltaica, enquanto as centrais fotovoltaicas representariam 30% do total, restando 10% em sistemas isolados. Tais estimativas refletem a maior atratividade econômica dos sistemas de pequeno porte ao longo desta década, que devem observar uma queda nos custos de aproximadamente 50% entre 2010 e 2020 (IEA, 2010).

2 - Regulamentação do setor

O atual Modelo econômico do setor elétrico define que a comercialização de energia elétrica deve ser realizada em dois ambientes de mercado, o Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e o Ambiente de contratação Livre (ACL).

A contratação no ACR é formalizada através de contratos bilaterais regulados, denominados Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR), celebrados entre Agentes Vendedores (comercializadores, geradores, produtores independentes ou autoprodutores) e Compradores (distribuidores) que participam dos leilões de compra e venda de energia elétrica.





Já no ACL há a livre negociação entre os Agentes Geradores, Comercializadores, Consumidores Livres, Importadores e Exportadores de energia, sendo que os acordos de compra e venda de energia são pactuados por meio de contratos bilaterais.

Para participação nos leilões de energia elétrica é necessário que o empreendimento apresente a Licença Prévia (LP) da entidade federativa competente a qual está vinculado o empreendimento.

De acordo com o Portal Energia (2013), estudo recente da *European Photovoltaic Industry Association* (EPIA) e do *Greenpeace*, conclui que o preço dos equipamentos de energia solar fotovoltaica terá uma queda de 60% até 2020. Além do custo, a eficiência energética dos módulos, que hoje têm uma variação média entre 15% e 19%, em um cenário de 10 anos, o estudo aponta um aumento de eficiência da ordem de 30%, o que ajudará a reduzir o preço da energia solar fotovoltaica.

Em agosto de 2013, entrou em vigor em Minas Gerais o Decreto nº 46.296, que criou o Programa Mineiro de Energia Renovável – Energias de Minas (PMER), que tem como objetivo promover e incentivar a produção e consumo de energia de fontes renováveis e contribuir com o desenvolvimento sustentável. Segundo o art. 2º serão concedidos incentivos fiscais e tratamento tributário diferenciado aos empreendimentos localizados em Minas Gerais, na forma da legislação tributária. Foi também criada a Lei nº 20.846/2013, que institui a política estadual de incentivo ao uso da energia solar.

Nos centros urbanos, os sistemas fotovoltaicos podem ser utilizados em áreas já ocupadas, telhados de residências, coberturas de estacionamentos e coberturas de edifícios, como unidades de geração distribuída.

Em dezembro de 2012, entrou em vigor a Resolução Normativa nº 482, da ANEEL, que estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, que visa reduzir as barreiras regulatórias existentes para conexão de geração de pequeno porte disponível na rede de distribuição, bem como introduzir o sistema de compensação de energia elétrica (*net metering*), além de estabelecer adequações necessárias nos Procedimentos de Distribuição (PRODIST).

Esse sistema funciona como um arranjo no qual a energia injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade de mesma titularidade (CNPJ ou CPF), ou na fatura do mês subsequente. Segundo a Resolução Normativa nº 517/2012 da



ANEEL, os créditos da quantidade de energia gerada continuam válidos para serem consumidos por um prazo de 36 meses. Esse sistema de compensação transforma o consumidor cativo em também um produtor de energia. Para efeito, o sistema de microgeração ou minigeração distribuída, quando da sua instalação, deve ser analisado previamente pela distribuidora local, pois seu funcionamento necessita de certos requisitos, que incluem também um leitor de energia específico.

Vale salientar, que a microgeração distribuída consiste em uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW, e a minigeração distribuída para potência instalada acima de 100 kW e menor ou igual a 1 MW, sendo ambas para fontes hidráulica, solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada.

Simultaneamente, foi publicada pela Aneel a Resolução Normativa nº 481/2012, pela qual ficou estipulado, para a fonte solar cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 30 MW, o desconto de 80% para os empreendimentos que entrarem em operação comercial até 31 de dezembro de 2017, aplicável nos dez primeiros anos de operação da usina, nas tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição (TUST e TUSD), sendo esse desconto reduzido para 50% após o décimo ano de operação da usina. E ainda, farão jus ao desconto de 50% nas referidas tarifas, os empreendimentos que entrarem em operação comercial após 31 de dezembro de 2017.

DIRETRIZES FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Estabelecer curva de demanda necessária para desenvolver a cadeia produtiva;

Incentivar a instalação de indústrias de fabricação de equipamentos para sistemas de geração fotovoltaica.

Estabelecer linhas/programas de financiamento a um custo adequado;

Eliminar e adequar as tarifas tributárias com desoneração de ICMS, PIS e COFINS sobre a geração distribuída;

Estender a isenção de IPI para todos os equipamentos de sistemas de geração fotovoltaica;





ENERGIA SOLAR TÉRMICA - COLETOR SOLAR

1 – Diretriz de curto e médio prazo

O mercado brasileiro para sistemas de aquecimento solar de água teve um crescimento anual em 2009 de 18,9% em relação ao ano anterior atingindo a marca de 5,3 milhões de m² instalados. Os dados a seguir comprovam a importância do uso do aquecimento solar para o setor energético (MME, 2011):

- O número de domicílios com aquecimento solar é de aproximadamente 1.057.000, que corresponde a 1,8% dos domicílios no país.
- Demanda Instantânea no horário de pico (potência) retirada da ponta: 597 MW.
- Economia anual de energia: 920 GWh.
- Investimentos evitados no setor elétrico são da ordem de R\$ 1,84 bilhão.
- Redução potencial da emissão de CO₂ da ordem de 86.000 tCO₂.

A Figura 2 mostra a área de coletores solares instalados no Brasil por 1.000 habitantes. O Estado de Minas Gerais, além de projetar-se acima da média brasileira apresenta a melhor perspectiva nacional.

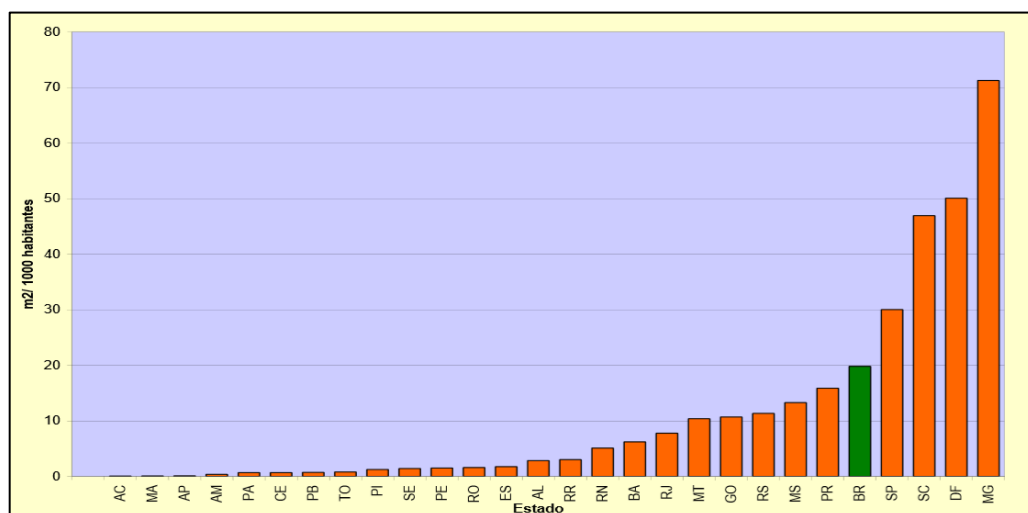


Figura 2: Área de coletores solares instalados no Brasil por 1.000 habitantes
Fonte: ABRAVA, 2009.

Segundo projeções, o número absoluto de chuveiros elétricos no Brasil crescerá de 39,7 milhões em 2001 para cerca de 69,7 milhões em 2030. A Figura 3 mostra a



projeção da curva de consumo de energia elétrica de chuveiros elétricos para 2030. Considerando que em 2008 o consumo foi de 19,7 TWh/ano e em 2030 esse consumo é projetado para 56,8 TWh/ano, haverá um aumento de 192 % no consumo de energia elétrica. Em 2030 os chuveiros elétricos representarão uma demanda de ordem de 6.500 MW (MME, 2011)

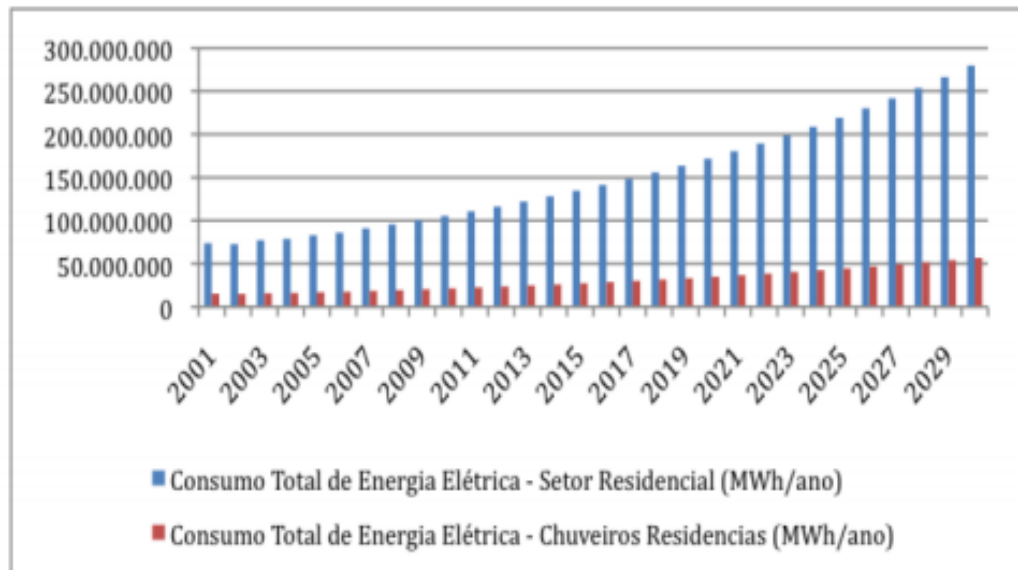


Figura 3: Projeção do consumo de energia elétrica residencial e dos chuveiros elétricos de uso doméstico (MWh/ano)
Fonte: ANEEL, EPE, apud MME, 2011.

Ainda, segundo dados do MME, estima-se que em 2030 o Brasil terá aproximadamente 5 milhões de residências utilizando sistemas de aquecimento solar de água no Brasil, totalizando aproximadamente 22,9 milhões de m² instalados. Considerando uma fração solar de 50 %, e com base na potência média dos chuveiros elétricos, o potencial de retirada da demanda na ponta com a substituição dos chuveiros elétricos seria da ordem de 1.250 MW. (MME, 2011).

Segundo a BH Solar, cerca de 30% de toda a área de coletores solares instalados no Brasil estão em Minas Gerais. Destaca-se que os valores apresentados para o país baseiam-se em pesquisas anuais, realizadas e publicadas pelo Dasol/Abrava. Em termos energéticos, a instalação de 1,87 milhões de m² de coletores em Minas Gerais representa uma capacidade instalada, em 2010, de 1.309 MWth, montante que corresponde, comparativamente, a cerca de três vezes a capacidade instalada de geração da usina hidrelétrica de Três Marias (396 MW), ou quatro vezes e meia a energia assegurada desse empreendimento (239 MW) (CEMIG, 2011).



Quanto à economia de energia, ou seja, energia elétrica evitada, a área de coletores acumulada entre 1991 a 2010 totalizou uma economia de 10.013 GWh, o que representa 861 mil tep. Em 2010, a economia representou 1.570 GWh proveniente do aproveitamento solar, o que significa 2,7% de energia evitada em relação ao consumo total de energia elétrica, valor que se torna mais significativo quando comparado ao consumo total de eletricidade nos setores comercial, público e residencial, que mais foram afetados pela inserção da tecnologia solar de aquecimento. Nesse caso o percentual de economia é de 9,4% no ano de 2010. (CEMIG, 2011).

**DIRETRIZES FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL
ENERGIA SOLAR TÉRMICA - COLETOR SOLAR**

Promover o incremento efetivo de iniciativas de políticas públicas de âmbito geral para a obrigatoriedade de instalação de sistemas de coletores solares em prédios públicos e privados, hospitais e piscinas;

Acompanhamento de estudos sobre a eficiência dos equipamentos devido a uma manutenção inadequada e prescrição do tempo de vida útil (aproximadamente 20 anos).

Induzir/acelerar curva de aprendizagem dessa tecnologia no Brasil.



ENERGIA EÓLICA

1 – Diretriz de médio e longo prazo

Dados atuais demonstram um crescimento significativo da potência instalada de energia eólica no Brasil, e apontam para uma tendência de mercado econômico internacional, para investimento financeiro e tecnológico no Brasil. Isso pode ser observado na Figura 4, que trata da potência total de cada estado, ou seja, proveniente de usinas em operação, em construção e contratada.

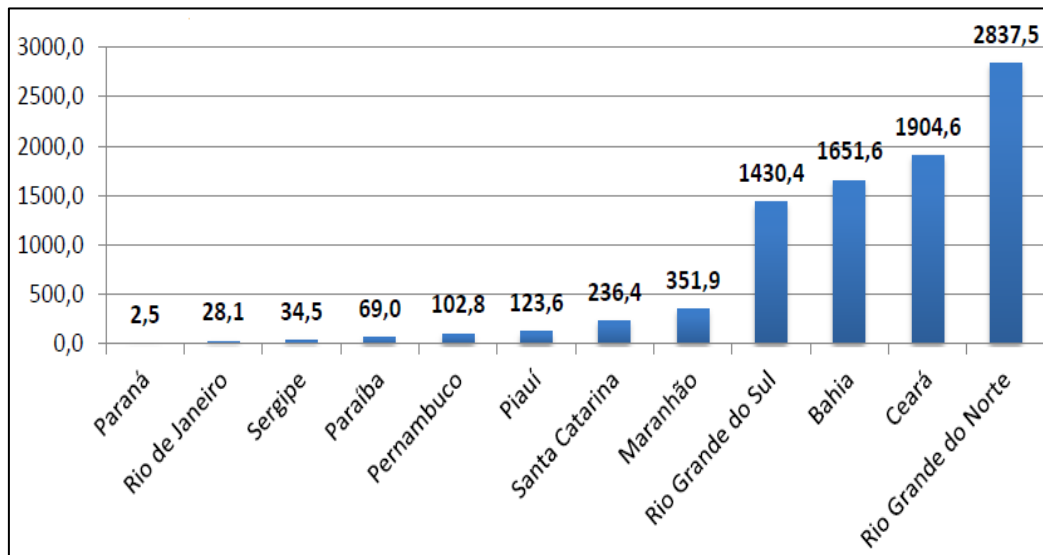


Figura 4: Potência total por Estado
Fonte: MELO, SANTOS e YAMAMOTO, 2013.

Desde a implantação do atual modelo setorial (2004), os leilões de energia têm se consolidado como mecanismos eficientes para promover a expansão da geração, com foco na inclusão de fontes alternativas e renováveis na matriz elétrica brasileira, viabilizando especialmente a geração de energia eólica. A fonte eólica havia dado os passos iniciais no Brasil com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), iniciativa lançada pelo governo em 2002, na qual usinas a vento, biomassa e PCHs vendiam a produção para a Eletrobras por preços subsidiados. Em 2009, com o objetivo de dar impulso ao desenvolvimento das eólicas, foi promovido um leilão de reserva para contratar a produção e permitir a construção de novos empreendimentos no setor. O resultado foi um preço médio de venda de R\$ 148,39 por MWh, à época, o que representou deságio de 21,49% frente aos R\$ 189



por MWh colocados como teto. Nos anos seguintes, as eólicas passaram a competir tanto na modalidade “reserva” quanto nos leilões A-3, que passaram a ser chamado de certames “de fontes alternativas”. As tarifas oferecidas pelos empreendimentos da fonte caíram ano a ano, até o recorde estabelecido no final de 2012. As tarifas das usinas eólicas ficaram entre R\$ 87,50 e R\$ 88,68 por MWh, e superaram de longe o menor preço já registrado até então, de R\$ 99,54 no leilão de reserva de 2011. Em 2013, foram contratados 4.710,6 MW de energia de fonte eólica. Assim, por meio dos leilões, a fonte se inseriu de forma competitiva na expansão da geração (EPE, 2014).

A Figura 5 apresenta os resultados de capacidade instalada, desde a criação do Proinfa em 2002 (1ª Fase), até 2012 (Fase dos leilões de energia idealizados pela EPE) e contratado até 2017.

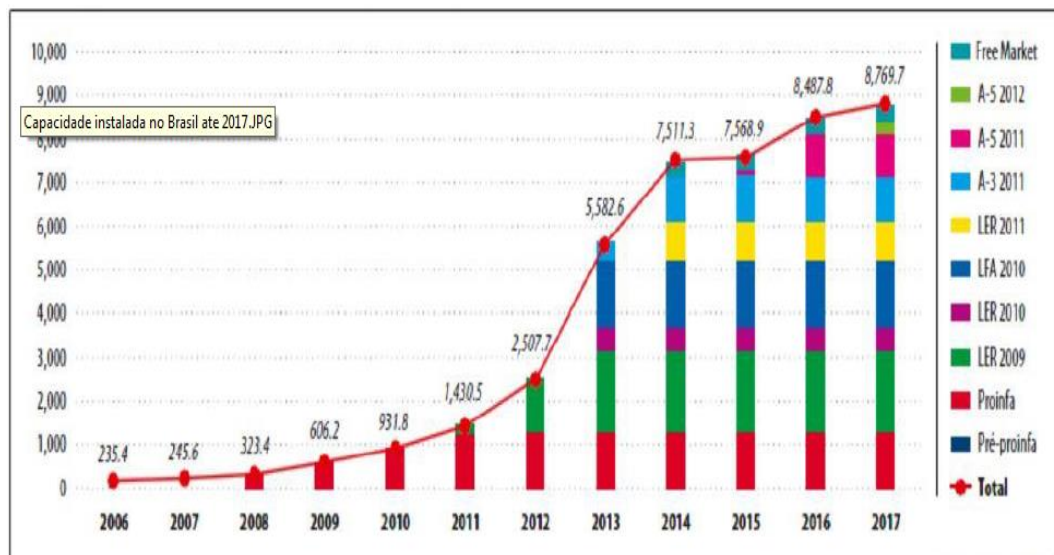


Figura 5: Evolução da capacidade instalada da energia eólica no Brasil
Fonte: SIMAS, 2012.

No Brasil, as plantas que estão sendo contratadas devem apresentar índices médios de aproveitamento na ordem de 45%. Apesar de mais altos do que os europeus, esses níveis de aproveitamento das usinas eólicas do Brasil são considerados baixos se comparados com os de outras fontes energéticas. Por isso, é importante que esses empreendimentos sejam fiscalizados após sua entrada em operação comercial para assegurar que as metas apresentadas nos projetos sejam cumpridas e o volume de energia contratado seja efetivamente entregue.

Outro aspecto decisivo para a evolução da energia eólica no Brasil e no mundo é a tecnologia, visto que a capacidade das turbinas cresceu, nos últimos anos, de 50 kW para um valor acima de 9 MW, isso permitiu que as usinas eólicas constituíssem uma alternativa adequada para diversos níveis de demanda.



2 – Perspectivas de futuro

O momento do mercado eólico agora é de consolidação e sustentabilidade da indústria. Para uma matriz energética de longo prazo, é preciso pensar em um modelo que priorize as fontes renováveis e limpas de energia, tendo em conta o quesito segurança do suprimento. Neste sentido, é importante revisitar o modelo de leilão que utiliza o critério único de preço. Tal modelo faz com que o planejamento de longo prazo e a definição da matriz energética futura sejam determinados pelo preço e não pela proporção de recursos que se pretende ter, o que pode comprometer a eficiência no longo prazo, por isso, a Política de Expansão adotada pelo governo precisa de ajustes. O incentivo à expansão das fontes renováveis e limpas deve ser uma prioridade para quem deseja uma indústria consolidada e um setor forte e sustentável. (MELO, 2014)

3 – Impactos ambientais

Os principais impactos ambientais no meio físico são sujeitos às ações de implantação e operação do empreendimento, como degradação da área afetada e possível alteração do nível hidrostático do lençol freático. Para o meio biótico os impactos ambientais sujeitos a ações das fases de operação são: supressão da vegetação, danos sobre as aves como risco de colisão com os aerogeradores (rotores, pás e torres de suporte); colisão com as linhas de transporte de energia; alteração do sucesso reprodutor; perturbação na migração (mudanças nos padrões de migração); perda de *habitat* de reprodução e alimentação; alteração dos padrões de movimentação e utilização do *habitat* devido à perturbação associada à presença das turbinas.

Os principais impactos negativos sobre o meio socioeconômico causados pela geração da energia eólica estão relacionados aos seguintes aspectos: emissão de ruído, impacto visual, corona visual ou ofuscamento, interferência eletromagnética, efeito estroboscópico, interferências locais. Esses aspectos podem ser minimizados ou mesmo eliminados através de planejamento e estudos adequados, aliados aos avanços e inovações tecnológicos sempre em desenvolvimento.

A geração de eletricidade a partir da energia eólica tem-se mostrado crescentemente convidativa, seja por constituir o aproveitamento de uma fonte renovável, seja por não apresentar a magnitude dos impactos ambientais geralmente associados às demais formas de aproveitamento energético. Segundo FEAM (2013)





os impactos ambientais decorrentes da implantação e operação de uma usina eólica não podem ser negligenciados. Ficando explícita a necessidade da localização da usina e a distribuição dos aerogeradores que a compõem serem definidas com base em apurado estudo ambiental. Após a etapa de construção há uma tendência natural de recuperação de vegetação, o que favorece o retorno da fauna a seu habitat. Outro ponto interessante observado são os projetos de educação ambiental e de monitoramento da área da usina, que tendem a agregar turismo ao município.

4 – Valoração das vantagens da energia eólica

A importância da energia elétrica é cada vez mais evidente na forma de organização da sociedade e as principais oportunidades de negócios no mercado de energia elétrica nacional estão ligadas à oferta de novos empreendimentos de geração para exploração pela iniciativa privada e à construção de linhas de transmissão. A utilização da energia eólica configura-se como uma importante alternativa na geração de energia elétrica, sobretudo quando tratamos de expansão da matriz elétrica e a necessidade de redução na emissão de gases de efeito estufa do setor energético.

Outro ponto importante é o fato de que grande parte das regiões de maior potencial eólico serem regiões de baixo nível de desenvolvimento socioeconômico e elevada carência de empregos. Assim, a implantação dessas usinas pode empregar e qualificar a mão de obra local, além da geração de empregos indiretos e resultantes do crescimento de renda por conta dos salários pagos. Há de se salientar, que o retorno econômico gerado pela locação e uso de áreas dentro de fazendas é altamente atrativo, e não necessariamente impede que cesse a exploração de agricultura, de pecuária, ou outras já existentes. Várias fazendas têm buscado incorporar-se às usinas eólicas, no intuito de aumentar a receita e melhorar a segurança de seu entorno (FEAM, 2013).

DIRETRIZES FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA EÓLICA

Revisão da política de governo para expansão das fontes renováveis e limpas visando consolidar o setor;

Desenvolver mecanismos para ampliar os investimentos em pesquisa e projetos de forma a facilitar a implantação de eólica em montanhas e offshore.



ENERGIA HIDRÁULICA

1 – Diretriz de médio e longo prazo

As duas versões do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) elaborados durante a década de 2000 reafirmam a orientação política do Governo Federal favorável à construção de grandes hidrelétricas. O Plano Nacional de Expansão de Energia 2011-2020 elaborado pela EPE prevê a intensificação da exploração do potencial disponível na região Amazônica, com um aumento médio anual de 3,2 GW da carga de energia elétrica para o período de 2011 a 2020, totalizando cerca de 174 GW ao final do período, com uma contribuição de cerca de 66% (115 GW) de potência hidrelétrica instalada.

Segundo Moretto (2012) dos trinta projetos planejados para serem inaugurados no período de 2011 a 2020, dezoito hidrelétricas estão localizadas na região Amazônica, destacando as usinas hidrelétricas de grande porte de Estreito (1087 MW), de Santo Antônio (3150 MW), de Jirau (3300 MW), de Belo Monte (11233 MW) e de Teles Pires (1820 MW). Ainda que atualmente o debate esteja focado na usina hidrelétrica de Belo Monte, já licenciada para instalação, é preciso destacar um futuro foco potencial de conflitos no rio Tapajós, onde estão planejadas duas usinas de grande porte, a hidrelétrica de São Luiz do Tapajós (6133 MW) e a hidrelétrica de Jatobá (2336 MW) e onde ocorrem fatores espaciais restritivos com natureza semelhante daqueles observados na região diretamente afetada pela usina hidrelétrica de Belo Monte.

2 – Perspectivas de futuro

A economia brasileira é fortemente dependente de energia hidrelétrica. A opção brasileira pelas UHEs foi justificada basicamente pela segurança temporal no provimento de energia em função da formação de um reservatório e pelo grande potencial hidrelétrico ainda disponível no território brasileiro. O potencial hidrelétrico na totalidade do território brasileiro é considerado constante, ainda que as formas de aproveitá-lo possam variar no tempo em função de avanços tecnológicos. Porém, sua disponibilidade espacial pode variar no tempo, pois na medida em que se aumenta o número de empreendimentos hidrelétricos implantados, aumenta-se a escassez do potencial hidrelétrico no espaço, Neste sentido, quanto maior o potencial hidrelétrico





disponível no espaço, maior será o benefício gerado pelo planejamento espacial de um aproveitamento hidrelétrico. (MORETTO, 2012).

A vantagem desta fonte de energia é que a geração é limpa e barata. No entanto, o uso das hidrelétricas possui algumas desvantagens. A geração de energia pelas usinas de fio d'água (isto é, sem reservatórios) fica condicionada às condições climáticas. A construção de reservatórios reduz a vulnerabilidade a um clima desfavorável, mas o alagamento de grandes áreas agrava o impacto ambiental. Segundo Passos e Coelho (2013), as UHEs vêm apresentando forte queda na geração de energia elétrica desde 2012, que pode ser explicada por:

- Chuvas abaixo da média histórica em locais críticos;
- Crescimento do consumo de energia elétrica apesar do baixo crescimento do PIB;
- Possíveis restrições e ineficiências no parque energético, que podem estar ocorrendo devido a limitações da capacidade de transmissão de energia e ineficiências na operação das hidrelétricas.

Se os níveis de reservatório permanecerem baixos, o uso das térmicas deverá ser superior ao dos últimos anos, levando a custos maiores à frente.

DIRETRIZ FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA HIDRÁULICA

Diversificação da matriz elétrica por meio de outras fontes renováveis para maior segurança energética;

Aumento da disponibilidade de capacidade de linhas de transmissão;

Diminuir a complexidade na tramitação de estudos, projetos e licenciamento ambiental que fazem com que o ciclo de desenvolvimento seja muito longo (maior que 10 anos) e implicando em maiores custos.



ENERGIA GEOTÉRMICA

Embora a falta de reconhecimento formal ainda seja um obstáculo, a energia geotérmica integra a Matriz Energética Nacional, sendo uma fonte energética bastante utilizada nas áreas de recreação e lazer. Sabendo-se que as centrais geotérmicas funcionam continuamente, sem se submeterem a condições meteorológicas e que ocupam áreas relativamente pequenas, se comparadas às centrais hidrelétricas, é possível o uso da energia geotérmica na produção de energia elétrica em regiões isoladas, como por exemplo pequenos povoados, que estejam contidos nas áreas apontadas como de média e alta entalpia. Contudo, existem poucos dados experimentais da geotermia. (ALEXANDRINO, 2008).

Segundo Alves (2007), atualmente estão em pauta investimentos principalmente quanto à exploração do potencial geotérmico do Aquífero Guarani, cuja temperatura da água, inclusive pode ser capaz de aquecer a água de edifícios ou casas e sistemas de calefação e lareiras. A expectativa para os próximos anos é que a utilização de bombas de calor se torne comum em condomínios brasileiros (ARBOIT et al, 2013).

METAS FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA GEOTÉRMICA

Diretriz de longo prazo para a introdução da energia geotérmica no Brasil;

Pesquisar e compreender o potencial energético, a fim de se determinar a viabilidade da implementação de futuras explorações de energia geotérmica.





BIOENERGIA e RESÍDUOS

A reversão do cenário atual somente será alcançada a partir de uma política de longo prazo consistente, com a valorização de uma matriz energética diversificada e que reconheça as contribuições ambientais do etanol e da bioeletricidade. A palavra-chave é previsibilidade. Entre os elementos fundamentais dessa política, cinco itens são fundamentais:

1 - Diretriz de longo prazo para a matriz brasileira de combustíveis

É imprescindível uma definição sobre o papel do etanol na matriz de combustíveis do País. Mais do que a divulgação de previsões de demanda e oferta das diferentes fontes de energia, há que se adotarem ações que tornem possíveis essas previsões. Trata-se de um ordenamento claro e duradouro, com a aplicação de mecanismos que evitem as frequentes e intensas mudanças observadas ao longo da última década.

2 – Diferenciações tributárias entre o combustível renovável e seu substituo fóssil

Os benefícios sociais superam os benefícios privados na produção de etanol. Trata-se de um caso clássico de geração de externalidades positivas que geram investimentos privados menores do que o socialmente desejável. A correção dessa falha de mercado pode ser obtida com a tributação do combustível fóssil e poluente, melhorando a competitividade do combustível limpo e renovável. O restabelecimento da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) ou a instituição de outro tributo federal de natureza “ambiental” em níveis adequados para valorizar a matriz de combustível de baixo carbono, podem funcionar como instrumento de correção dessas externalidades positivas. Essa contribuição poderia reverter seus recursos para melhoria da mobilidade urbana e redução da tarifa do transporte público.

Os efeitos negativos nocivos decorrentes do consumo de gasolina que são hoje custeados de forma coletiva e difusa passariam a estar valorados e pagos pelos usuários do combustível fóssil e poluente.

3 – Estímulos aos ganhos de eficiência técnica dos veículos



Garantir mecanismos de estímulo à busca de maior eficiência dos motores de veículos *flex* no uso do etanol hidratado, visando contribuir decisivamente para a competitividade do biocombustível em relação à gasolina. Da mesma forma devem ser direcionados esforços para os veículos elétricos, pois neste caso o ganho de eficiência se mostra muito superior do que qualquer combustível líquido, sendo também apontada como a tecnologia de futuro da indústria automobilística e de transportes.

4 – Valoração das vantagens da bioeletricidade

Adequação dos leilões de energia elétrica, com a valorização dos atributos ambientais, elétricos e econômicos advindos do uso da bioeletricidade. Instituir um programa de contratação, a partir de leilões diferenciados por fonte e/ou regiões são fundamentais para viabilizar a geração a partir da biomassa da cana-de-açúcar, especialmente nas usinas tradicionais.

5 - Aproveitamento de Resíduos

Estudo do Banco Mundial “Aumentando os benefícios” indica que o Brasil poderia economizar até 1% da demanda elétrica do país e aumentar em US\$ 35 bilhões o seu PIB (Produto Interno Bruto) se aplicasse políticas mais inteligentes no uso e na reciclagem de seu lixo. Se os 42% dos detritos sólidos hoje no Brasil lançados em lixões a céu aberto fossem colocados em aterros sanitários, com aproveitamento do biogás e compostagem do lixo orgânico, as vantagens econômicas também produziram até 110 mil empregos nos próximos 18 anos. Atualmente, 58% do lixo no Brasil vão para aterros sanitários. (Folha de São Paulo, 2014).

DIRETRIZES FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL BIOENERGIA E RESÍDUOS

Estabelecimento de Programa de Produção e Consumo de Bioenergia da Cana com metas e ações estratégicas 2020/2030, que envolvam inovação tecnológica para a produtividade e competitividade, redução dos riscos de logística e ambiental e garantia de recursos para as otimizações necessárias ao Setor Sucroenergético;

Restabelecimento da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) ou a instituição de outro tributo federal de natureza “ambiental” em níveis





adequados para valorizar a matriz de combustível de baixo carbono, podem funcionar como instrumento de correção dessas externalidades positivas do etanol brasileiro. Os recursos da CIDE e da CDE seriam aplicados ao Programa de Produção e Consumo de Bioenergia da Cana;

Harmonização das alíquotas de ICMS cobrado sobre o etanol hidratado, equalizando-as ao menor nível praticado entre os estados produtores, que se justifica amplamente pela contribuição do etanol para a melhoria do meio ambiente e saúde pública;

Garantir, no contexto do Programa Inovar-Auto, coordenado pela ABDI MDIC, mecanismo de estímulo à busca de maior eficiência dos motores híbridos flex ou movidos a etanol como combustível, visando ampliar a competitividade do biocombustível em relação à gasolina;

Promover nova regulamentação ambiental para licenciamento simplificado de unidades de produção de bioeletricidade;

Promover o desenvolvimento de tecnologias e processos para aproveitamento da água de chuva visando a irrigação da cana de açúcar;

Promover o desenvolvimento de projetos de inovação tecnológica para o aproveitamento de subprodutos do processamento de biomassa para a geração de energia;

Adequação dos Editais dos Leilões de energia elétrica, para valoração dos atributos ambientais, elétricos, de complementariedade energética e econômicos diretos e indiretos provenientes da bioeletricidade;

Promover políticas governamentais que melhore a eficiência energética, gestão do lixo e políticas de transporte público, visando aumentar a economia local, regional, estadual e o PIB nacional.



ENERGIA CINÉTICA DOS RIOS

1- Diretriz de longo prazo para a introdução da energia hidrocínética no Brasil

Embora o interesse nesse tipo de energia tenha crescido em todo o mundo, ela ainda é considerada uma tecnologia emergente, e está em um estágio semelhante à tecnologia de geração de energia eólica há 15 ou 20 anos atrás (JOHNSON e PRIDE, 2010 e MARINE HYDROKINETIC TECHNOLOGIES, 2009).

Para a tecnologia passar do estágio emergente para a fase comercial, será necessário um apoio análogo ao prestado para o desenvolvimento da tecnologia eólica durante os seus anos iniciais. Será necessário um apoio financeiro para o desenvolvimento de pesquisa e tecnologia e uma maior compreensão dos ambientes fluviais e marinhos que vão sediar esta tecnologia. Os dados e ferramentas de modelagem precisarão descrever as interações entre a tecnologia hidrocínética e os ambientes aquáticos (JOHNSON e PRIDE, 2010). Engajamento através do diálogo com todas as partes interessadas será necessário nos estágios iniciais de desenvolvimento do projeto.

2 – Identificação e avaliação da energia hidrocínética disponível nos rios

O primeiro passo para o desenvolvimento da energia hidrocínética é a avaliação da quantidade de energia hidrocínética potencialmente disponível, a sua localização, as condições locais que afetarão as instalações das turbinas, as operações em campo e a manutenção (JOHNSON e PRIDE, 2010).

O Departamento de Energia dos EUA (GUNEY, 2011) identificou no país, 3400 MW de energia hidrelétrica inexplorada de sistemas pequenos e de fluxo potencialmente livre (HALL et al., 2006). Além disso, internacionalmente, pequenas centrais hidrelétricas têm sido identificadas como uma alta fonte potencial de energia. Locais como o Reino Unido, Grécia, Turquia e Índia já identificaram fontes e realizam análises iniciais de fornecimento (COPEMAN, 1997 e DEMIRBAS, 2001), enquanto que outras regiões, como Gana e Brasil são identificados como regiões de grande potencial para esta tecnologia (ANDERSON et al., 2006 e GUNEY, 2011).

Turbinas posicionadas diretamente em um rio, oceano, ou corrente de marés geram potência hidrocínética a partir da energia cinética da água em movimento (corrente). A potência hidrocínética disponível depende da velocidade da água e é uma função da densidade da água e a velocidade da corrente. Para operar, os





dispositivos hidrocínéticos requerem correntes mínimas e águas profundas. A corrente mínima necessária para operar um dispositivo hidrocínético é tipicamente de 1 a 2 m/s, mas pode ser tão baixa quanto 0,5 m/s, dependendo da aplicação da tecnologia em particular (JOHNSON e PRIDE, 2010). A profundidade da água é um fator importante na determinação da energia total que pode ser extraída em determinado lugar, uma vez que a área da seção transversal sobre a qual uma turbina pode extrair energia depende do nível de água adequado, acima do dispositivo instalado.

Dispositivos hidrocínéticos são idealmente instalados em locais que tenham fluxo relativamente constante ao longo do ano e que não sejam propensos a eventos extremos como inundações, turbulência ou longos períodos com baixo nível de água (JOHNSON e PRIDE, 2010). A caracterização do rio inclui uma análise do potencial de energia hidrocínética disponível durante todo o ano, bem como seu meio ambiente, uma vez que ele poderá afetar a instalação da turbina. Aspectos de interesse no meio ambiente do rio incluem sua dinâmica fluvial e estabilidade do canal, o transporte de sedimentos e o fluxo de detritos e peixes (JOHNSON e PRIDE, 2010).

3 – Impactos ambientais

A hidrelétrica de pequena escala é considerada ecologicamente correta, o que significa que a água que passa através do gerador é dirigida de volta para a corrente com um impacto relativamente pequeno sobre o meio ambiente ao redor (SORNES, 2010). A produção de eletricidade por turbinas hidrocínéticas não emite gases prejudiciais ao ar, tais como gases de efeito estufa (GUNEY e KAYGUSUZ, 2010). Entretanto, esta tecnologia ainda se encontra em seu estágio inicial de desenvolvimento. Sendo assim, será necessário maior conhecimento para determinar quais os efeitos ambientais que poderão ocorrer a partir da geração da energia em águas correntes. A princípio, infere-se que, após montados e colocados debaixo d'água, os dispositivos podem provocar algumas mudanças e impacto sobre o ambiente da seguinte forma (GUNEY e KAYGUSUZ, 2010, KHAN et al., 2008 e 2009, GRABBE et al., 2009 e PENCHE, 1998)

- Efeitos sobre os habitats de animais bentônicos e plantas como ostras, moluscos e algas marinhas;
- A dimensão do sistema de conversão hidrocínético pode criar ruídos significativos que podem influenciar a vida marinha e fluvial;
- Os dispositivos podem impedir a circulação de animais aquáticos;



- O sistema e canais artificiais podem alterar regimes hidrológicos e de sedimentos;
- Outros usuários das marinas e rios como pescadores, operadores de navio de transporte, barcos e grupos de cidadãos residentes no litoral podem demonstrar algumas preocupações e problemas.

Esses impactos podem ser minimizados com a escolha do local adequado, o estudo do projeto e as medidas preventivas adequadas. Experiências com projetos piloto podem ser realizadas para investimentos futuros.

4- Regulamentação do meio ambiente

Significativas barreiras técnicas, econômicas, ambientais e regulamentares continuam a ser impostas para que esta indústria emergente avance para o desenvolvimento comercial em grande escala. A experiência com a conversão de energia hidrocínética é, até agora limitada a algumas instalações de protótipo e fornece uma compreensão limitada destas questões (PREVISIC et al., 2009). Como tal, será fundamental para o sucesso desta tecnologia, obter uma compreensão completa dos problemas potenciais ao longo de um ciclo de vida do projeto. Tal entendimento só poderá ser adquirido de maneira criteriosa através do desenvolvimento de projetos iniciais de demonstração e comercialização (PREVISIC et al., 2009).

Outro fator importante para determinar o sucesso ou fracasso na obtenção do potencial da energia hidrocínética em determinado local é o quadro regulamentar que rege os sistemas hidrocínicos. Agências de controle ambiental indicam reiteradamente a necessidade de se conhecer qual o impacto da tecnologia hidrocínética sobre a fauna e flora. O estabelecimento regulatório pode levar muito tempo, o que pode resultar em uma ausência de investimentos nos sistemas hidrocínicos, com conseqüente retardo no desenvolvimento da tecnologia necessária (JOHNSON e PRIDE, 2010).

5- Projeto, construção e teste de turbinas piloto

A geração de eletricidade por meio de sistemas hidrocínicos tem o potencial de ampliar a produção de energia elétrica existente, a fim de atender às demandas





nacionais de energia de forma limpa, sustentável, renovável e com reduzido impacto ambiental.

Sendo assim, torna-se de fundamental importância o incentivo para que projetos pilotos com a inserção de turbinas sejam testados nos sites avaliados, a fim de identificar o seu desempenho, durabilidade e o impacto ambiental em locais específicos. Esses projetos devem visar:

- A otimização da tecnologia hidrocínética existente;
- A identificação e solução de problemas operacionais;
- A compreensão econômica de como esta tecnologia de geração de energia pode ser integrada à matriz energética brasileira e aos sistemas de transmissão.

6 - Estudo da Viabilidade

O custo da eletricidade hidrocínética é fortemente influenciado pela densidade de potência da corrente e pela distância de transmissão da energia elétrica. O sistema mencionado deve ser simples, robusto e com preço competitivo. Aplicações em rios permitem o uso de pequenos sistemas. As preocupações ambientais sobre a água corrente que gera a eletricidade, incluindo o roteamento de linhas de transmissão e canais artificiais têm que ser superadas (GUNEY e KAYGUSUZ, 2010).

No inverno, é preciso avaliar se as baixas correntes são suficientes para superar a resistência interna da turbina ao movimento. Além disso, é necessário também estimar a viabilidade econômica da operação, uma vez que baixas velocidades de corrente produzem quantidades muito pequenas de energia (JOHNSON e PRIDE, 2010).

A matriz energética brasileira é reconhecida pela extensa utilização dos recursos hídricos. Após a devida análise ambiental e de localização, a energia hidrocínética poderá ser incorporada com segurança a um sistema combinado de água e correntes. De acordo com Johnson e Pride (2010), o custo das turbinas hidrocínéticas fluviais localizadas em regiões remotas variam de US\$3.300 a US\$8.000 por kW instalado, com custos de energia elétrica de \$0,19 - \$ 0.68/kWh (valor de referência em dólar no ano de 2010). De acordo com um estudo feito na Amazônia (CRUZ, 2003), o custo total de 13 cata-águas para atender a demanda básica da Comunidade de São Sebastião (3,5 kW) foi estimado em R\$ 55.744,00 (janeiro de 2000), o que significa um custo de instalação de cerca de US\$ 8.000,00/kW. No entanto, esse valor foi estimado há 15 anos. O preço atualmente está mais atrativo e, com apoio adequado no



desenvolvimento do projeto e implantação, a eletricidade hidrocínética pode se tornar economicamente competitiva em relação aos combustíveis fósseis convencionais e outras fontes renováveis.

DIRETRIZES FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA CINÉTICA DOS RIOS

Promover uma política nacional alinhada com as inovações tecnológicas mundiais;

Fomentar a pesquisa e desenvolvimento tecnológico, o estudo da geografia e dos ambientes aquáticos e a realização de trabalhos de campo para coleta de dados;

Promover a capacitação profissional qualificada para o desenvolvimento de modelos computacionais adequadas a nova forma de geração de energia;

Promover fóruns, workshops e painéis de debates visando à disseminação dessa nova fonte de energia renovável, ainda pouco explorada no Brasil;

Fomentar o desenvolvimento de projetos de pesquisa e inovação tecnológica para a realização de trabalhos em campo, análise geoespacial e desenvolvimento de programas para mapear a energia cinética nacional disponível nos rios;

Promover parcerias com institutos de pesquisas mais avançados no mapeamento dessa energia;

Fomentar o desenvolvimento de projetos de estudo ambiental (hidrológico e sedimentos) e do bioma das áreas selecionadas;

Investir no desenvolvimento de projetos de estudo sócio econômico do impacto causado, por exemplo, aos pescadores, nessas áreas;

Promover a regulamentação ambiental direcionada a obtenção de um licenciamento simplificado para testes de turbinas hidrocínéticas;





Publicar editais de financiamento para o desenvolvimento da tecnologia hidrocínética e de estudos ambientais ligados aos impactos associados a essa nova fonte de geração de energia;

Promover o desenvolvimento de projetos de inovação tecnológica para o estabelecimento de turbinas nacionais adequadas a nossa geografia e realidade financeira;

Promover o desenvolvimento de projetos que analisem os custos e o retorno associado à geração de energia através do sistema hidrocínético.



ENERGIA DE CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL

1- Projetos e estudo de viabilidade

Dentre as características que tornam a tecnologia das células de combustível atrativa, destaca-se a possibilidade de emprego de gás natural, gás de carvão, metanol, nafta e outros. Esses combustíveis quando utilizados são inicialmente submetidos a uma reação com o vapor, num processo denominado reforma catalítica. Em seguida o gás resultante do processo reage com o oxigênio no interior da célula produzindo água, energia térmica e energia elétrica, sem ocorrência de combustão. Esse processo, se comparado ao processo de combustão tradicional, se realiza com eficiência significativamente mais elevada e com baixa emissão de gases poluentes. O calor gerado durante seu funcionamento pode ser utilizado para diversos usos em cogeração, elevando a eficiência em até 85% (Burani et al, 2014). A tecnologia de células de combustível tem em veículos elétricos não poluentes o seu principal mercado.

Segundo Villullas, Ticianelli e González (2002), atualmente, existem ônibus urbanos com células a combustível hidrogênio rodando nas ruas de Chicago (Estados Unidos), Vancouver (Canadá) e Stuttgart (Alemanha). No Brasil, formou-se um consórcio, integrado pelo Ministério das Minas e Energia (MME), pela Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU) e pela Universidade de São Paulo (USP), para implantar um programa de demonstração de ônibus com células a combustível na Região Metropolitana de São Paulo. O projeto é financiado pelo GEF (Global Environmental Facility), divisão do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), e pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). A coordenação está a cargo da EMTU. Os objetivos do projeto são:

- Desenvolver meios de transporte coletivo com emissão zero de poluentes e que contribuam na redução dos níveis de dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado, óxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC);
- Obter conhecimento dessa tecnologia mundialmente inovadora, permitindo ao Brasil ocupar uma posição de destaque em virtude de seu mercado em potencial;
- Desenvolver tal tecnologia no Brasil, junto às operadoras de ônibus, fabricantes, universidades, escolas, visando criar um novo mercado;





- Desenvolver especificações brasileiras para produção, manuseio e aplicação estacionária e veicular possibilitando o desenvolvimento e utilização do hidrogênio com segurança e eficiência.

O ônibus movido à célula a combustível a hidrogênio tem motor elétrico. O processo de propulsão do veículo consiste: o hidrogênio reservado nos tanques do ônibus é introduzido na célula a combustível, onde passa por um processo eletroquímico que produz energia elétrica pela agregação do hidrogênio com o oxigênio do ar, gerando água como subproduto. A energia elétrica após condicionada movimentará o motor elétrico de tração (similar ao de um trólebus). O motor elétrico instalado no eixo traseiro gera energia mecânica, movimentando o veículo (MME, 2012).

2 - Valoração das vantagens da célula a combustível

O sistema de célula a combustível não produz nenhum tipo de poluente prejudicial à saúde e ao meio ambiente. Em particular, possibilitará no futuro a redução de emissão de NOx, SOx, CO, HC e particulados. Há também benefícios significantes à comunidade global, à indústria de automóvel e aos fornecedores desta nova tecnologia.

O sistema utilizado é diferente dos ônibus de motor a diesel, no qual a energia térmica é transformada em energia mecânica, ao mesmo tempo em que o combustível queimado gera resíduos poluentes. (MME, 2012).

DIRETRIZES FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ENERGIA DE CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL

Promover o desenvolvimento de projetos de inovação tecnológica em parceria com outros países.

Publicar editais de financiamento para o desenvolvimento de tecnologias que analisem o custo e o retorno associado a geração de energia por meio de células combustível..



ADAPTABILIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Estudos desenvolvidos pelo Grupo Intergovernamental sobre a Evolução do Clima (GIEG-ONU) mostram que a influência da atividade humana nas transformações climáticas chega a 90%. Por sua relevância, a questão climática tem engajado *stakeholders* em todo o mundo e despertado inúmeras iniciativas voltadas à redução das emissões de GEEs com o objetivo de evitar eventos climáticos extremos e suas consequências negativas. No entanto, o esforço para redução das emissões de GEEs precisa ser baseado em diagnósticos contextualizados que apontem os reais responsáveis pelas emissões e que produzam recomendações objetivas que considerem os custos e benefícios das possíveis ações de adaptação ou de mitigação. Em termos globais, a intensificação do efeito estufa provocada por atividades antrópicas decorre principalmente do desmatamento e da queima de combustíveis fósseis como carvão mineral, derivados de petróleo e gás natural. Quanto à queima de combustíveis fósseis, é possível verificar que ela ocorre nos usos doméstico e comercial, nas atividades de transporte, na geração de energia, na indústria e na agricultura. (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2012).

O governo brasileiro, de um modo geral, tem apresentado posição conservadora nas convenções sobre mudança climática, porém, enxergam-se com otimismo algumas iniciativas tomadas por parte do poder público nos últimos anos, como a criação do C-40 de Liderança Climática das Cidades, em 2005, grupo composto por mais de 60 cidades com mais de cinco milhões de habitantes e que, entre outros objetivos, espera evitar, até 2020, o lançamento de 248 milhões de toneladas de gases de efeito estufa em todo o mundo. O Brasil galgou alguns passos em relação à política de mudanças climáticas, reduzindo o desmatamento e aprovando a lei nacional sobre o tema, mas ainda precisa avançar muito para se tornar minimamente competitivo na nova economia baseada em energia solar, eólica, entre outras inovações tecnológicas (CARDOSO, 2014).

O impacto nas emissões de GEEs produzido pelo aumento da capacidade instalada de termelétricas no setor elétrico não pode ser calculado de forma direta porque tal impacto, na prática, dependerá da disponibilidade de água nos reservatórios e do regime de chuvas e de ventos, uma vez que são estes eventos que determinarão a frequência de operação das termelétricas (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2012).

De acordo com relatório do Banco Mundial de junho de 2014, produzido com o grupo filantrópico Fundação *ClimateWorks*, uma mudança para um sistema de transporte de baixa emissão de carbono e a melhoria da eficiência energética em





fábricas, edifícios e aparelhos poderiam aumentar o crescimento global do Produto Interno Bruto (PIB) em 1,8 trilhão de dólares adicionais, ou 1,5 por cento, por ano até 2030. E ainda, se o financiamento e o investimento em tecnologia aumentarem, o PIB global poderá crescer 2,6 trilhões de dólares adicionais, ou 2,2 por cento, por ano até 2030. Políticas climáticas também poderão evitar pelo menos 94 mil mortes prematuras por ano provocadas por doenças relacionadas à poluição até 2030, melhorar a produtividade das lavouras e evitar a emissão de 8,5 bilhões de toneladas métricas de gases do efeito estufa, o mesmo que tirar cerca de 2 bilhões de carros das ruas (CHESTNEY, 2014).

DIRETRIZES FÓRUM MINEIRO DE ENERGIA RENOVÁVEL ADAPTABILIDADE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Promover a implementação do Plano Nacional de Mudanças Climáticas, e os Programas Estaduais pela aplicação de soluções tecnológicas de baixa emissão de carbono, como por exemplo o aproveitamento local de energias renováveis, incentivando o uso do biogás de resíduos e a produção e o uso de biocombustíveis renováveis, inclusive para a aviação;

Promover a formação de Recursos Humanos;

Diretrizes para Cooperação Empresarial e Institucional para a Sustentabilidade;

Diretrizes para Adaptação às Mudanças Climáticas;

Diretrizes para a Divulgação das Melhores Práticas do Aproveitamento Eficiente das Energias Renováveis;

Promover políticas públicas para uma mudança para um sistema de transporte de baixa emissão de carbono e a melhoria da eficiência energética em fábricas, edifícios e aparelhos visando evitar mortes prematuras e aumentar o crescimento global do Produto Interno Bruto (PIB), a ser avaliado anualmente até 2030;

Fomentar o financiamento e o investimento em tecnologia nas empresas, contando com a colaboração eficiente da academia e ICTs, perseguindo o aumento do PIB estadual e nacional, a ser devidamente monitorado até 2030;



Fortalecer ações intersetoriais voltadas para redução das vulnerabilidades das populações;

Procurar identificar os impactos ambientais decorrentes da mudança do clima e fomentar o desenvolvimento de pesquisas científicas para que se possa traçar uma estratégia que minimize os custos socioeconômicos de adaptação do país;

Buscar manter elevada a participação de energia renovável na matriz elétrica.





FÓRUM MINEIRO ENERGIA RENOVÁVEL

PLANO DE AÇÃO 2014 – 2024

1. Atualizar os inventários de energias renováveis, detalhado com novas tecnologias de avaliação, em Minas Gerais e todos os estados do país.
2. Incentivar à geração complementar pelo aproveitamento de fontes renováveis de energia, resíduos e biogás, por consumidores, produtores independentes, concessionárias, autoprodutores, etc.
3. Incentivar à substituição de combustíveis fósseis pelas fontes renováveis de energia, especialmente em sistemas isolados, diversificação dos recursos potenciais renováveis.
4. Estabelecer Programa Solar para consumidores residenciais, cooperativas com atividades produtivas, hospitais, prédios públicos, iluminação pública de segurança, com incentivos e isenção temporária de impostos como ICMS da energia solar.
5. Promover a irrigação de pequenas propriedades rurais e energização rural utilizando fontes renováveis de energia, economia e reuso da água.
6. Priorizar do aproveitamento de recursos naturais renováveis em obras públicas e edificações em geral.
7. Incentivar o desenvolvimento de florestas de uso múltiplo.
8. Incentivar o desenvolvimento científico e à inovação tecnológica industrial para o eficiente aproveitamento dos recursos naturais renováveis.
9. Promover a capacitação e o treinamento em energias renováveis – incentivo às mudanças de hábitos de consumo.
10. Incentivar a Geração Distribuída como uma ferramenta de estratégia importante ao uso de recursos renováveis disponíveis localmente ou mesmo na concepção de medidas de eficiência energética.
11. Prover informações ao consumidor sobre o consumo individual de energia elétrica, bem como prover ferramentas para auxiliar no controle e na tomada de decisão acerca do consumo.
12. Estabelecer e difundir políticas públicas que proporcionem o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, que priorizem os modos coletivos e não motorizados de transporte, utilizem energia renovável, aproveitamento de resíduos e favoreçam a sustentabilidade ambiental.
13. Induzir/acelerar curva de aprendizagem de tecnologias de energias renováveis no Brasil.



14. Estabelecer leilão específico ou por fonte: viabilização de demanda mínima para o desenvolvimento da cadeia produtiva.
15. Incrementar o mercado livre de energias renováveis.





FÓRUM MINEIRO ENERGIA RENOVÁVEL

Os abaixo assinados certificam que esta Declaração foi debatida e aprovada pelos participantes do Fórum Mineiro de Energias Renováveis 2014, em Belo Horizonte, no BDMG nos dias 10 de junho de 2015.

Diogo Melo Franco - Presidente da FEAM

Janaina Maria França dos Anjos - Diretora da FEAM

Comissão de redação

Ailton Ricaldoni Lobo – SME

Ivonicé Aires Campos Dias – IR Consultoria

José Ciro Mota – SME

Luciana Bassi Marinho Pires - Cardiff University

Wilson Pereira Barbosa Filho – FEAM



FÓRUM MINEIRO ENERGIA RENOVÁVEL

RELAÇÃO DE PRESENÇA E COLABORADORES

PARTICIPANTE	INSTITUIÇÃO
Abílio César Soares de Azevedo	FEAM
Ailton Ricaldoni Lobo	SME
Alceu José Torres Marques	SEMAD
Alexandre Florentin	ENVIROCONSULT
Amilcar Guerreiro	EPE
Ângela Menin Teixeira de Souza	PUCMINAS
Antônio Eduardo Leite	SEDE
Antonella Lombardi Costa	UFMG
Antônio Granadeiro	ABEER
Bernardo Ramos Bahia	SEDE
Carlos Alberto Alvarenga	SOLENERG
Claudio Homero Ferreira silva	CEMIG
Claudio Loureiro	CANADIAN SOLAR BRASIL/ABSOLAR
Daniela Giordano Leite	SEMAD
Daniel Rennó Tenenwurcel	SEDE
Danilo Vieira Jr.	SEMAD
Dep. Célio Moreira	ALMG
Eduardo Nery	ENERGY CHOICE/FIEMG
Elisa Meira Bastos	FEAM
Elizabeth Marques Duarte Pereira	UNA
Fernando Lage de Melo	BDMG
Geraldo Tadeu	CEMIG
Ivonice Aires Campos Dias	IR CONSULTORIA
Jadir Oliveira	SIAMIG
Janaina Maria Franca dos Anjos	FEAM





José Ciro Mota	SME
João Marcos de Castro	INDI
José Fernando Contadini	ABINEE
José Góes Júnior	SEDE
José Roberto Branco	SECTES
Juliana de Moraes Marreco de Freitas	IBMEC
Júlio Onofre Mendes de Oliveira	BDMG
Laurent Duriez	AFD
Lívia Maria Leite da Silva	FEAM
Luciana Bassi Marinho Pires	CARDIFF UNIVERSITY
Maraluce Maria Custodio	ESCOLA SUPERIOR DOM HELDER CÂMARA
Marco Aurélio Dumont Porto	CEMIG
Mariana de Paula e Souza	IEF
Ricardo Brant Pinheiro	UFMG
Rogério Nery de Siqueira Silva	SEDE
Romero Ferreira	CEI
Ronaldo Alexandre Barquette	INDI
Sandro Yamamoto	ABEEOLICA
Sérgio Telles	FINEP
Thiago Costa	DYA SOLAR
Virgínia Campos de Oliveira	SME
Vivian Sebben Adami	PRODUTTARE
Wadaed Uturbey da Costa	UFMG
Wemerson Rocha Ferreira	FEAM
Wilson Pereira Barbosa Filho	FEAM
Zuleika Torquetti	FEAM

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. Disponível em:

<http://www.abrava.com.br/?Canal=150&Channel=QSByZXZpc3Rh&Uid=549713346>. Acesso em: 12 jan. 2015.

ALEXANDRINO, Carlos Henrique; COUY, Saniely Eduarda Magalhães; RODRIGUES, Flaviany Lopes. **Avaliação dos Recursos Geotérmicos de Minas Gerais**, 2008. Disponível em:

<<http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2011/09/Avalia%C3%A7%C3%A3o-dos-recursos-geot%C3%A9rmicos-de-Minas-Gerais.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2014.

ALVES, J. T. **Energia sob nossos pés. Revista Arquitetura e Construção**, 2007. Disponível em:

<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/energia/conteudo_231671.shtml>. Acesso em: 31 dez. 2012.

AMARO, Meiriane Nunes. **Como obter produção e consumo sustentáveis?**, 2012. Disponível em: <<http://www.brasil-economia-governo.org.br/2012/06/18/como-obter-producao-e-consumo-sustentaveis>>. Acesso em: 10 jun. de 2013.

ANDERSON, Elizabeth P.; FREEMAN, Marry C.; PRINGLE, Catherine M. **Ecological consequences of hydropower development in Central America: impacts of small dams and water diversion on neotropical stream fish assemblages**. River Research and Applications;22(4):397–411, 2006.

ARBOIT, Nathana Karina Swarowski; DECEZARO, Samara Terezinha; AMARAL, Gilneia Mello do; LIBERALESSO, Tiago; MAYER, Vinicio Michael; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. **Potencialidade de utilização da energia geotérmica no Brasil – uma revisão de literatura**, 2013. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/viewFile/75194/78742>>. Acesso em: 15 dez. 2014.





ALTERNATIVE ENERGY. **Micro Hydro Power – Pros and Cons**, 2010. Disponível em:< <http://www.alternative-energy-news.info/micro-hydro-power-pros-and-cons/>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

BEZUTTI, N. **Novas Tecnologias em estudo**. Revista gtd (geração, transmissão, distribuição) energia elétrica. Editora Lumiere, ano 10, Ed. 60, pag. 46-51, Mar/abr 2014.

BURANI, Geraldo Francisco; MARUYAMA, Flávio Minora; MORALES UDAETA, Miguel Edgar. Introdução da produção energética através de células de combustível no planejamento energético. In: LATIN-AMERICAN CONGRESS: ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION , 5. 2003, São Pedro. Proceedings, São Pedro: UNESP/Valparaiso Catholic University/National University of Mar del Plata, 2003. 8p.

CARBON TRUST. **Accelerating marine energy: The potential for cost reduction – insights from the Carbon Trust Marine Energy Accelerator**. UK, July 2011.

CARDOSO, Tom. **Governos têm poucas iniciativas para baixar emissões**, 2014. FMASE – Fórum de Meio Ambiente do Setor Elétrico. Disponível em: <<http://www.fmase.com.br/p6401.aspx?IdNoticia=16034&idme=12384>>. Acesso em: 2 jan. 2015.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. 26º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais – BEEMG: ano base 2010. Belo Horizonte, Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/Inovacao/AlternativasEnergeticas/Documents/26BEE MGcc.pdf>. Acesso em: 20 set. 2014.

CHESTNEY, Nina (REUTERS BRASIL). **Políticas climáticas podem elevar PIB global em US\$2,6 tri/ano, diz Banco Mundial**, 2014. Disponível em: < <http://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKBN0EZ02X20140624>>. Acesso em: 2 dez. 2014.

COPEMAN, V. A. **The impact of micro-hydropower on the aquatic environment**. Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management; 11(6):431–6, 1997.



COPPE. **Rio de Janeiro terá geração de energia pelas ondas do mar.** Notícia publicada em 18 de novembro de 2013. Disponível em: <<http://www.planeta.coppe.ufrj.br/artigo.php?artigo=1736>>. Acesso em: 27 jul. 2014.

CRUZ, Ricardo Wilson Aguiar da. **Geração de eletricidade com turbina hidrocínética na Amazônia: o caso da comunidade de São Sebastião.** Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto de Tecnologia da Amazônia, Manaus – AM. Encontro de Energia no Meio Rural Campinas – SP, Brasil. 2003. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000200040&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 Jul. 2014.

DEMIRBAS, Ayhan. **Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey.** Energy Conversion and Management ; 42(10):1239–58, 2011.

ENERGIA RENOVÁVEL. **Selo Energia Renovável.** 2014. Disponível em: <www.seloenergiarenovavel.com.br>. Acesso em: 10 jan. 2015.

EPE – EMPRESA PESQUISA ENERGÉTICA. **Leilões – Compra de Energia Elétrica.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/leiloes/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 16 jan. 2014.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022,** 2013. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE2022.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

EPIA. **Global Market Outlook for Photovoltaics 2013-2017.** Brussels - Belgium: European Photovoltaic Industry Association, 2013.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Utilização da Energia Eólica no Estado de Minas Gerais: aspectos técnicos e meio ambiente,** 2013. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/materia/comunicado_tecnico2_gemuc.pdf. Acesso em: 1 dez. 2014.





Folha de São Paulo. **Brasil perde a dianteira em eficiência energética**, 2014. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/171176-brasil-perde-a-dianteira-em-eficiencia-energetica.shtml>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

Folha de São Paulo. **Energia do bagaço da cana é subutilizada**, 2014. Disponível em: < <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/ribeirao/171283-energia-do-bagaco-da-cana-e-subutilizada.shtml>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

Folha de São Paulo. **Lixo tratado poderia elevar PIB em US\$ 35 bi**, 2014. Disponível em:< <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/172628-lixo-tratado-poderia-elevar-pib-em-us-35-bi.shtml>>. Acesso em 10 set. 2014.

GRABBE, M.; LALANDER, Emilia; LUNDIN, Staffan; LEIJON, Mats. **A review of the tidal current energy Resource in Norway**. Renewable and Sustainable Energy Reviews; 13:1898–909, 2009.

GREENTEC ECOLOGIA AMBIENTAL. **Energia Hidrocinética** - Estudo de Mercado, 2003.

GUNEY, Mukrimin Sevket; KAYGUSUZ, K. **Hydrokinetic energy conversion systems: A technology status review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 2996-3004, 2010.

GUNEY, Mukrimin Sevket. **Evaluation and measures to increase performance coefficient of hydrokinetic turbines**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 (2011) 3669-3675, 2011.

HALL, Douglas G.; REEVES, Kelly S.; BRIZZEE, Julie; LEE, Randy D.; CARROLL, Gregory R.; SOMMERS, Gerold L. **Feasibility Assessment of the Water Energy Resources of the United States for New Low Power and Small Hydro Classes of Hydroelectric Plants**. U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy – Wind and Hydropower Technologies. January, 2006.

IEA. **Technology Roadmap - Solar Photovoltaic Energy**. Paris, France: International Energy Agency, 2010.



INEE. INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Notas sobre geração**

Distribuída. Disponível em:

http://www.inee.org.br/down_loads/forum/Notas%20sobre%20GD.pdf. Acesso em:
12 out 2013.

INSTITUTO ACENDE BRASIL. **Mudanças Climáticas e o Setor Elétrico Brasileiro**,
2012. Disponível em:

<http://www.acendebrasil.com.br/media/estudos/2012_WhitePaperAcendeBrasil_06_MudancasClimaticas_Rev2.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2014.

JOHNSON, Jerome B.; PRIDE, Dominique J. , **River, Tidal, and Ocean Current Hydrokinetic Energy Technologies: Status and Future Opportunities in Alaska**. Prepared for the Alaska Energy Authority - the Alaska Center for Energy and Power (ACEP). November 1, 2010.

KHAN, M. J.; BHUYAN, G.; IQBAL, M. T,QUAICOE, J.E. **Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal application: a technology status review**. Applied Energy; 86:1823– 35, 2009.

KHAN,M. J.; IQBAL, M. T, QUACOE, J.E. **River current energy conversion systems: Progress, prospects and challenges**. Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland, St'Jonh's. Renew Sustain Energy Reviews; 12:2177–93, 2008.

LINDAL B. **Industrial and other applications of Geothermal Energy**. In: ARMSTEAD H. C. H., eds., Geothermal Energy.UNESCO, Paris, 1973.

MARINE HYDROKINETIC TECHNOLOGIES. **Finding the Pathway to Commercialization: Hearing before the Subcommittee on Energy and the Environment of the House Committee on Science and Technology**. 111th Congress (testimony of Roger Bedard), 2009.

MELO, Elbia. **A Perspectiva de Futuro da Energia Eólica**, 2014. Disponível em:<
<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/artigos/118-a-perspectiva-de-futuro-da-energia-e%C3%B3lica.html>>. Acesso em; 11 dez. 2014.





Melo, E. Santos, R., Yamamoto, S. **As políticas energéticas e a regulamentação do marco legal do mercado brasileiro de energia renovável.** Disponível em: <http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/artigos/174-as-pol%C3%ADticasenerg%C3%A9ticas-e-a-regulamenta%C3%A7%C3%A3o-do-marco-legal-do-mercado-brasileiro-de-energiarenov%C3%A1vel.html>. Acesso em: 10 dez. 2014.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência energética: Premissas e Diretrizes Básicas.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/PlanoNacEfiEnergetica.pdf> Acesso em: 12 set. 2014.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio,** 2012. Disponível em: http://www.mme.gov.br/programas/onibus_hidrogenio/menu/projeto/quem_smos.html. Acesso em: 10 out. 2014.

MORETTO, Evandro Mateus; GOMESLL, Carina Sernaglia; ROQUETTI, Daniel Rondinelli; JORDÃO, Carolina de Oliveira. **Histórico, tendências e perspectivas no planejamento espacial de usinas hidrelétricas brasileiras: a antiga e atual fronteira Amazônica,** 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2012000300009&script=sci_arttext. Acesso em: 10 set. 2014.

MUFFLER, P., CATALDI, R. **Methods for regional assessment of geothermal resources. Geothermics,**7, p. 53 – 89, 1978.

PASSOS, Artur Manoel; COELHO, Pedro Renault. **Energia elétrica: perspectivas para os próximos anos,** 2013. Disponível em: <https://www.itaubba-pt/analises-economicas/publicacoes/macro-visao/energia-eletrica-perspectivas-para-os-proximos-anos> . Acesso em: 19 out. 2014.

PENCHE, Celso. **Layman's Handbook on how to develop a small hydro site (Second Edition).** Commission of the European Communities, Directorate-General for Energy by European Small Hydropower Association (ESHA), 1998.



PORTAL BRASIL. **Matriz energética brasileira é destaque em fórum da ONU**, 2014.

Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/06/matriz-energetica-brasileira-e-destaque-em-forum-da-onu>>. Acesso em: 21 out. 2014.

PORTAL ENERGIA. **Preço de Painéis de solares Fotovoltaicos cairá 60% até**

2020. Disponível em: <http://www.portal-energia.com/preco-dos-paineis-solares-fotovoltaicos-caira-60-ate-2020/>. Acesso em 10 dez. 2014.

PREVISIC, Mirko; MORENO, Alejandro; BEDARD, Roger; POLAGYE, Brian; COLLAR, Craig; LOCKARD, David; TOMAN, William; SKEMP, Sue; THORNTON, Stephanie; PASSCH, Robert; ROCHELEAU, Rick; MUSICAL, Walt; HAGERMAN, George. **Hydrokinetic Energy in the United States - Resources, Challenges and Opportunities**. Proceedings of the 8th European Wave and Tidal Energy Conference, Uppsala, Sweden, 2009.

ROSA, Bruno. **Por uma conta de luz menor**, 2014. Disponível em:

<<http://oglobo.globo.com/economia/por-uma-conta-de-luz-menor-12875434>>.

Acesso em: 12 nov. 2014.

ROSA, Bruno. **Para CEG, alta na tarifa de energia elétrica pode incentivar**

autoprodução, 2014. Disponível em: < <http://oglobo.globo.com/economia/para-ceg-alta-na-tarifa-de-energia-eletrica-pode-incentivar-autoproducao-12875456#ixzz3U5w4RsfU>>. Acesso em: 21 dez. 2014.

SIMAS, M. Energia **Eólica e o desenvolvimento sustentável no Brasil: Estimativa da Geração de empregos por meio de uma Matriz de Insumo-Produto Ampliada**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2012.

SORNES, kari. **Small scale Water Current Turbines for River Applications**. ZERO

– Zero Emission Resource Organisation, January 2010.

SOUZA, Leandro Rodrigues de; CUNHA, Alan Cavalcanti da; CORREIA, Magaly de

Fátima. **Experimentação hidrométrica aplicada ao uso de energia hidrocínética na bacia hidrográfica do rio Maracá – AP**, In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010.





THROPTON Energy, Physic Lane, Thropton, Northumberland NE65 7HU, United Kingdom, January 2010. <http://www.throptonenergy.co.uk/>

VAN ELS, Rudi Henri; CAMPOS, Clovis de Oliveira; HENRIQUES, Antonio Manoel Das; BALDUINO, Luis Fernando. **Hydrokinetic turbine for isolated villages**, 2010. Disponível em: <
<http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/artigos/a10e4e0f6494ae3e6ab116b6d291d151.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2014.

VILLULLAS, H. Mercedes; TICIANELLI, Edson A.; GONZÁLES, Ernesto R. **Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis**, 2002. Disponível em: <
<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc15/v15a06.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2014.

