



ENERGIAS RENOVÁVEIS

O POTENCIAL
DAS FONTES
PARA A GERAÇÃO
DISTRIBUÍDA





INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL





INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

4



18

ENERGIA EÓLICA



10

ENERGIA SOLAR



ENERGIA DE
BIOMASSA E BIOGÁS

22



ENERGIA HÍDRICA

14



26

UM FUTURO
RENOVÁVEL





INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



INTRODUÇÃO

Energia elétrica confiável e acessível é fundamental para garantir qualidade de vida, bem-estar à população e crescimento econômico para o país. É ela que nos fornece iluminação, garante o funcionamento de eletrodomésticos e de equipamentos de trabalho, aquece ou resfria nossas casas, possibilita nossa conexão com o mundo, por meio de nossos computadores, *smartphones* e outros eletrônicos, e torna nossa vida mais fácil, confortável e produtiva.

As principais fontes de energia usadas no mundo para produzir eletricidade são divididas em dois grandes tipos: as renováveis e as não renováveis. As que chamamos fontes renováveis são, como o nome diz, um recurso inesgotável, disponível permanentemente, graças à possibilidade de renovação pela própria natureza. São exemplos de recursos naturais: sol, vento, chuva, marés ou correntes de água e energia geotérmica. Outra característica extremamente importante é que causam pouco ou nenhum impacto ambiental, nem mesmo quando são transformados em eletricidade.

As fontes não renováveis são também chamadas fósseis e são provenientes de recursos naturais, que foram armazenados em camadas do subsolo há milhares de anos – período ao longo do qual concentraram grandes volumes de carbono. É o que ocorre com o carvão e com os derivados de petróleo – o óleo diesel e o gás natural. Esses recursos, embora tenham alta capacidade energética, não estão disponíveis de forma perene. São recursos limitados e, como a quantidade que usamos desses recursos para gerar energia é muito superior à capacidade de formação, eles se esgotarão.

O conjunto de fontes usadas na geração de energia elétrica vem se modificando ao longo da história. A água e o carvão foram amplamente utilizados desde a Revolução Industrial – mas a versatilidade do combustível fóssil deu a ele vantagem competitiva e o colocou no centro do desenvolvimento da economia mundial. Por décadas, o carvão foi a fonte preferencial para a iluminação, para a movimentação do maquinário, para o transporte e ainda hoje esse combustível é usado na geração termelétrica.

Com a ampliação da demanda, as fontes e os usos de energia passaram a se diversificar em ciclos: de tempos em tempos experimentamos as chamadas transições energéticas. Essas transições não significam necessariamente a substituição total de uma fonte de energia por outra, mas marcam uma transformação da matriz, com a participação expressiva de novas alternativas.

Assim, em meados do século XIX, teve início a era do petróleo. Encontrado a cerca de 20 metros de profundidade em uma escavação de um poço de água, o petróleo foi usado inicialmente para a obtenção de derivados, como querosene e óleos lubrificantes. Mas, aos poucos, foi ampliando sua participação na matriz energética e elétrica.

As sucessivas crises do petróleo, ocorridas desde meados da década de 1970, e os impactos causados no meio ambiente devido à queima de combustíveis fósseis – principal responsável pelo aquecimento global – levaram à busca de alternativas para sua substituição.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



A transição energética, com exploração de novas fontes, é movida pela busca de maior eficiência, pela possibilidade de gerar mais com menos e pela expectativa redução de danos ambientais. Um exemplo desse processo foi a substituição do carvão vegetal pelo mineral. O carvão vegetal, obtido a partir da madeira, tem potencial calorífico inferior ao carvão mineral – além de intensificar o desmatamento de florestas nativas. Sua utilização é bastante restrita, por conta da maior eficiência energética da opção mineral. O problema é que o carvão mineral é altamente poluente, desde o processo de extração até a queima, e por isso vem sendo substituído paulatinamente por alternativas de menor impacto ambiental, como o gás natural.

A participação de combustíveis fósseis na matriz elétrica tem sido reduzida pouco a pouco, conforme as fontes renováveis não hídricas – solar, eólica, geotérmica, biomassa, entre outras – tornam-se mais competitivas e mais difundidas.

Entre as fontes renováveis, a hidrelétrica é a que tem a maior participação na capacidade global de geração de energia, com uma fatia de 47%, seguida pela energia eólica e solar, com 25% e 23%, respectivamente. Mas, embora a energia hidrelétrica seja considerada uma fonte de energia limpa, o modelo de geração centralizado, em usinas com grandes reservatórios, provoca danos ambientais e desequilíbrio nos ecossistemas atingidos – por isso, está se aproximando de um esgotamento que limita sua expansão.

A atual infraestrutura de geração de energia está envelhecendo no mundo todo e, em muitos casos, se tornando obsoleta. O modelo centralizado, no qual a energia é transportada por longas distâncias, gera muitas perdas e já não consegue acompanhar o crescimento da demanda. A geração de energia elétrica de forma descentralizada e distribuída desponta hoje como tendência mundial, e já é realidade em boa parte dos países desenvolvidos, como Alemanha, Estados Unidos e Japão.

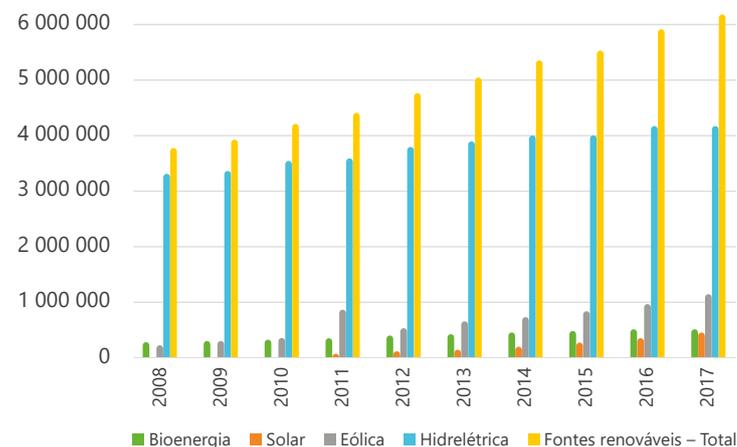
VOCÊ SABIA?



Praticamente toda a geração de energia elétrica usa uma turbina, que pode ser movida por recursos como sol, vento, água, vapor ou queima de gás. A turbina aciona um gerador, que transforma a energia mecânica em elétrica por indução eletromagnética.

Em 1884, o engenheiro britânico Charles Algernon Parsons (1854-1931) inventou a turbina a vapor. Tais turbinas foram modernizadas ao longo dos anos e geram cerca de 80% da energia elétrica global, alimentadas por diferentes fontes. A principal exceção à regra é a geração fotovoltaica, na qual a radiação solar é transformada em energia por meio de um efeito físico.

Participação das fontes renováveis na capacidade global de geração de eletricidade (GWh)



Fonte: International Renewable Energy Agency – IRENA



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



Sistema de compensação *net metering*

As fontes de energia renováveis têm papel crucial não só na diminuição do efeito estufa, na preservação do meio ambiente e da espécie humana, mas também são fundamentais na redução da dependência mundial dos recursos não renováveis, que são finitos.

Quando os combustíveis fósseis, como carvão mineral, petróleo e gás natural, são queimados, liberam na atmosfera o carbono que estava enterrado no subsolo há milhões de anos, em forma de dióxido de carbono (CO₂) e de outros gases causadores do efeito estufa. Eles são os maiores responsáveis pelo aquecimento global, pelo aumento da temperatura terrestre e pelos altos níveis de poluição.

Reduzir a emissão desses gases é o principal objetivo do Acordo de Paris. O compromisso global assumido por quase 200 países estabelece metas de redução de gases de efeito estufa para conter o aquecimento global e seus efeitos. O acordo prevê manter a temperatura média da Terra menos de 2 °C acima dos níveis pré-industriais, além de esforços adicionais para que esse número seja ainda menor: até 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais.

A redução nas emissões de gases de efeito estufa com a consequente desaceleração do aquecimento global é a principal vantagem citada quando se fala em energia renovável. Outras vantagens importantes são citadas a seguir:

- a geração com fontes limpas;
- a redução da poluição do ar, da água e do solo e, como resultado, a diminuição das causas de doenças respiratórias que causam 7 milhões de mortes por ano, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS);
- a diminuição dos preços que pagamos pela energia;
- a ampliação do acesso à eletricidade, devido à possibilidade de geração em áreas remotas;
- a diminuição dos gastos de alguns países com a importação de fontes fósseis e
- a geração de empregos.

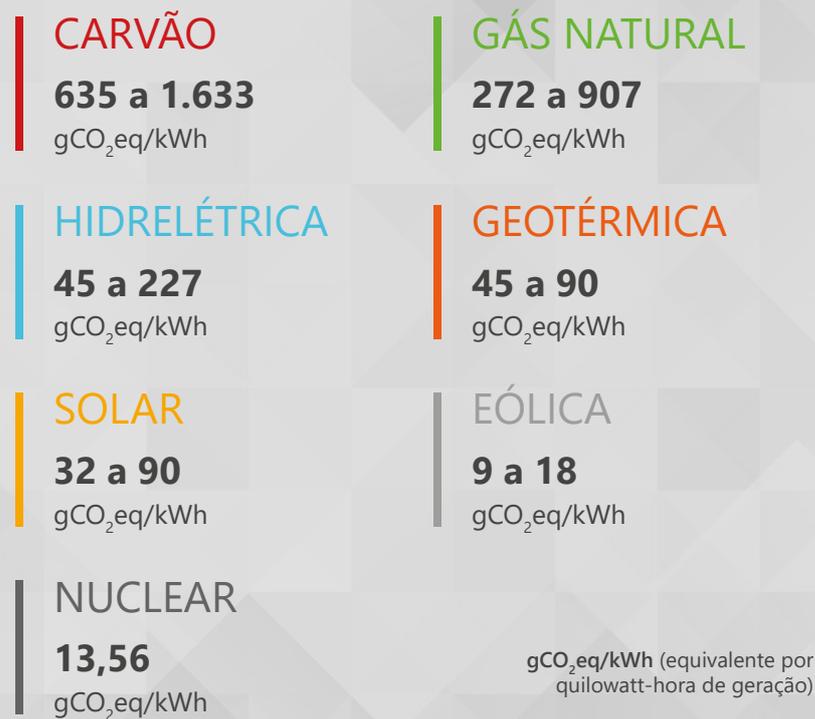
O relatório *Global Outlook on Renewables 2050*, da Irena, estima que os investimentos necessários para adoção de fontes renováveis de energia para atingir a meta de redução do aquecimento global vão gerar 42 milhões de empregos até 2050, quatro vezes a quantidade gerada hoje pelo setor.

A boa notícia é que a geração de energia limpa está crescendo mais rapidamente do que a demanda global de energia. Em 2019, a eletricidade gerada com recursos renováveis foi maior do que o aumento na demanda – em consequência disso, a participação dos combustíveis fósseis diminuiu. Essa transição é necessária para conseguir equilibrar a equação entre desenvolvimento e preservação do meio ambiente.

Emissão de CO₂ por fonte

Analisando o ciclo de vida das fontes renováveis, incluindo sua produção ou formação, instalação, operação e manutenção, vemos que a quantidade de CO₂ emitido é muito menor do que a das fontes tradicionais.

Quantidade de CO₂ emitida pelas principais fontes de energia



Fonte: Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



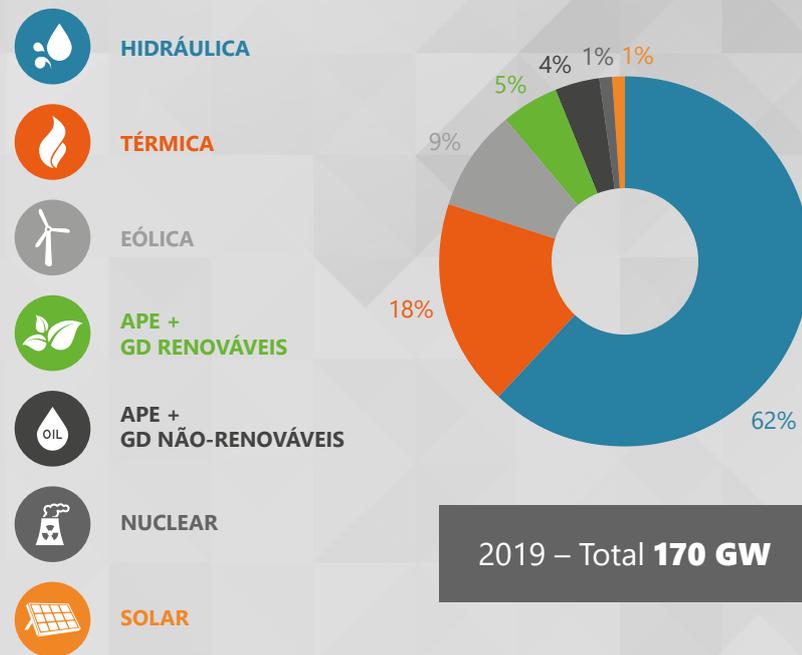
FUTURO RENOVÁVEL



No Brasil, 79% da capacidade instalada de geração elétrica é formada por fontes renováveis. A maior parte é gerada por fonte hidrelétrica (62%), seguida por térmica (18%), eólica (9%), nuclear (1%) e solar (1%). O país se comprometeu a reduzir, até 2025, as emissões de gases de efeito estufa em 37% em relação aos níveis de 2005, e até 2030 reduzi-las a 43%.

O setor energético corresponde a 30% das emissões de CO₂ no país, ficando atrás apenas das mudanças no uso do solo pelas culturas agrícolas e aquelas causadas por desmatamento, que têm as maiores contribuições para o aquecimento global. E ainda que seja um percentual inferior a outros países, devido ao aproveitamento dos abundantes recursos hídricos, é necessário e possível reduzir essas emissões com o uso de fontes ainda mais limpas, cuja emissão é praticamente zero, e com a adoção de um modelo descentralizado de geração.

Capacidade instalada por fonte – Brasil



Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2029 – EPE

As projeções da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), entidade ligada ao governo federal, indicam que a capacidade instalada atual, de 170 GW, terá expansão de 73 GW, atingindo 243 GW em 2029, para atender o crescimento estimado de 2,9% ao ano no consumo. Parte da expansão envolve projetos com fontes renováveis, sobretudo a eólica e a solar.

Os sistemas elétricos em todo o mundo estão passando por uma transição motivada principalmente pela necessidade de descarbonização das matrizes energéticas. Mesmo no Brasil, onde a geração de eletricidade usa predominantemente fontes renováveis, nossa matriz está se modificando e precisa acelerar tal transição para reduzir os efeitos ambientais negativos. A tecnologia que foi a base de nosso atual modelo, a das grandes usinas hidrelétricas, está em vias de esgotamento. Além dos prejuízos ambientais, a redução das chuvas em consequência das mudanças climáticas e os altos investimentos para construção de novas usinas também desestimulam a expansão dessa fonte.

O investimento na expansão das fontes renováveis é fundamental para evitar um colapso no sistema de energia nas próximas décadas. A diversificação da matriz é um caminho sem volta que vem sendo trilhado por muitos países e parte desse crescimento se dará por meio do modelo de microgeração e de minigeração distribuída.

Geração distribuída e sua participação no desenvolvimento sustentável

A geração de energia por meio de pequenos sistemas, localizados perto dos pontos de consumo, chamada geração distribuída (GD), é realizada com fontes limpas e sustentáveis. No Brasil, qualquer pessoa pode gerar sua própria energia, instalando equipamentos em telhados, em fachadas e em terrenos.

A GD foi regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Segundo o documento, qualquer cidadão pode gerar a energia que consome, além de injetar o excedente na rede elétrica, recebendo créditos pelo insumo disponibilizado. Essa forma de geração vem ganhando cada vez mais destaque e incentivo por possibilitar a diversificação da matriz energética, diminuir as perdas do sistema e postergar a necessidade de investimento na ampliação das redes de transmissão e de distribuição de energia.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



Nos últimos anos, a GD teve forte expansão. Em junho de 2019, o país atingiu a marca do primeiro gigawatt (GW) de capacidade instalada em geração distribuída. No final do mesmo ano, ultrapassou a marca de 2 GW. Ao final de 2020, a modalidade tem mais de 4 GW de capacidade instalada. Segundo a Aneel, já são 300 mil usinas em operação, beneficiando mais de 400 mil unidades consumidoras no país¹.

A regulação nacional permite que empresas e residências produzam sua própria eletricidade a partir de fontes renováveis (hídrica, eólica, solar, biogás ou biomassa) ou da cogeração qualificada. Parte da energia é gerada e utilizada simultaneamente, outra parte, que é gerada, mas não é utilizada, vai para a rede elétrica e será aproveitada por outros consumidores da região. Quando injeta energia na rede, o consumidor recebe um crédito em energia que pode ser usado para abater o consumo na fatura dos meses subsequentes, em um prazo de até 60 dias.

Os custos e as responsabilidades para quem produz sua própria energia no modelo de geração distribuída são a aquisição e a instalação dos equipamentos (painéis solares fotovoltaicos, geradores e turbinas), sistema de conexão com a rede de distribuição, as despesas de operação e a manutenção dos equipamentos, além de providenciar a documentação necessária.

A regulamentação do autoconsumo remoto, a geração compartilhada e o empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, pela Aneel, em 2015, foi um passo importante para ampliar o universo de quem produz sua própria eletricidade. O autoconsumo remoto permite gerar a energia em local diferente de onde é consumida, desde que ambos tenham o mesmo proprietário e estejam na área de concessão da mesma distribuidora. A geração compartilhada e o empreendimento com múltiplas unidades permitem a união de vários consumidores, como é o caso dos condomínios.

A GD oferece uma série de vantagens para o sistema elétrico. É uma alternativa de baixo impacto ambiental, com níveis muito reduzidos de emissões de gases de efeito estufa, porque utiliza fontes renováveis. Além disso, oferece menor custo para o consumidor no longo prazo e promove a diversificação da matriz energética e a proximidade entre a geração e o consumo contribui para a redução das perdas que ocorrem nas linhas de transmissão e nas redes de distribuição.

No modelo de GD, a geração e o consumo ocorrem no mesmo local (ou em área próxima), por isso, também apresenta benefícios como o aproveitamento do potencial energético de cada região e da mão de obra local.

¹ Dados compilados em outubro/2020.

GERAÇÃO JUNTO À CARGA

A energia é gerada no mesmo local em que será consumida, utilizando a área de telhado, de estacionamento ou outra área livre que esteja no mesmo terreno.

AUTOCONSUMO REMOTO

A energia é gerada em um local diferente de onde será consumida, desde que os imóveis ou as propriedades pertençam ao mesmo titular (pessoa física ou jurídica) e estejam na área da mesma concessionária de energia. Assim, uma pessoa pode gerar energia para sua casa e para seu comércio utilizando o mesmo sistema.

GERAÇÃO COMPARTILHADA

A energia é gerada em um local diferente dos imóveis ou das propriedades onde será consumida e os proprietários desses sistemas devem estar reunidos por meio de consórcio ou de cooperativa (pessoa física ou jurídica). As unidades consumidoras devem estar na área da mesma concessionária de energia. Por exemplo: um grupo de pessoas interessadas em investir em energia renovável para consumo próprio cria um consórcio, compra um terreno e instala um sistema de mini-geração. Os custos do investimento (ou do financiamento) são divididos, bem como os créditos para compensação na conta de luz de cada participante.

MÚLTIPLAS UNIDADES (CONDOMÍNIO)

O uso da energia elétrica é feito em unidades consumidoras independentes, localizadas na mesma propriedade ou em propriedades contíguas – condomínios verticais ou horizontais. Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os consumidores em porcentagens definidas pelos próprios condôminos.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



Mais opções para o consumidor

A decisão de adquirir e de instalar sistemas de micro ou de minigeração distribuída pode ser feita por qualquer consumidor brasileiro atendido por uma concessionária de energia elétrica. Antes de tomar a decisão, é necessário avaliar a relação entre o custo do projeto, a compra dos equipamentos, a instalação e os benefícios que a GD pode proporcionar. Gerar a própria energia, compensando o excedente injetado na rede elétrica, reduz em até 95% o valor da conta de luz. São diversas variáveis a serem avaliadas, a saber: a fonte de energia a ser usada (solar, eólica, hidrelétrica, biomassa ou cogeração qualificada), a localização, o porte do sistema, as tarifas de energia locais, as linhas de financiamento e as condições de pagamento.

Para as unidades consumidoras conectadas em baixa tensão², como acontece com a grande maioria das instalações residenciais, é preciso incluir na conta o custo de disponibilidade, cujo valor em reais é equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico). É o valor cobrado pela distribuidora local para que o consumidor possa usar a energia da rede, caso precise, e que deve ser pago mesmo quando a energia excedente produzida pelo consumidor e injetada na rede superar o consumo. Já os consumidores conectados em média e em alta tensão³ podem zerar a conta de energia, mas continuam arcando com as despesas da demanda contratada (a parcela da conta referente à estrutura de distribuição).

Para que uma central geradora de energia seja caracterizada como micro ou como minigeração distribuída é obrigatório solicitar a conexão à rede da distribuidora local e obter o parecer de acesso. O pedido deve conter o formulário de solicitação de acesso para micro e para minigeração distribuída (disponíveis nos anexos II, III e IV da seção 3.7 do módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição, ou Prodíst, da Aneel). Há formulários específicos, de acordo com a potência instalada do sistema, que devem ser protocolados na distribuidora com os documentos solicitados.

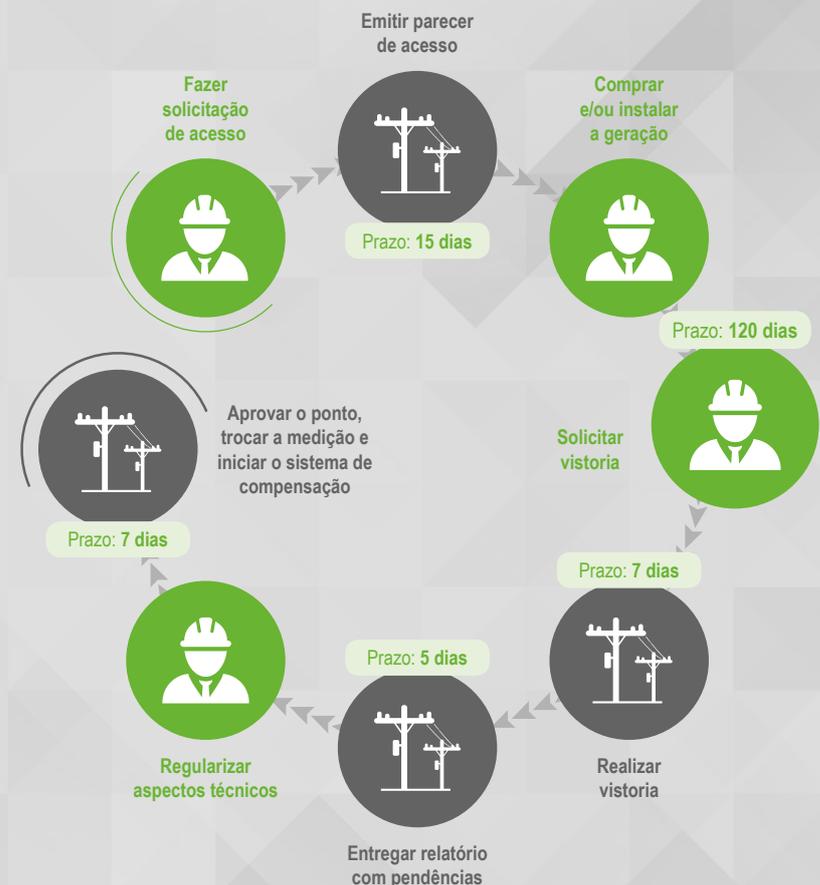
Após analisar as informações, a distribuidora emite o parecer de acesso, que especifica as condições para os requisitos técnicos para a conexão à rede, com os respectivos prazos. Caso seja necessário fazer alguma obra para atender tais requisitos, é preciso apresentar o orçamento com o cálculo dos custos, com os encargos de responsabilidade da distribuidora, incluindo a eventual participação financeira do consumidor.

² Conexões classificadas como grupo B, com tensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada ou a 1500 V em corrente contínua.

³ Consumidores do grupo A, com conexões acima de 1000 V em corrente alternada ou de 1500 V em corrente contínua.

O prazo máximo para elaboração do parecer por parte da distribuidora é de quinze dias para microgeração e de trinta dias para minigeração – ela também é responsável por enviar à Aneel as informações da unidade para registro no órgão.

Processo para registro de uma central geradora



Os procedimentos em verde são de responsabilidade do consumidor. Em cinza, são os procedimentos da distribuidora.

Fonte: Aneel



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



ENERGIA SOLAR

Além de trazerem luz e calor ao incidirem sobre a Terra, os raios solares podem ser aproveitados para gerar energia elétrica ou térmica, constituindo-se em uma fonte limpa e inesgotável. Há diferentes tecnologias desenvolvidas para aproveitar a radiação solar, apresentadas a seguir.

- Sistemas solares térmicos: usam coletores solares para absorver a radiação solar para aquecer a água ou o ar.
- Usinas térmicas solares: usam coletores solares concentradores, semelhantes a espelhos, para concentrar os raios solares e aquecer um fluido em alta temperatura. Esse fluido gera vapor para alimentar uma turbina e um gerador.
- Sistemas fotovoltaicos (PV): usam células elétricas solares que convertem a radiação solar diretamente em eletricidade. Elas são organizadas em módulos (painéis) com capacidades variadas. Os sistemas fotovoltaicos variam de células fotovoltaicas únicas, que fazem funcionar desde uma calculadora até grandes usinas, com centenas de módulos.

Foto + volt = fotovoltaica

Foto = luz em grego

Volt = unidade de medida do potencial elétrico

A forma mais difundida de geração de energia elétrica a partir do Sol é a fotovoltaica. As células fotovoltaicas, dispositivo elétrico que converte a luz do sol em energia elétrica, são fabricadas com materiais semicondutores, sendo o silício o mais comum. Sua estrutura é formada por camadas – uma positiva, na parte inferior, outra negativa, na parte superior – unidas por uma grade finíssima. Como a luz solar é composta de partículas que carregam energia, os fótons, o papel das células fotovoltaicas é absorver parte deles, provocando a liberação dos elétrons do material semicondutor, gerando eletricidade. A eletricidade é gerada em corrente contínua e precisa passar por um inversor, que converte a corrente contínua em alternada.

Uma grande vantagem da fonte solar é que ela permite que a energia gerada seja consumida no próprio local, simultaneamente, ou em áreas próximas – a chamada geração distribuída. Isso elimina as perdas que geralmente ocorrem nos sistemas de transmissão e de distribuição. Além disso, o impacto ambiental da instalação desses sistemas é praticamente zero.

Os painéis são modulares e muito versáteis. Podem ser adquiridos por pessoas físicas ou por empresas e instalados nos telhados de casas e de prédios, em áreas de estacionamento, em áreas abertas ou terrenos. Quanto maior a intensidade da luz solar, maior o fluxo da eletricidade gerada. A seguir, apresenta-se o que compõe um sistema fotovoltaico.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



- Painel fotovoltaico, que é composto de um ou mais módulos fotovoltaicos e funciona como gerador de energia elétrica.
- Controlador de carga (*string box*), que é um dispositivo eletrônico que protege as baterias contra sobrecarga ou descarga excessiva.
- Inversor, que é o dispositivo eletrônico que converte a energia elétrica em corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), a fim de permitir a utilização de eletrodomésticos convencionais.

O módulo ou a placa fotovoltaica é um conjunto de 30, 60 ou 72 células solares interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de gerar eletricidade. Já os painéis são compostos de vários módulos, formando uma única estrutura. Um conjunto de módulos com equipamentos complementares (inversores e cabos) forma um sistema fotovoltaico.

Há duas maneiras de fabricar um módulo solar. A técnica mais tradicional – e a mais usada hoje em dia – é com células solares feitas de fatias superfinais de silício em formato cristalino, normalmente colocadas entre vidros e emolduradas por alumínio. Outro modo é usando uma aplicação de um tipo de spray de material semicondutor sobre vidro, película ou outro material transparente e flexível.

Essa última técnica permitiu a criação de módulos solares flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes e com superfícies curvas, facilitando seu uso. Mas essas alternativas ainda têm vida útil inferior às placas tradicionais e, em muitos casos, baixa eficiência. A eficiência do módulo ou da placa indica qual porcentagem da energia solar que incide nele é transformada em energia elétrica. Ela é medida pela quantidade de watts gerada por metro quadrado (W/m²).

O inversor é o equipamento necessário para fazer a medição da energia gerada e para transformar a energia que é gerada pelo painel ou pelo módulo solar em corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), o padrão usado na iluminação e em praticamente todos os equipamentos que temos em casa. Esse dispositivo deve ser instalado em um lugar protegido do Sol, do calor e da chuva, em geral perto do quadro de luz de casas e de prédios. No caso de instalações maiores, como miniusinas de geração distribuída, eles ocupam espaços maiores.

Quando se planeja a instalação do sistema fotovoltaico, é preciso se certificar de que a tensão do conjunto de placas fotovoltaicas conectada no inversor não seja superior à tensão máxima de entrada, o que ocasionaria a queima do dispositivo. Também há necessidade de uma caixa com fusíveis – chamada *string box* – disjuntores e chaves que protegem o equipamento de descargas na rede elétrica, que podem ser provocadas por raios ou por outras intempéries.



Breve história da energia solar

Desde a Antiguidade, a energia solar desperta o interesse de filósofos e de cientistas. O uso de espelhos para direcionar os raios do Sol, gerando fogo ou aquecendo recipientes com água, é registrado desde 200 a.C. Mas a possibilidade de transformar a luz do sol em energia elétrica é uma descoberta recente. O efeito fotovoltaico foi descoberto no século XIX, na França, pelo físico Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891), em seus estudos sobre os elétrons. Ele expôs uma célula eletrolítica composta de cloreto de prata em uma solução ácida à luz solar, conectada em eletrodos de platina, e conseguiu produzir corrente elétrica. Seus estudos foram publicados em 1839.

Anos mais tarde, em 1873, o pesquisador e engenheiro inglês Willoughby Smith (1828-1891) descobriu a fotocondutividade do selênio. O inventor estadunidense Charles Fritts (1850-1903) criou a primeira célula solar de selênio em 1883 e instalou o primeiro sistema de geração de energia solar em um telhado de Nova York em 1884, cuja eficiência era de apenas 1%. Um passo importante na história da energia solar foi dado por Albert Einstein (1879-1955), no início do século XX, quando formulou a teoria do efeito foto-elétrico – que ajudou a explicar os fenômenos descritos por Becquerel quase um século antes. Essa teoria rendeu-lhe o Prêmio Nobel de Física.

Em 1954, pesquisadores dos Laboratórios Bell desenvolveram a primeira placa solar usando células de silício. Os primeiros painéis comerciais surgiram na década de 1950, mas com alto custo. Assim, sua utilização acabou restrita à indústria espacial. Em 1958, o Vanguard1 ficou conhecido como o primeiro satélite a utilizar energia solar.

Em 1980, após diversos aprimoramentos das placas solares, a primeira usina solar foi construída na Califórnia, com potência instalada de 1 MW. Em 1999, a capacidade instalada de energia solar no mundo atingiu a marca de 1 GW. Em 2019, a potência mundial superou a marca de 500 GW.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



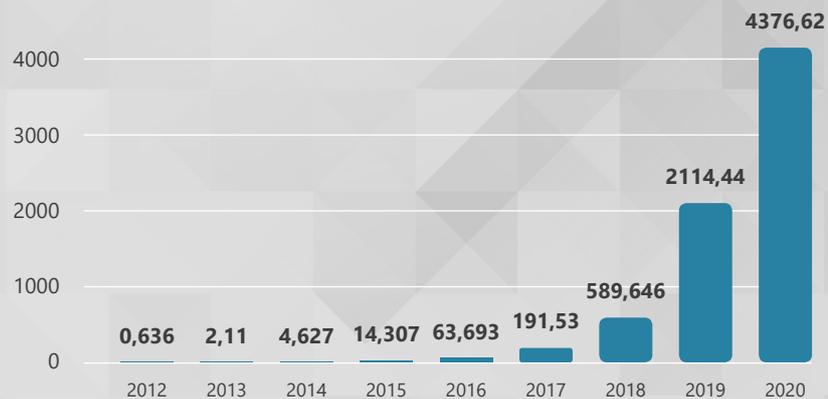
FUTURO RENOVÁVEL



Energia solar na GD

A energia solar é a fonte mais utilizada para a geração distribuída de eletricidade em todo o mundo. No Brasil não é diferente. Desde 2012, com a publicação da Resolução Normativa nº 482 pela Aneel, já são mais de 300 mil unidades consumidoras, com potência instalada de 4 GW, gerando energia por meio de sistemas fotovoltaicos no país. De acordo com as projeções da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em seu Plano Decenal de Expansão de Energia 2029, no final da década serão 1,3 milhão de unidades produzindo sua própria energia, por meio da geração distribuída, totalizando 11,4 GW. Desse total, 63% virão de sistemas fotovoltaicos.

Potência instalada em GD solar no Brasil (MW)



*até dezembro/2020

Fonte: Aneel

Os microgeradores (sistemas com potência de até 75 kW) e os minigeradores (potência entre 75 kW e 5 MW) solares fotovoltaicos produzem energia suficiente para o consumo de uma casa, um edifício, um galpão industrial, uma granja rural ou um condomínio. Além de produzir a energia consumida em sua casa, condomínio ou

empresa, quem tem sistema de geração distribuída ainda injeta na rede da distribuidora o excedente, fornecendo energia para outros usuários. Um relógio bidirecional registra a energia que é injetada na rede e a que, eventualmente, for usada da rede, quando houver necessidade.

O prosumidor, como é chamado aquele consumidor que também produz seus próprios insumos, não recebe pela energia que injeta na rede, mas tem direito a um crédito que pode ser usado em um prazo de até 60 dias. Se a energia gerada for superior à consumida, a conta de luz não é zerada: ele precisa pagar uma taxa de disponibilidade, equivalente ao consumo de 50 KWh mensais, cobrada pela distribuidora, pela infraestrutura, que permanece à sua disposição.

O Brasil apresenta grande potencial para geração de energia solar, pela elevada incidência de radiação em seu território. Na região menos ensolarada do país, é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, um dos países líderes no uso da energia fotovoltaica. Nos últimos anos, com a redução do custo inicial dos equipamentos e o aumento das tarifas de energia, a expansão da fonte solar foi acelerada. Apesar disso, a participação da fonte solar na matriz elétrica brasileira ainda é pequena, correspondendo a cerca de 1% do total.

Paralelamente às questões ambientais, a evolução das tecnologias e o aumento da demanda têm contribuído para a crescente redução nos custos dos equipamentos e da instalação de sistemas de geração de energia a partir de fontes renováveis. De 2010 a 2019, os sistemas fotovoltaicos tiveram seu custo reduzido em 82% globalmente, segundo a Agência Internacional de Energia Renovável (International Renewable Energy Agency – Irena). Além do custo menor, os painéis ganharam mais eficiência.

Quanto custa um sistema de geração de energia fotovoltaica?

O custo para adquirir e para instalar um sistema de geração de energia fotovoltaica varia de acordo com o tipo de equipamento, com o fabricante e com as condições do local onde será instalado.

Segundo o estudo do Instituto Ideal, intitulado O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica (2018), que é uma referência no mercado, o preço médio cobrado pelas empresas de projeto e de instalação em 2017 foi de R\$ 6,29 por Watt



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



pico (Wp) instalado. Assim, na época, para instalar um sistema com capacidade de dois quilowatts pico (2 kWp), para atender a demanda de energia de uma casa, eram necessários cerca de R\$ 15.000,00.

Porém, o preço de módulos fotovoltaicos, inversores e demais equipamentos, assim como o de instalação dos sistemas, vem caindo significativamente. Em um caso hipotético, estima-se que o custo de um sistema de geração fotovoltaica para abastecer uma casa com consumo em torno de 180 KWh, cuja conta mensal é de cerca de R\$ 120,00, seria em torno de R\$ 10.500,00. Isso inclui a elaboração e a homologação do projeto, o fornecimento e a instalação dos módulos e o inversor.

Nesse caso, a estimativa é que o investimento se pague em sete anos – sendo que a vida útil do equipamento é estimada em 25 anos. Mesmo com um investimento inicial mais alto, quanto maior for o consumo da unidade, menor o prazo de retorno. Além disso, há diversos incentivos para a geração distribuída usando captação de energia solar, apresentados a seguir.

- Isenção de imposto sobre produtos industrializados (IPI): o Decreto-Lei nº 7.212, de 15 de junho de 2010, estabelece que é imune à incidência do IPI quem capta energia solar.
- Isenção do imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS) para as operações com equipamentos e em componentes para o aproveitamento da energia solar.
- Apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que oferece taxas diferenciadas para o financiamento de projetos de geração de energia solar.
- Plano Inova Energia, que é um fundo criado pelo BNDES para incentivar a pesquisa e a inovação nas áreas de geração de energia solar.
- Redução do imposto de importação para a produção de equipamentos de geração solar fotovoltaica, cuja alíquota é reduzida para 2%.





INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



ENERGIA HÍDRICA

A energia hidrelétrica utiliza-se do movimento das águas dos rios para produzir eletricidade. O sistema de geração aproveita a vazão e os desníveis ao longo de um curso-d'água (a velocidade com que a água flui) ou o potencial hidráulico, como é chamado, para produzir energia. O volume, que é medido pela quantidade de água disponível, varia de acordo com as condições naturais (geografia e clima, por exemplo), já os desníveis podem ser naturais, como as quedas-d'água, ou criados artificialmente por meio da construção de barragens ou de desvios do leito natural do rio, formando reservatórios.

A estrutura básica de uma hidrelétrica envolve uma turbina e um gerador. Para transformar a força da água em energia, ela é canalizada em direção à turbina que, ao rodar, ativa o gerador. A energia potencial é transformada em energia cinética e, esta, em energia elétrica, que é transportada por fios e por cabos de alta tensão até as subestações de distribuição, transformada em baixa tensão e distribuída para as unidades consumidoras.

As principais variáveis utilizadas na classificação de uma usina hidrelétrica são: altura da queda-d'água, vazão, capacidade ou potência instalada, tipo de turbina empregada, localização, tipo de barragem e reservatório. Todos são fatores interdependentes. Assim, a altura da queda-d'água e a vazão dependem das características do local em que é feita a instalação e determinam a capacidade ou a potência instalada que, por sua vez, define o tipo de turbina a ser usada, a barragem e o tamanho do reservatório necessários. De acordo com as definições adotadas pela Aneel, uma queda-d'água é

considerada baixa se tiver até 15 metros, média se medir de 15 a 150 metros e alta se tiver mais de 150 metros e reservatório.

Há três tipos de usinas, de acordo com o sistema usado na captação de água: a de acumulação, a de fio-d'água e a reversível. Nas de acumulação, o reservatório é formado com a construção de uma barragem na cabeceira do rio, em locais onde há quedas-d'água ou que acumulam grande volume de água. Os projetos do tipo fio-d'água não têm reservatório, pois aproveitam a corrente de água do rio para gerar eletricidade. E as do tipo reversível usam bombeamento para elevar o volume de água armazenado em um reservatório adicional, localizado em um nível mais baixo, nos períodos em que o volume não é suficiente para chegar naturalmente à represa. Nos grandes projetos, os reservatórios são especialmente importantes para garantir a disponibilidade de água em épocas de seca, mantendo a geração e o fornecimento de eletricidade. Porém, eles causam danos significativos ao meio ambiente, como o deslocamento de populações ou de áreas produtivas, destruição da fauna e da flora nas áreas alagadas e alteração das condições climáticas.

Contribuem também para a emissão de dióxido de carbono e de metano, dois gases causadores do aquecimento global, que são liberados na decomposição das árvores que permanecem acima do nível da água e da matéria orgânica no fundo dos reservatórios. Assim, os projetos como aqueles construídos nos anos 1960 e 1970, como é o caso de Itaipu, são cada vez mais raros e menos factíveis.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



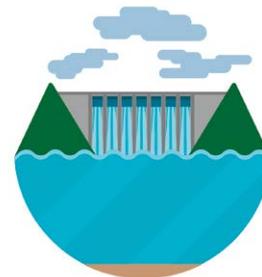
Uma alternativa para reduzir os impactos ambientais e evitar os custos elevados das grandes obras para a construção de hidrelétricas são usinas de menor porte, como as pequenas centrais hidrelétricas (PCH) ou ainda as chamadas centrais geradoras hidrelétricas (CGH). A diferença entre elas é o tamanho, pois as primeiras têm potência entre 5 MW e 30000 MW e área total de reservatório igual ou inferior a 3 km². Já as segundas são menores, com potência instalada de até 5 MW, e dispensam a construção de barragem (que mesmo quando são feitas, não têm a função de armazenar água).

De acordo com a Aneel, até outubro de 2020, o Brasil abrigava 1293 usinas desses portes, que geravam cerca de 500 mil empregos diretos. Mas, segundo a Associação Brasileira de PCHs e CGHs (ABRAPCH), esse número representa apenas um terço do potencial nacional. A Alemanha, com dimensões territoriais e disponibilidade hídrica inferior à brasileira e uma das legislações ambientais mais rigorosas do mundo, tem mais de 7300 usinas de até 30 MW de potência. Já a China tem 47700 empreendimentos equivalentes às centrais desses dois tipos.

Ao contrário das grandes usinas hidrelétricas, as PCHs e as CGHs funcionam com a vazão do próprio curso-d'água, não implicando em alterações no curso natural dos rios e nem das características hidrológicas da região. Mas nem todo curso ou queda-d'água é capaz de gerar eletricidade, por isso a decisão de investir em um projeto como esse requer um estudo de viabilidade.

UHE (Usina Hidrelétrica)	PCH (Pequena Central Hidrelétrica)	CGH (Central Geradora Hidrelétrica)
Capacidade instalada acima de 30 MW	Capacidade instalada de 5 MW até 30 MW	Capacidade de até 5 MW
Reservatório acima de 13 km ²	Reservatório de até 13 km ²	Não necessita de reservatório
Requer concessão	Requer outorga de autorização	Dispensa procedimentos de outorga e concessão

Apesar de serem “pequenas” perto de gigantes nacionais, como a Usina de Itaipu, as PCHs já são responsáveis por cerca de 3,5% de toda a capacidade instalada do sistema interligado nacional. Já as CGHs estão distribuídas por todo o território nacional, com 750 unidades em operação, e somam mais de 800 MW de potência instalada.



Breve história da energia hidrelétrica

Desde a Antiguidade, a força da água tem sido usada para gerar energia mecânica, na moagem de grãos, por exemplo. Mas foi somente no século XX que ela passou a ser usada quase exclusivamente para geração de eletricidade. A primeira usina hidrelétrica de grande porte do mundo, gerando energia em corrente alternada, foi construída em 1895, nas Cataratas do Niágara, na fronteira entre os Estados Unidos e o Canadá.

No Brasil, o marco da geração de energia hidrelétrica foi a Usina de Marmelos, no rio Paraíba, construída no município de Juiz de Fora (MG), em 1889. No início, a operação era feita com dois grupos de geradores de 125 kW cada. Devido à abundância de recursos naturais e aos grandes projetos implantados após a Segunda Guerra Mundial, o país tornou-se líder na geração de energia a partir da água e hoje ocupa a segunda colocação no *ranking* mundial, atrás apenas da China, considerando-se a capacidade instalada. São mais de 220 usinas hidrelétricas em operação, que geram mais de 60% de toda a energia elétrica centralizada.

Hidrelétricas na GD

As Centrais Geradoras Hidrelétricas estão aptas a serem utilizadas para geração distribuída de energia elétrica. Há 33 usinas operando nessa modalidade, que somam 22,8 MW de potência instalada, e geram energia para mais de 5 mil unidades consumidoras. Ainda há grande potencial de crescimento, pois segundo a projeção da EPE, 19% da energia obtida por geração distribuída em 2029 será de fonte hídrica.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



As CGHs são empreendimentos de pequeno porte e reduzido impacto ambiental que podem ser construídas em um prazo entre 24 e 30 meses e, ao contrário das usinas de maior porte, não requerem concessão, permissão ou autorização para serem implantadas, precisando somente fazer a comunicação e o registro do empreendimento à Aneel, por meio da distribuidora local de energia da área em que está localizada.

Além disso, as CGHs produzem energia “firme”, de forma contínua – não estão sujeitas às intermitências como as demais fontes renováveis. Isso lhes dá algumas vantagens, como a confiabilidade no fornecimento.

Potência instalada em GD hídrica no Brasil (MW)



*até dezembro/2020

Fonte: Aneel

Quanto custa instalar uma CGH?

Os custos para instalação de uma usina hidrelétrica de pequeno porte variam muito, dependendo do tamanho da usina, do local e do tipo de turbina a ser utilizada. O investimento inicial inclui os custos do estudo de viabilidade, do projeto de engenharia, a aquisição de equipamentos e de materiais, além da execução das obras. Após

a entrada em operação, os custos caem consideravelmente – serão apenas os de manutenção dos equipamentos.

Há algumas projeções que oferecem uma ideia do investimento, mas o ideal é contar com a ajuda de uma empresa ou de profissionais especializados para determinar a melhor forma de aproveitar os recursos locais. Estudos realizados por pesquisadores da Universidade de Brasília⁴ estimam o custo de construção de uma CGH em cerca de R\$ 5.000,00 por kW instalado. Já os estudos realizados na Universidade de São Paulo⁵, considerando a elaboração do projeto, aquisição de equipamentos, mão de obra e material, propõem um investimento inicial entre R\$ 800,00 e R\$ 1.600,00 por kW.

O projeto básico de uma CGH contempla o projeto de engenharia, o licenciamento ambiental, as obras civis, os equipamentos e a conexão na rede. Com ele, é possível fazer o dimensionamento da central geradora, definir as obras de infraestrutura local para a implantação da usina, além das ações ambientais necessárias – e, com isso, definir o orçamento, providenciar a documentação e contratar os serviços.

O primeiro passo para a construção de uma CGH é a escolha de um rio – é necessário identificar um local que ofereça condições para a instalação da usina. A propriedade das terras em que o projeto será desenvolvido não é obrigatória, mas o empreendedor precisa ter autorização para usufruto dos recursos hídricos – o que engloba toda a área de alagamento de ambas as margens e da chamada Área de Preservação Permanente (APP).

Com o local definido, é hora de analisar a queda e a vazão do rio naquele ponto e, com isso, estimar um valor de investimento e a capacidade de geração da usina, para a posterior elaboração do projeto básico – no qual serão especificadas as obras a serem executadas, os equipamentos que a casa de máquinas deverá conter e todos os detalhes do empreendimento. Ao mesmo tempo em que os estudos e a elaboração do projeto estão sendo conduzidos, recomenda-se dar início ao processo de licenciamento ambiental, que envolve três etapas: licença prévia (LP), licença de instalação (LI) e licença de operação (LO).

⁴ QUEIROZ, Guilherme Bertuol Rodrigues de. Análise da viabilidade econômica das Centrais Geradoras Hidrelétricas. Trabalho de graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/1385/1/2010_GuilhermeBertuolRodriguesdeQueiroz.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2020.

⁵ NAHAS, Renato Luiz de Lima. PCHs: viabilidade e inventário hidrelétrico. Trabalho de graduação apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-17112011-114306/publico/Nahas_Renato_Luiz_de_lima.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2020.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



Após a aprovação do projeto, são iniciadas as obras civis e serão construídos a barragem, o reservatório, um canal de adução e os condutos forçados – tubulações com pressão interna diferente da atmosférica, que “sugam” a água para dentro da usina. A barragem retém a água, formando um desnível, e pode contribuir para aumentar a queda, desviar o curso do rio ou para manter o nível de água constante, melhorando a operação da usina. A água é capturada no nível da barragem e a queda que existe até o nível da casa de máquinas gera a pressão necessária para mover as turbinas.

O passo seguinte é a fabricação dos equipamentos necessários para a casa de máquinas: turbina, gerador e um regulador de velocidade, que “controla” a quantidade de água admitida na turbina e o ângulo de abertura das pás, para que a geração de energia aconteça conforme o planejado. A etapa final é a interligação da CGH ao sistema elétrico na modalidade de geração distribuída, para que as unidades consumidoras possam receber a energia gerada na CGH.



Etapas do licenciamento ambiental

LICENÇA PRÉVIA (LP)

concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou da atividade, aprovando sua localização e sua concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação.

LICENÇA DE INSTALAÇÃO (LI)

autoriza a instalação do empreendimento ou da atividade, de acordo com as especificações constantes dos planos, dos programas e dos projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante.

LICENÇA DE OPERAÇÃO (LO)

autoriza a operação da atividade ou do empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

Fonte: Resolução Conama N° 237, de 19 de dezembro de 1997.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



ENERGIA EÓLICA

É a energia obtida pela ação do vento, aproveitando a energia cinética gerada pelas correntes atmosféricas. Ela é usada desde a Antiguidade para mover embarcações a vela ou máquinas. De certa forma, também tem origem no Sol, que aquece a superfície da Terra de forma não homogênea, gerando locais de baixa pressão e locais de alta pressão. Isso faz o ar se mover, gerando ventos.

As usinas eólicas usam grandes cataventos, instalados em áreas onde a movimentação das massas de ar é intensa e constante na maior parte do ano. Os ventos giram as hélices, que movem as turbinas, acionando os geradores – nesse processo, a energia cinética do vento transforma-se em energia mecânica e, depois, em energia elétrica. Os aerogeradores podem ser instalados individualmente para geração em pequena escala ou em conjunto, formando os parques eólicos.

Ao contrário da energia solar – que é gerada em corrente contínua (CC) – a eólica fornece a corrente alternada (CA). Por isso, alguns modelos de aerogeradores podem ser conectados diretamente à rede elétrica, dispensando o uso de inversores.

A importância dessa fonte vem crescendo, por ser uma energia limpa. Em 2019, a capacidade de geração eólica mundial era de cerca de 650 GW. Ela também está se tornando cada vez mais competitiva, uma vez que o custo de geração desse tipo de energia vem caindo ao longo dos últimos anos. No mundo, o custo da energia eólica

produzida em terra (*onshore*) caiu 23% no período de 2010 a 2017. Essa tendência é resultado da evolução tecnológica e do curto prazo necessário para a instalação, entre outros aspectos.

No Brasil, os primeiros anemógrafos computadorizados e sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha (PE), no início dos anos 1990. Os resultados dessas medições possibilitaram a determinação do potencial eólico local e a instalação das primeiras turbinas eólicas. A primeira delas foi instalada em Fernando de Noronha, em 1992.

Naquela época, quase toda a energia elétrica consumida no arquipélago era gerada pela queima de óleo diesel. A energia gerada por apenas uma torre, que correspondia a 10% do consumo, representava uma redução de 70 mil litros de óleo diesel por ano. Dois anos depois, entrou em operação a primeira usina eólica conectada ao sistema elétrico integrado do país, na cidade de Gouveia (MG), no vale do Jequitinhonha.

Em meados de 2019, a energia eólica atingiu 15 GW em capacidade instalada, tornando-se a segunda fonte de energia com maior potência instalada na matriz elétrica do país. Estima-se que o potencial de geração eólica do Brasil seja de 500 GW, energia equivalente a três vezes a demanda nacional atual.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



Turbina eólica vista por dentro

Conheça os componentes de uma turbina eólica e saiba quais são as funções de algumas das principais partes.

Pás – Captam o vento, transferindo sua potência para o motor.

Nacele – É o compartimento que fica no alto da torre e acomoda caixa de transmissão, gerador, embreagem, sistema hidráulico e controle eletrônico.

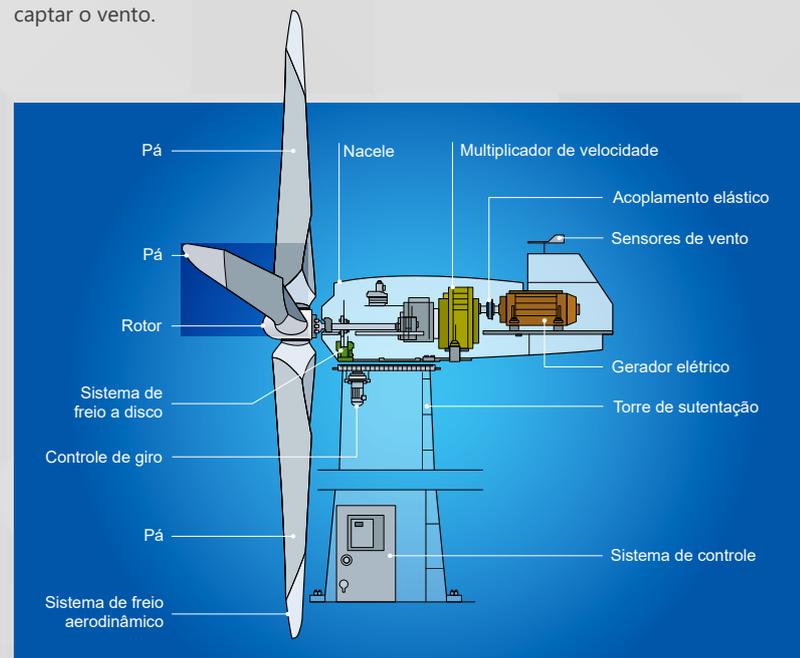
Multiplicador de velocidade – Propaga a energia mecânica do eixo do rotor para o eixo do gerador.

Sensores de vento – Medem a intensidade e a velocidade do vento.

Rotor – Transfere a rotação das pás para o gerador.

Gerador elétrico – Converte a energia mecânica do eixo em energia elétrica.

Torre – Sustenta as pás, o rotor e a nacele para que fiquem na altura adequada para captar o vento.



Fontes: www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10027416.pdf e Portal de Energia.

As pás de uma turbina eólica são essenciais, seu movimento de rotação faz girar o rotor do aerogerador, produzindo energia elétrica. Embora muitas pessoas associem a eficiência de uma turbina à quantidade de pás, o mais importante é o tamanho das pás e a superfície por elas varrida. É possível encontrar turbinas com duas pás com a mesma eficiência que uma turbina eólica de três pás.

As turbinas eólicas têm duas principais características: a posição do eixo e sua localização. Quanto à posição do eixo, as mais comuns e mais eficientes são as horizontais, com o eixo paralelo ao solo. As que têm eixo vertical, costumam ser menos barulhentas e se adequam melhor às edificações, sobretudo em áreas urbanas.



Turbinas eólicas. Na primeira imagem, com eixo vertical, e, na segunda, eixo horizontal.

Outra característica é definida pelo local onde a turbina é instalada: em terra ou no mar. As turbinas instaladas longe da costa (*offshore*) são maiores e conseguem captar mais energia, podendo gerar até o dobro de turbina instalada em terra (*onshore*).

As turbinas *offshore* captam o fluxo de ar que sopra da terra para o mar. São instaladas em alto mar, longe das rotas de tráfego marinho, de áreas estratégicas ou de preservação e costumam gerar a maior quantidade de energia durante o dia, quando a demanda é maior, enquanto as turbinas *onshore* são mais produtivas durante a noite. A conexão com a rede elétrica em terra é feita por cabos submarinos por onde a energia é transmitida até uma subestação e depois para as linhas de distribuição.

As turbinas, também chamadas aerogeradores, são divididos em dois grandes grupos: os sistemas de alta potência e os de baixa potência ou microgeradores. Além da capacidade de geração, eles diferem também nas dimensões. Em geral, os de grande porte seguem o padrão de 2 a 3 MW de potência instalados em torres de 150 metros de altura e são usados em conjunto formando parques eólicos. Os de baixa potência são menores e usados em residências, em prédios e em pequenas empresas, em projetos de geração distribuída.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



Breve história da energia eólica

A força dos ventos é utilizada desde a Antiguidade como energia mecânica, para moer grãos, bombear água e impulsionar embarcações. Mas a adaptação dos cata-ventos para a geração de energia elétrica é mais recente: o marco histórico mais aceito para seu início é o ano de 1888, quando o industrial estadunidense Charles Francis Brush (1849-1929) elaborou um aerogerador para eletrificação de sua propriedade rural. Na Europa, em 1890, começaram a surgir programas de incentivo para o desenvolvimento de sistemas capazes de gerar energia elétrica a partir do vento. Em 1927, o engenheiro aeronáutico francês Jean Marie Georges Darrieus (1888-1979) patenteou a turbina com eixo vertical.

A evolução da indústria aeronáutica trouxe grandes contribuições para o desenvolvimento da energia eólica, permitindo o aprimoramento das pás e o aprofundamento de estudos em aerodinâmica. Em 1952, a Dinamarca deu um grande passo para o desenvolvimento do mercado, com a criação do primeiro mapa eólico.

A partir da década de 1980, com a conscientização global sobre a importância da transição energética e com os avanços tecnológicos e o desenvolvimento de materiais mais leves e resistentes, a potência dos aerogeradores foi aumentando rapidamente. Hoje, uma torre eólica de 150 metros tem potência de 2 a 3 MWp, em média.

Energia eólica na GD

A participação da fonte eólica na geração distribuída ainda é pequena, mas o Brasil apresenta grande potencial para essa fonte. Estima-se que, em locais onde a velocidade média do vento é superior a 22 km/h, o investimento inicial se pague em até seis anos, por meio da economia mensal na conta de luz.

Potência instalada em GD eólica no Brasil (MW)



*até dezembro/2020

Fonte: Aneel

A compra e a instalação dos aerogeradores de baixa potência são relativamente fáceis. É possível encontrar equipamentos à venda na internet e muitos deles são os chamados *plug and play*, ou seja, vêm prontos para montar e instalar. Mas é necessário algum conhecimento sobre as condições de vento do local. Os aerogeradores exigem velocidade mínima de vento para que funcionem, além de certa velocidade para que atinjam a potência nominal. Exigem também velocidade máxima, acima da qual desligam automaticamente para evitar problemas.

Portanto, é recomendável contratar serviço especializado para verificar o histórico de consumo de eletricidade e calcular qual deve ser a capacidade do sistema eólico, além de avaliar as condições físicas e estruturais, e de fazer a medição do vento em diferentes alturas, considerando sua intensidade, regularidade e direção para definir o posicionamento que proporcionará melhor eficiência ao aerogerador.

Como os aerogeradores de menor porte são instalados em alturas menores do que os de grande porte e, geralmente, em regiões mais urbanizadas, é preciso analisar tudo o que está no entorno para determinar o local de instalação, como a distância mínima de obstáculos e de outras construções e a incidência de vento nas diferentes épocas do ano – tudo isso pode influenciar os resultados do projeto.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



Para o uso de energia eólica em geração distribuída, conectada à rede elétrica, é preciso solicitar a homologação do equipamento e apresentar os documentos e formulários à distribuidora, a exemplo do que é exigido nas demais fontes renováveis.

Quanto custa um sistema de geração de energia eólica?

O custo de um sistema de geração eólica varia de acordo com o tipo de aerogerador, a potência e o fabricante. Tudo começa com a identificação de um regime de ventos favorável ao aproveitamento energético.

Os próximos passos são uma avaliação do terreno no qual o projeto será implantado e uma consulta à legislação – algumas prefeituras exigem licença para esse tipo de empreendimento. Em seguida, começam os estudos das condições de vento, a elaboração e o dimensionamento do projeto, a instalação e a conexão à rede elétrica, na modalidade de geração distribuída.

Um sistema completo, com uma torre de 10 metros, banco de baterias, uma turbina de 2,5 kW, e sistemas de controle, pode custar algo em torno de R\$ 25.000,00, segundo estimativas de mercado. Com ventos bons, acima de 14 m/s, esses sistemas podem gerar até 1 kWh/ mês. Considerando-se que uma casa de família de classe média consome cerca de 300 Wh/mês, é possível abastecer pelo menos três casas.





INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



ENERGIA DE BIOMASSA E BIOGÁS

Biomassa é toda matéria orgânica não fóssil cuja decomposição ou queima pode ser usada para produzir energia. É uma fonte renovável que, além da reduzida emissão de gases de efeito estufa, aproveita os resíduos de outras atividades – como a agrícola – ou os rejeitos dos grandes centros urbanos. Esses materiais podem ser restos de madeira, bagaço, vinhaça, sebo bovino e até mesmo os resíduos urbanos orgânicos, entre diversas outras opções.

Os processos mais comuns de conversão da biomassa em energia elétrica são a combustão em caldeiras, a gaseificação e a biodigestão. Nesses processos, a biomassa é convertida em um produto intermediário e, então, a energia das ligações químicas do composto gerado é liberada por combustão em uma turbina ou em outra máquina motriz, produzindo energia cinética que, por sua vez, aciona um gerador fazendo a conversão em energia elétrica.

Devido à diversidade de biomassas há diversas formas de transformá-las em energia. A eficiência de cada processo depende da composição da matéria. No processo de gaseificação, a biomassa é aquecida na ausência do oxigênio, originando um gás inflamável ou biogás, que é usado como energia mecânica para mover uma turbina ou um gerador e pode também ser usado em caldeiras, caracterizando cogeração.

A biodigestão reproduz o processo natural em que a matéria orgânica é decomposta pela ação de microrganismos em um ambiente anaeróbico, emitindo biogás. É o que acontece por exemplo nos aterros sanitários, ou lixões. A energia química liberada na

decomposição da matéria é convertida em energia mecânica capaz de ativar um gerador. Assim como na gaseificação, também pode ser usada na queima em caldeiras, caracterizando cogeração.

A queima do bagaço e da palha de cana em uma caldeira produz vapor de alta pressão que aciona uma turbina, que faz funcionar um gerador, produzindo eletricidade. A turbina libera ainda energia térmica em forma de vapor de baixa pressão, que é usado no aquecimento do caldo de cana para produção de açúcar, além de outros processos. Nesse caso, também é configurada a cogeração.

Muitas vezes, a biomassa é transformada em biocombustível para a geração de energia – o biogás ou o biodiesel, por exemplo. Esses insumos energéticos alimentam usinas termelétricas de diferentes portes e tamanhos. O principal método de produção do biogás é a quebra biológica de material orgânico na ausência de oxigênio, a digestão anaeróbica. Em plantas industriais, os microrganismos digerem a matéria-prima em um reator controlado, produzindo biogás com 50% a 70% de metano.

O potencial do biogás na geração de energia ainda é pouco explorado. Hoje em dia, são 200 MW gerados com o aproveitamento de resíduos urbanos e agropecuários. Na Alemanha, referência no aproveitamento de resíduos, a capacidade instalada de geração a partir de biogás é de 5 GW, pouco menos da metade dos 11 GW gerados conjuntamente pelos países da Europa.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



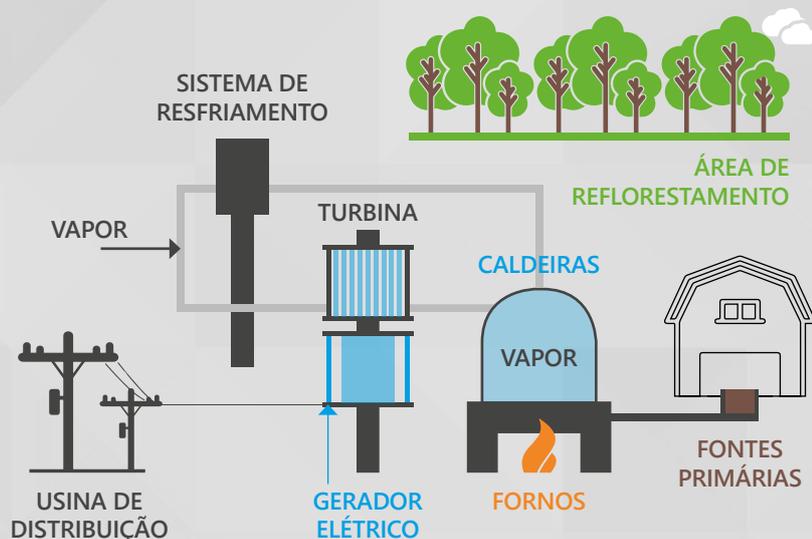
BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



Usina térmica movida a biomassa



Fonte: Portal Energia (<https://www.portal-energia.com/o-que-e-energia-biomassa/>)

Considerando-se a pujança da agrícola e agropecuária do Brasil, o potencial de aproveitamento da biomassa é imenso – o país tem plenas condições de se tornar o maior produtor de eletricidade a partir da biomassa no mundo.

Vários fatores tornam a biomassa uma opção atrativa para geração de energia. Ela é uma fonte renovável e não contribui para o aquecimento global, pois a quantidade de CO₂ liberada para a atmosfera durante o processo de combustão é a mesma que seria liberada em sua decomposição.

Tipos de biomassa e seus derivados

DERIVADOS GASOSOS

materiais obtidos pela transformação industrial ou natural de restos orgânicos, como o biogás e o gás metano, coletado em áreas de aterros sanitários.

DERIVADOS LÍQUIDOS

etanol, biodiesel e qualquer outro líquido obtido pela transformação do material orgânico por processos químicos ou biológicos.

DERIVADOS SÓLIDOS

madeira, carvão vegetal e restos orgânicos vegetais e animais.

A biomassa é a terceira fonte mais utilizada para a geração de energia elétrica no Brasil e produz 9% da eletricidade consumida no país. É uma das alternativas mais promissoras para um futuro energético sustentável.

A maior parte, 70%, das cerca de 400 usinas termelétricas instaladas no Brasil, usam como fonte a biomassa. A matéria-prima mais usada para geração de eletricidade são os rejeitos de cana-de-açúcar, plantada e processada principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. Ela pode também originar compostos como álcool (etanol) e óleos vegetais e gorduras, que são processados para produzir combustíveis, como biodiesel.

Segundo projeções, a geração de energia a partir de resíduos da indústria de açúcar e de álcool deve dobrar na próxima década. Em 2018, a eletricidade gerada a partir de palha e de bagaço de cana-de-açúcar foi suficiente para atender o consumo de energia de 369 usinas sucroalcooleiras e ainda gerou um excedente de 21,5 mil GWh que foi injetado na rede elétrica. Além do estímulo representado pela Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), que deve provocar um aumento na produção de etanol, consequentemente produzindo mais biomassa de cana, o crescimento também virá do uso de resíduos como a vinhaça, que pode ser transformada em biogás.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



Breve história do biogás

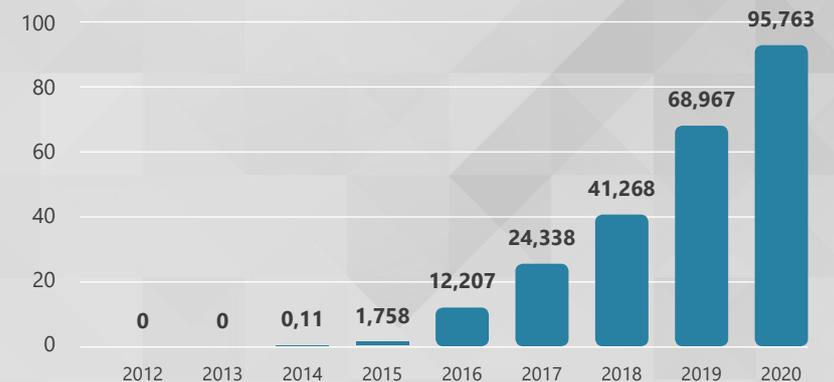
Descoberto no século XVII, o biogás passou a ser considerado uma fonte de energia a partir de uma apresentação feita por Louis Pasteur (1822-1895), no século XIX, na qual foi feita a demonstração da geração de biogás a partir de uma mistura de estrume e de água. No final do século XIX, o biogás passou a ser coletado em estações de tratamento de efluentes na Inglaterra e, na década de 1940, começou a ser aproveitado a partir de esterco de animais em plantas de geração de energia na Índia. Desde então, o processo anaeróbio tem evoluído e se expandido para o tratamento de resíduos agrícolas e industriais.

Biomassa na GD

As usinas a biomassa contam com um importante diferencial entre as fontes renováveis: são despacháveis, ou seja, podem ser ligadas ou desligadas. Além disso, a época em que há maior quantidade de resíduos agrícolas disponíveis é justamente o chamado “período seco”, entre os meses de maio a novembro, quando as chuvas diminuem e, junto com elas, os níveis dos reservatórios das grandes hidrelétricas.

Existem hoje mais de 250 usinas térmicas na modalidade de geração distribuída, que somam mais de 85 MW de potência instalada.

Potência instalada em GD térmica no Brasil (MW)



*até dezembro/2020

Fonte: Aneel

Outro fator que deve impulsionar a expansão da GD a partir da biomassa é o fato de que há grande disponibilidade de recursos tanto nas grandes cidades – com o aproveitamento dos resíduos orgânicos – quanto nas regiões mais intensivas em consumo de eletricidade, como o Sudeste do Brasil, que conta com extensos campos de cana-de-açúcar. Dessa forma, a biomassa pode contribuir para a capacidade do sistema elétrico e também para elevar a segurança operativa.

Quanto custa uma térmica a biomassa?

Estima-se que o investimento inicial para a instalação de uma usina térmica a biomassa seja inferior àquele necessário para um hidrelétrica do mesmo porte – todavia o custo de manutenção tende a ser um pouco maior.

Há um conjunto de equipamentos e processos que podem variar de acordo com o tipo de biomassa utilizado. Uma usina que gera energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar, por exemplo, é composta pelas seguintes etapas: um conjunto de esteiras, que direcionam o bagaço de cana-de-açúcar para a caldeira na proporção ideal



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



para a queima; um processo de osmose reversa, que trata a água destinada para a caldeira para eliminar os minerais indesejáveis, que causam incrustações nas tubulações; o bagaço é jogado na caldeira e queimado, fazendo com que a água nos dutos se transforme em vapor, que passa pela tubulação e vai direto para a turbina; a turbina, acionada pela pressão do vapor, ativa o gerador, que produz corrente elétrica.

Como o vapor que está no gerador é utilizado somente para o acionamento das pás, ele é direcionado em seguida para um condensador, para que volte ao estado líquido e assim continue o ciclo – a água que já foi tratada não precisa passar novamente pela osmose e retorna diretamente para os dutos da caldeira.

Cogeração qualificada

Cogeração de energia é o processo de geração simultânea a partir de uma mesma fonte energética, que pode ser óleo, carvão, gás natural ou liquefeito, biomassa ou solar. O gás natural é a fonte mais usada nos processos de cogeração de energia.

O objetivo desse processo é obter o máximo aproveitamento da energia da fonte utilizada, obtendo maior eficiência em locais em que exista demanda por energia elétrica e térmica. Para tanto, é usado um equipamento específico que conta com caldeira, turbina ou motor à combustão, para transformar a energia térmica ou química em energia elétrica, térmica ou mecânica. Simultaneamente, a parte da energia que seria perdida, em geral em forma de calor, é aproveitada. A cogeração possibilita chegar a até 90% de eficiência energética.

Essa forma de energia, por garantir o máximo de eficiência e reduzir a emissão de gases de efeito estufa, mesmo quando utiliza combustíveis fósseis, também pode ser enquadrada na modalidade de geração distribuída de energia elétrica. A cogeração qualificada é definida pela Aneel na Resolução Normativa nº 235, de 14 de novembro de 2006, que estabelece uma eficiência energética total mínima para geração de energia elétrica e térmica com gás natural.

Com isso, o cogerador torna-se aderente às políticas de incentivo estabelecidas pelo governo, podendo se enquadrar, por exemplo, como micro ou minigerador, e se beneficiar da Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012 e a de nº 687, de 24 de novembro de 2015, pelas quais é possível exportar excedentes de energia gerados pela cogeração qualificada.

Geração e cogeração

GERAÇÃO

em um gerador de energia elétrica eficiente, apenas 40% da energia total do combustível é efetivamente transformada em eletricidade. Os outros 60% representam energia perdida, sobretudo na forma de calor.

COGERAÇÃO

Cogeração: trata-se de um processo de geração de energia elétrica combinado com o aproveitamento da energia térmica dissipada pelo gerador, o que permite alcançar até 90% de eficiência energética total.





INTRODUÇÃO



SOLAR



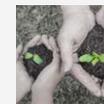
HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



UM FUTURO RENOVÁVEL

O setor elétrico brasileiro passa por um processo de modernização. Há diversas transformações acontecendo, impulsionadas pelos avanços tecnológicos e pelo empoderamento dos consumidores – que, cada vez mais, querem escolher suas fontes de energia e contribuir com um futuro limpo e sustentável.

A geração distribuída de energia elétrica está no centro dessa mudança. As possibilidades abertas pelas fontes renováveis, em sistemas de geração de pequeno porte, próximos aos grandes centros de consumo, são imensas e diversas, pois permitem o aproveitamento dos recursos disponíveis em cada região do país. Essa modalidade oferece benefícios à sociedade, contribui para o desenvolvimento sustentável, gera empregos qualificados e renda nos mais diversos cantos do extenso território.

O mercado da geração distribuída é também um exemplo de concorrência, de livre iniciativa, de inovação e de empreendedorismo. Como se desenvolve de maneira distribuída, com empresas atuando localmente, não há monopólio, reserva de mercado, tampouco demanda qualquer licença ou outorga para que uma nova empresa seja criada – apenas qualificação profissional. Basta um cidadão disposto a investir na geração de energia limpa, ou um investidor com apetite para ajudar a impulsionar uma economia verde e sustentável.

A GD já criou mais de 70 mil postos de trabalho, trouxe novas indústrias de painéis solares, de inversores, de acessórios, distribuidoras e toda uma cadeia econômica inteiramente fundada no mais elevado espírito empreendedor e concorrencial da livre iniciativa brasileira. Mas ainda há muito espaço para crescer, gerando oportunidades para milhares de pessoas.

A Agência Internacional de Energia (IEA) lista cinco fatores principais que contribuem para a evolução da GD: as preocupações com relação à mudança climática; o crescente desenvolvimento das tecnologias para geração distribuída; as restrições com relação à construção de novas linhas de transmissão; o aumento da demanda dos clientes por energia elétrica altamente confiável e a liberalização do mercado da eletricidade.

No mundo todo, o modelo centralizado vem sendo substituído por redes mais descentralizadas, maleáveis, que permitem maior segurança energética e reduzem as perdas elétricas comuns nas transmissões em longas distâncias. Além disso, a mudança de paradigmas prepara a sociedade para as novas necessidades que estão para chegar.



INTRODUÇÃO



SOLAR



HÍDRICA



EÓLICA



BIOMASSA E BIOGÁS



FUTURO RENOVÁVEL



Em poucos anos, o consumo das famílias tende a crescer significativamente com a substituição dos veículos a gasolina e a álcool pelos carros elétricos. A tendência é global, pois muitos países como França, Inglaterra, Índia e China, já estabeleceram prazos para encerrar as vendas de carros novos movidos a combustíveis fósseis e o Brasil será impelido para essa nova realidade. Se há algum consumidor que ainda não pensa em gerar energia para consumo próprio, ele vai pensar nisso nos próximos cinco ou dez anos.

O empoderamento dos consumidores é disruptivo, pois questiona os modelos estabelecidos, e por isso mesmo causa algumas resistências. Mas a transformação rumo a uma economia de baixo carbono, movida a energias renováveis, em modelos democráticos e descentralizados é uma tendência incontornável e fundamental para que, no futuro, possamos viver em um mundo equilibrado e limpo.

Conhecer e divulgar o potencial de cada fonte é um passo para potencializar a transição energética. A Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD) abraça essa iniciativa e acredita que compartilhar conhecimento é lançar as sementes do amanhã. Este livro convida todos os brasileiros a acreditarem que um futuro renovável é viável e pode ser construído por nós mesmos, pois gerar sua própria energia elétrica é um direito de todos e traz benefícios como liberdade, poder de escolha, economia, controle sobre a conta de luz e um mundo mais limpo e sustentável para se viver.





EXPEDIENTE

© 2020 ABGD – Associação Brasileira de Geração Distribuída – ABGD
Título original: Geração Distribuída: conceitos e caminhos para o desenvolvimento sustentável

Associação Brasileira de Geração Distribuída – ABGD
Av. Dr. Chucri Zaidan, 1550 – 5º andar – cj. 518
São Paulo – SP – Brasil
(11) 3796-3767
E-mail: abgd@abgd.com.br

Presidente
Carlos Evangelista

Vice-presidentes
Carlos Felipe
Rodrigo Marcolino

Diretor financeiro
Claudio Loureiro

Diretor técnico
Gustavo Malagoli Buiatti

Editoração e organização
SP4 Comunicação Corporativa

Projeto gráfico e diagramação
Karine Pacheco

Redação e edição
SP4 Comunicação Corporativa

Revisão linguística
Todotipo Editorial

CRÉDITOS FOTOS

Pág. 1 _ marikun/shutterstock.com
Pág. 2 _ gyn9037/shutterstock.com
Pág. 4 _ Soloviova Liudmyla/shutterstock.com
Pág. 10 _ Andre Nery/shutterstock.com
Pág. 13 _ Anatoliy_gleb/shutterstock.com
Pág. 14 _ Diego Grandi/shutterstock.com
Pág. 17 _ Worldroadtrip/shutterstock.com
Pág. 18 _ Oleksii Sidorov/shutterstock.com
Pág. 19 _ Ilustração: Felix / Paulista/shutterstock.com / America Cantarino/shutterstock.com
Pág. 21 _ Alberto Masnovi/shutterstock.com
Pág. 22 _ JH Bispo/shutterstock.com
Pág. 25 _ Tchara/shutterstock.com
Pág. 26 _ Paulaphoto/shutterstock.com
Pág. 27 _ Werayuth Tes/shutterstock.com

www.youtube.com/abgdoficial 

www.linkedin.com/company/abgd 

[@abgd_oficial](https://www.instagram.com/abgd_oficial) 

[@abgdbrasil](https://www.facebook.com/abgdbrasil) 

Documento formatado para distribuição virtual.

É permitida a reprodução parcial ou total desta obra exclusivamente para fins educacionais, desde que citada a fonte.

