



SISTEMAS ELÉTRICOS (COMPONENTES)

Jessica Binotto

Sistemas elétricos de potência

Objetivos de aprendizagem

Ao final deste texto, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Determinar a estrutura dos sistemas elétricos de potência.
- Reconhecer o histórico do desenvolvimento dos sistemas elétricos de potência.
- Analisar os componentes do sistema elétrico de potência.

Introdução

O fornecimento de eletricidade é considerado um serviço básico, assim como o saneamento, a iluminação pública e os sistemas de abastecimento de água, devido à dependência, da humanidade, desses serviços.

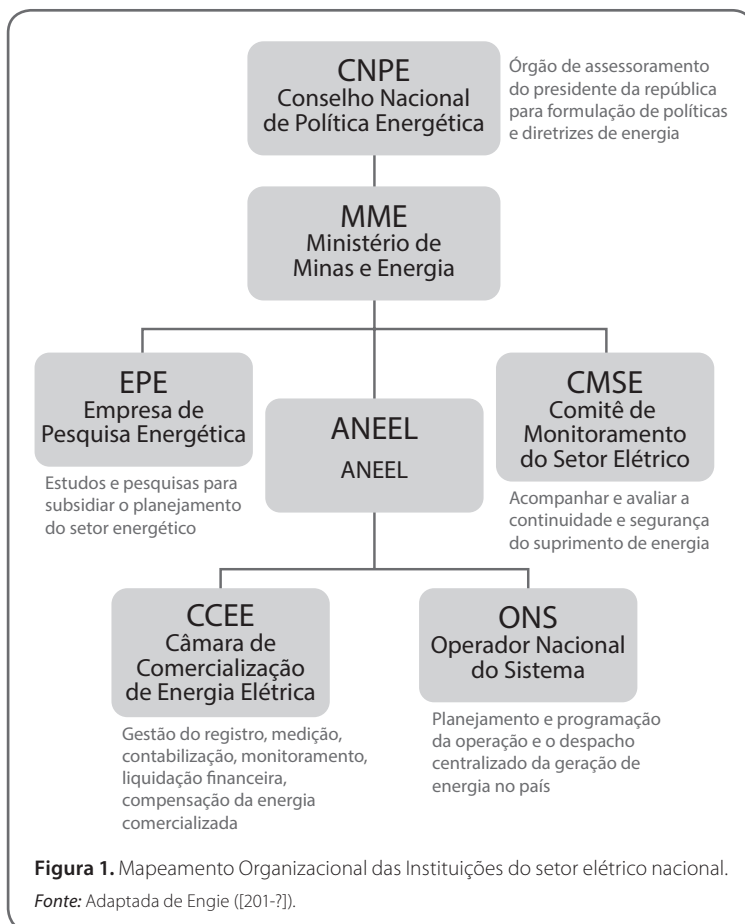
Para que a energia elétrica chegue até o consumidor, o caminho é longo e passa por geração, transmissão e distribuição. Esse caminho é o que compõe o chamado **sistema elétrico de potência**. A função do sistema elétrico de potência é fornecer energia elétrica a grandes e pequenos consumidores, com uma qualidade mínima estabelecida por normas vigentes do setor e no momento em que for solicitada. O crescimento da população mundial e, conseqüentemente, o crescimento econômico dos países demanda cada vez mais energia, o que faz com que os sistemas elétricos precisem ser cada vez mais robustos e inteligentes para atender todos.

Neste capítulo, você vai aprender sobre a estrutura e os componentes de sistemas elétricos de potência, reconhecendo o histórico do desenvolvimento que esses sistemas sofreram para chegar ao que se conhece hoje.

Estrutura dos sistemas elétricos de potência

Os sistemas elétricos de potência são sistemas complexos compostos por aspectos técnicos e regulatórios. Existem leis e normas que devem ser seguidas para que o consumidor seja atendido com a qualidade mínima exigida. Para isso, há uma estrutura composta por diversas instituições que organizam esse sistema.

No Brasil, o poder federal regula e fiscaliza a geração, a transmissão e a distribuição de energia elétrica. Desse modo, as concessões são de responsabilidade do Ministério de Minas e Energia (MME), enquanto a regulação e a fiscalização são exercidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A Figura 1 apresenta o mapeamento organizacional das instituições do setor elétrico nacional.



Assim, o MME é o órgão do Governo Federal responsável pela formulação, organização e implantação das políticas energéticas do Brasil, de forma integrada, monitorando a segurança de suprimento e definindo ações de prevenção (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2014).

Para assessorar o MME em questões técnicas, foi criado o Conselho Nacional de Política e Energia (CNPE). Esse órgão tem por objetivo estabelecer diretrizes das políticas energéticas, visando ao aproveitamento racional dos recursos de energia (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2014).

Sob o comando do MME, existem três instituições: a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), cuja função é realizar os estudos relacionados ao sistema energético nacional e a sua expansão; a ANEEL, que é responsável pela regulação e pela fiscalização do setor elétrico; e o Comitê de Monitoramento do Setor de Energia (CMSE), o qual é responsável pelo monitoramento do fornecimento de energia do sistema e pela solução dos problemas que existirem nessa etapa (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2014).

A ANEEL foi criada por meio da Lei nº. 9.427/1996 e do Decreto nº. 2.335/1997 e é um dos órgãos mais conhecidos no âmbito do setor elétrico brasileiro. Entre as suas funções, destacam-se (BRASIL, 2002):

- regulação do sistema elétrico de potência;
- fiscalização de concessões e permissões dos serviços relacionados à energia elétrica concedidas pelo governo;
- implementação de políticas sobre o uso da energia elétrica e exploração dos recursos energéticos;
- definição de tarifas;
- intermediação de divergências entre agentes comercializadores e consumidores;
- supervisão do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e da câmara de Comercialização de Energia;

O ONS é uma empresa pública de direito privado, sem fins lucrativos, criada pelas Leis nº. 9.648 e 10.848/2004 e regulamentada pelo Decreto nº. 5.081/2004, sendo responsável pela operação dos sistemas de geração, pela transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados (BRASIL, 2018).



Fique atento

É exigido, do profissional, um treinamento específico de segurança em sistema elétrico de potência, o qual deve abordar um currículo mínimo, ter carga horária preestabelecida e cumprir as demais determinações estabelecidas na NBR-10 para trabalhar nesse setor.

O SIN é a interconexão dos sistemas elétricos subdivididos regionalmente entre os sub-sistemas Sul, Sudeste/Centro-oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte. Por meio de um sistema de transmissão, esses subsistemas podem realizar a transferência de energia entre eles, integrando os recursos de geração para atender à demanda dos consumidores (BRASIL, 2018).

O ONS desenvolve estudos visando à operação dos sistemas de geração de maneira ótima, isto é, gerar a maior quantidade de energia com o menor custo, sempre respeitando os níveis de qualidade e segurança definidos pela ANEEL. Além disso, é de responsabilidade do ONS que todos os agentes do setor elétrico tenham igual acesso às redes de transmissão, bem como garantir que a ampliação do SIN seja realizada com o menor custo, atendendo às condições operacionais futuras (BRASIL, 2018).

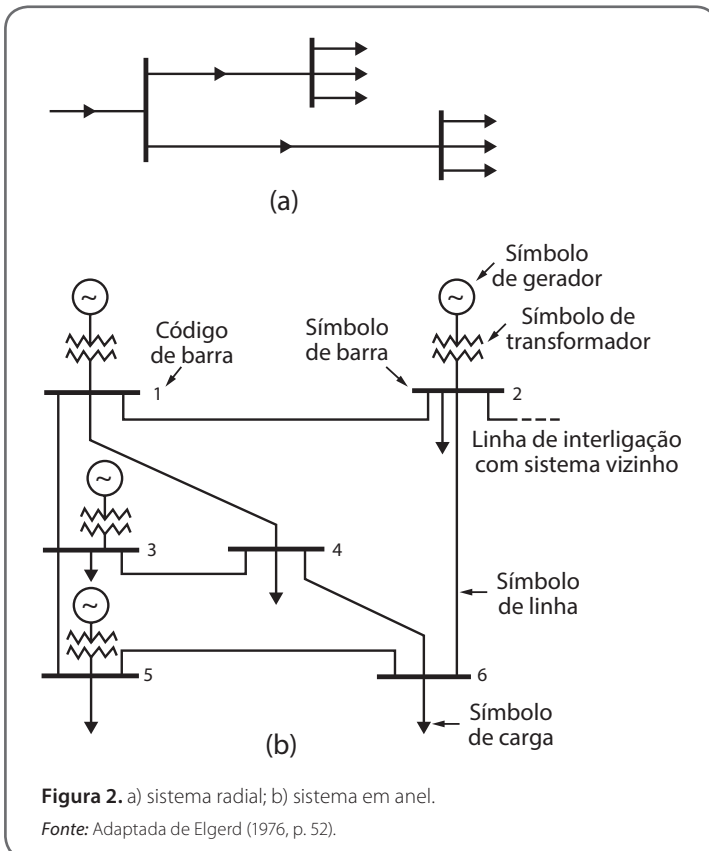
Também fiscalizada pela ANEEL, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) é uma entidade, sem fins lucrativos, composta pelos agentes que atuam no mercado de compra e venda de energia elétrica. Os principais objetivos da CCEE são a realização de leilões públicos de energia elétrica e a documentação de contratos de comercialização.

Devido à grandiosidade do SIN, ele pode ser dividido em níveis de tensão, os quais são separados entre si por subestações elevadoras ou abaixadoras. Segundo a ANEEL, o sistema elétrico brasileiro é dividido em *nível de distribuição* e *nível de transmissão*. (BRASIL, 2002).

O nível de distribuição é compreendido por um sistema de propriedade da concessionária distribuidora e é dividido entre Sistema de Distribuição de Alta Tensão, Sistema de Distribuição de Baixa Tensão e Sistema de Distribuição de Média Tensão. Para alguns autores, o Nível de Distribuição de Alta Tensão também é conhecido como Nível de Subtransmissão, já que compreende as linhas e as subestações que conectam as barras da rede básica ou de centrais geradoras às subestações de distribuição. A tensão típica dos sistemas de distribuição de alta tensão varia entre 69 kV e 230 kV, nos sistemas de distribuição de média tensão entre 1 kV e 69 kV e nos sistemas de distribuição de baixa tensão de até 1 kV (BRASIL, 2002).

O *nível de transmissão* trabalha com blocos maiores de potência, interligando as centrais geradoras aos pontos de maior carga do sistema, os quais são conectados aos sistemas de distribuição. A rede de transmissão brasileira é extremamente extensa devido à configuração do segmento de geração, que é constituído, em sua maior parte, por grandes usinas hidrelétricas instaladas distantes dos grandes centros consumidores (ELGERD, 1976).

Uma das grandes diferenças entre os sistemas, além do nível de tensão, é a configuração da rede. A Figura 2 apresenta duas configurações utilizadas, a do tipo radial (Figura 2-a), na qual a energia flui em um único sentido, como, por exemplo, das centrais geradoras para a carga, e a do tipo em anel, em que a redundância do circuito aumenta a confiabilidade do sistema. O sistema de transmissão é, em sua maior parte, um sistema radial, enquanto o sistema de distribuição é um sistema em anel (ELGERD, 1976).



Buscando a interligação total do sistema elétrico nacional, existe uma grande tendência em expandir o sistema de transmissão. O MME, por meio de estudos técnicos desenvolvidos pela EPE e pelo ONS, cria programas para atingir esse objetivo, cuidando dos aspectos técnicos e da tarifa aplicada. A ANEEL, exercendo sua função de regulação e fiscalização, realiza leilões para a seleção de grupos empreendedores que serão responsáveis por construir e operar novas linhas de transmissão.



Fique atento

Ao profissional que trabalha constantemente em contato com o sistema elétrico de potência é de direito um adicional de periculosidade de 30% sobre o salário.

Histórico dos sistemas elétricos de potência

O sistema elétrico de potência é uma das obras mais complexas desenvolvidas pela humanidade e passou por um longo período até ser o que se conhece hoje. Graças a esse desenvolvimento, o crescimento e o desenvolvimento dos países foi possível e essa grande rede de conversão e transporte de energia se tornou confiável, segura e totalmente necessária para a sociedade.

A história do sistema elétrico começou em 1878, quando Thomas A. Edison passou a pesquisar um sistema elétrico formado por uma central elétrica que distribuiria esse tipo de energia para a redondeza (GLOVER; SARMA, 2003).

Com o objetivo de atrair a atenção de potenciais investidores, a estação de Pearl Street ficava no distrito financeiro e comercial de Nova Iorque e marcou o começo da indústria da eletricidade. Na inauguração da estação, em 1882, cerca de 60 clientes eram abastecidos em uma milha quadrada. Em um mês, a carga já era aproximadamente três vezes maior e no ano seguinte mais de sete vezes maior (GLOVER; SARMA, 2003).

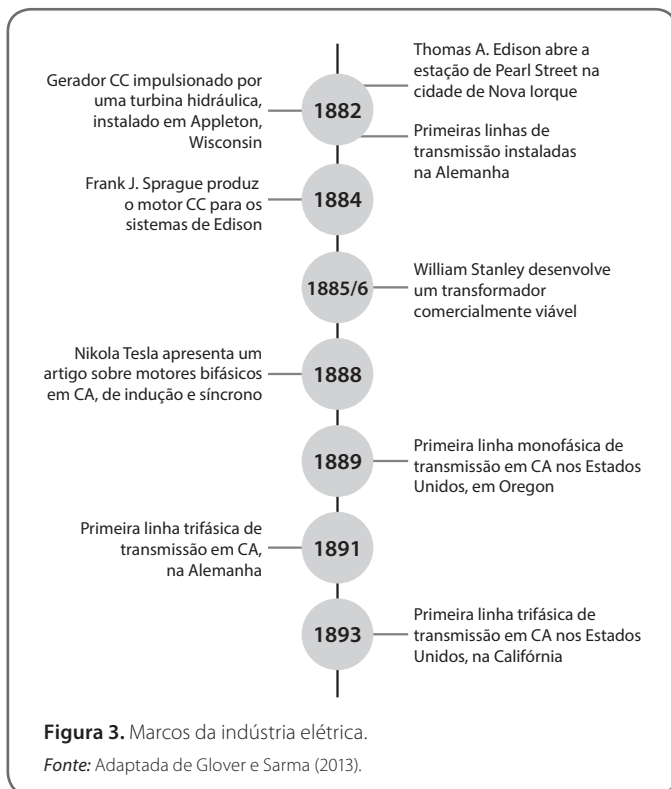
Alguns anos depois, essa estação se incendiou. Embora tenha sido reconstruída, encerrou completamente suas atividades um tempo depois. Apesar disso, esse foi um marco importante na história dos sistemas elétricos de potência.

O sistema desenvolvido por Edison era um sistema em corrente contínua (CC), de 220V, e logo alguns problemas relacionados a esse nível de tensão, às distâncias de transmissão e ao crescimento das cargas começaram a apa-

recer. Com o desenvolvimento de um transformador viável, comercialmente falando, Stanley tornou possível a distribuição de energia em alta tensão, com corrente menor e menores quedas de tensão na linha. Isso fez com que a corrente alternada (CA) se tornasse mais atrativa frente aos equipamentos que operavam em CC. Logo foi instalada a primeira linha monofásica operando em CA. Com 21 km, a linha ligava Oregon a Portland e operava em 4 kV (GLOVER; SARMA, 2003).

Nikola Tesla teve sua participação registrada no Instituto Americano de Engenheiros Eletricistas quando apresentou um artigo sobre um motor de indução bifásico. Nessa pesquisa, ele defendeu as vantagens dos sistemas polifásicos, quando comparados aos sistemas monofásicos (GLOVER; SARMA, 2003).

Por fim, as primeiras linhas trifásicas começaram a operar em 1891 e 1893, na Alemanha, com tamanho de 179 km em 12 kV, e nos Estados Unidos, com 12 km em 2,3 kV, respectivamente (GLOVER; SARMA, 2003). A Figura 3 apresenta a linha do tempo do início da história do sistema elétrico de potência.



História do sistema elétrico de potência no Brasil

Enquanto isso, no Brasil, em 1879, foi utilizado um dínamo para criar o primeiro serviço de iluminação pública, instalado na estação central da ferrovia Dom Pedro II. Anos depois, também no Rio de Janeiro, foi a vez do jardim do Campo da Aclamação, atualmente conhecido como Praça da República, receber uma iluminação pública (GOMES et al., 2002).

A primeira central geradora brasileira foi instalada na cidade de Campos, no Rio de Janeiro, tendo a capacidade de 52 kW utilizados para alimentar 39 lâmpadas. Uma caldeira alimentada à lenha gerava o vapor necessário para alimentar a termelétrica (GOMES et al., 2002).

A história do Brasil no ramo das hidrelétricas iniciou em 1883, na cidade de Diamantina, em Minas Gerais. Utilizando a força das águas do Ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, gerava-se energia para abastecer a extração de diamante que acontecia a 2 km de distância (GOMES et al., 2002).

Com o crescimento do setor hidrelétrico justificado pelo grande potencial hídrico do país, em 1903, iniciou-se o processo de regulamentação da utilização e do aproveitamento da energia hidráulica dos rios brasileiros para fins de serviços públicos. Apesar de não funcionar efetiva e imediatamente, essa lei foi importante para que o processo regulatório dessa atividade começasse (GOMES et al., 2002).

Entre 1900 e 1920, a população do Brasil quase dobrou, o que fez com que o potencial hidráulico, localizado entre Rio de Janeiro e São Paulo, crescesse mais de 600%. Somente em 1903 foi construída uma hidrelétrica em Alagoas, utilizando as águas da Cachoeira de Paulo Afonso, para alimentar as máquinas das fábricas de linhas e fios da região (GOMES et al., 2002).

A tentativa de regular o setor elétrico nacional era cada vez mais urgente, já que o crescimento do país fazia com que mais investidores empreendessem nele, da forma que melhor lhes cabia. Só em 1934 foi formalizado o Código de Águas, que definiu o papel intervencionista do Estado na gestão do setor hidráulico e energético do país (GOMES et al., 2002).

O Código de Águas definia que a União passava a deter a competência de legislar e outorgar concessões de serviços públicos de energia elétrica, antes estabelecidos apenas por contratos. Assim, foram revistos os critérios utilizados para definir os preços dos serviços prestados pelas companhias, o que determinou que o preço do serviço deveria sanar as despesas da operação e da depreciação das instalações e prover uma justa remuneração às empresas. A justa remuneração seria definida de acordo com o custo histórico das instalações (GOMES et al., 2002).

O papel intervencionista do Estado fez com que a Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) fosse criada para aproveitar os recursos hídricos do Rio São Francisco, em 1945. Em 1946, o Governo apresenta o Plano Nacional de Eletrificação, o qual propunha investimentos em usinas elétricas de pequeno e médio porte, sendo o Estado o empreendedor (GOMES et al., 2002).

Somente em 1995, a desestatização teve seu início e se baseia, até hoje, na desverticalização da cadeia produtiva de energia elétrica. O objetivo é segregar as atividades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. A atividade de geração vem sendo desregulada, com o passar do tempo, com a licitação de novos empreendimentos de geração, a criação da figura do Produtor Independente de Energia (PIE) e o livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição. Além disso, com a comercialização, passou-se a ter a liberdade para grandes consumidores escolherem de quem querem comprar a sua energia (GOMES et al., 2002).

A história dos sistemas elétricos brasileiros teve um momento histórico de seca em 2001. Como a geração brasileira se baseia na energia hidrelétrica, uma baixa dos reservatórios das usinas obrigou o Governo a adotar medidas emergenciais, criando a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (CGCE). Essa crise fez com que o país percebesse a necessidade de diversificar a matriz energética nacional (GOMES et al., 2002).

Em 2001, devido à falta de água e, consequentemente, à falta de energia, os consumidores foram obrigados a controlar o uso de energia elétrica de tal forma que se instalou uma crise energética no país, a qual só foi superada em 2005. Nesse período, foram tomadas diversas atitudes para reduzir o risco de outra crise energética, entre elas, a construção de novas linhas de transmissão, o que aumentou a interligação do sistema elétrico nacional e possibilitou o intercâmbio de energia entre os sub-sistemas (HUNT; FREITAS; PEREIRA JÚNIOR, 2014).

Voltando à diversificação da matriz energética nacional, o Brasil tem ainda sua participação marcada na 21ª Conferência das Partes (COP21) e se comprometeu em reduzir a emissão de gases de efeito estufa envolvidos nos processos de geração de energia, aumentar o consumo de biocombustíveis e utilizar novas energias renováveis na sua matriz (FERRAZ; CODICEIRA, 2017).

Com isso, as energias eólica, solar e provenientes de biocombustíveis cresceram consideravelmente desde 2010 e, ao que tudo indica, devem continuar crescendo e ganhando espaço no mercado da energia elétrica, não só no Brasil, mas em todo o mundo (FERRAZ; CODICEIRA, 2017).



Saiba mais

De maneira reduzida, pode-se caracterizar o setor elétrico por (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, [2018?]):

- segregação das atividades de geração, transmissão e distribuição;
- formado por empresas públicas e privadas;
- característica centralizada;
- consumidores cativos e livres;
- possibilidade de negociação livre entre comercializadores e consumidores livres;
- existência de leilões para contratação de energia para as distribuidoras;
- cobrança da energia elétrica separada do transporte da energia.

Componentes do sistema elétrico de potência

O sistema elétrico de potência pode ser dividido em três grandes grupos: geração, transmissão e distribuição. Uma ponta desse sistema é a geração, que, apesar do nome, é um processo de transformação de uma forma de energia em energia elétrica. A outra ponta é a distribuição, ou seja, os consumidores. Para ligar isso tudo, existem os sistemas de transmissão, que, na maioria das vezes, percorrem longas distâncias entre geração e distribuição (STEVENSON JR, 1986).

Geração de energia elétrica

A geração de energia elétrica no Brasil tem como fonte primária a energia hidráulica, com uma participação de 66%, conforme apresentado no gráfico da Figura 4. O gás natural aparece como a segunda maior fonte primária, com 10% da capacidade instalada e a biomassa em terceiro lugar. O gás natural, os derivados de petróleo, o carvão e a biomassa são fontes primárias utilizadas para aquecer caldeiras de termelétricas, as quais utilizam o calor gerado por estas para mover as pás das turbinas mecânicas acopladas a geradores elétricos. Portanto, pode-se dizer que a matriz energética nacional é, principalmente, atendida pela geração de hidrelétricas, seguida de termelétricas e, finalmente, de energia nuclear.

A tabela apresentada na Figura 4 indica a expansão das fontes primárias desde 2012 até 2016. Apesar da pequena participação da energia eólica no cenário nacional em 2016 (apenas 6%), é importante salientar o crescimento

dessa fonte: de 2015 para 2016, a força dos ventos aumentou a sua participação em mais de 50%. A energia hidráulica, por sua vez, expandiu em pouco mais de 9% a sua participação no mercado energético. Isso pode ser um indicativo do caminho que está sendo aberto pelas fontes limpas e renováveis no cenário nacional. A participação de outras fontes primárias indicadas na Figura 4 é de 2%, entre elas, estão: a energia solar, a energia do biogás, a energia geotérmica e a energia do mar.

Essa matriz energética é justificada devido ao grande potencial hidráulico brasileiro, o qual é amplamente utilizado e explorado no início do desenvolvimento industrial e tecnológico do país. As usinas hidrelétricas podem ser pequenas, como é o caso de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), com capacidade instalada de 5 a 30 MW e menos de 13 m² de reservatório (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E CENTRAIS GERADORAS HIDRELÉTRICAS, 2016), ou, como a maior parte das usinas hidrelétricas localizadas no Brasil ou em parte dele, de grande porte, como é o caso da Usina Hidrelétrica de Itaipu, localizada entre o Brasil e o Paraguai, com capacidade instalada de 14.000 MW.

As usinas termelétricas, apesar de abastecidas em alguns casos por fontes não renováveis e por emitir gases de efeito estufa na atmosfera, são vantajosas pelo menor tempo de instalação, pela garantia da energia, já que não dependem de fatores climáticos ou intermitentes e pela possibilidade de construção perto dos grandes centros consumidores, evitando assim desperdício no sistema de transmissão.

A energia nuclear consiste em utilizar o calor liberado no processo de fissão (divisão) do núcleo atômico. Esse processo, quando controlado, emite calor e aquece a água dos reatores que, por sua vez, produz o vapor que movimenta a turbina das usinas termonucleares. Como nos outros casos, o eixo da turbina é acoplado a um gerador e, assim, tem-se a energia elétrica ao final do processo. Sua utilização é controversa, pois dois acidentes graves em usinas termonucleares marcam a história mundial: Three Mile Island e Chernobyl. Além disso, os custos para a instalação de centrais termonucleares são altos e ainda existem fatores ambientais bastante impeditivos, como o tratamento dos resíduos do processo nuclear (BRASIL, 2002).

As fontes limpas e renováveis, apesar de representarem uma pequena parcela no mercado energético, apresentam as maiores taxas de crescimento e o apoio dos ambientalistas. Embora a tecnologia ainda esteja evoluindo nesse setor, muitos fatores influenciam positivamente tais fontes, como a geração distribuída, que busca a geração próxima ao consumidor, evitando perdas tão onerosas do sistema de transmissão.

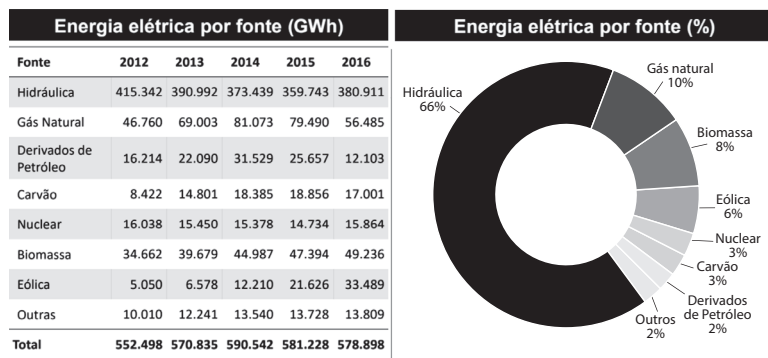


Figura 4. Matriz energética brasileira. Ano base: 2016.

Transmissão de energia elétrica

O sistema de transmissão é responsável por interligar a geração à subestação distribuidora, além de interligar sub-sistemas. Fisicamente, as linhas de transmissão são fios condutores metálicos que operam em alta tensão, suspensos em torres, por meio de isoladores.

Quando em CA, a transmissão de energia elétrica é realizada em três fases, dessa forma, são utilizados três conjuntos de cabos em cada lado da torre. O sistema de para-raios, utilizado para proteger o sistema de transmissão de descargas atmosféricas, é realizado por um cabo chamado *cabo guarda*, que passa no ponto mais alto da torre (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, [2018?]).

Por meio de licitações, a ANEEL contrata o serviço público responsável pela transmissão de energia elétrica. As linhas de transmissão são separadas de acordo com o seu nível de tensão, sendo divididas em classes:

- A1: classe com tensão de fornecimento igual ou maior que 230 kV;
- A2: classe com tensão de fornecimento entre 88 kV e 138 kV;
- A3: classe com tensão de fornecimento de 69 kV.

O SIN opera na classe A1, conforme a REN nº. 67, de 8 de julho de 2004, também chamada de rede básica. As classes A2 e A3 são definidas pela ANEEL como rede básica de fronteira e são administradas pelas empresas

de distribuição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, [2018?]).

Nos pontos de conexão com geradores, consumidores ou com a rede de distribuição, existem as subestações de transmissão. As subestações são utilizadas para elevar a tensão, quando perto das centrais geradoras, ou rebaixar os níveis de tensão, quando estiver perto dos consumidores, utilizando transformadores. Ao elevar a tensão, mantendo-se a potência constante, a corrente elétrica é reduzida, reduzindo assim as perdas elétricas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, [2018?]).

Além de elevar ou rebaixar a tensão, as subestações também são responsáveis por abrigar equipamentos do sistema de proteção e medição, bem como dispositivos que possibilitam as manobras de isolamento de parte do sistema para a realização das manutenções (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, [2018?]).

Outra possibilidade utilizada em menor escala no Brasil e no mundo é a transmissão em extra alta tensão em CC, em inglês high voltage direct current (HVDC).

Na CC, o comprimento da linha que transmite em CC não é limitado por parâmetros capacitivos ou indutivos das linhas. Consequentemente, as perdas são muito inferiores àquelas encontradas em sistemas de transmissão em CA. Sendo assim, a transmissão em CC se mostra como uma opção vantajosa para a interligação de sistemas de países extremamente grandes, como o Brasil, principalmente quando uma extremidade do país tem grande potencial gerador, como é o caso do Norte brasileiro, e outra extremidade é um grande consumidor, como as regiões Sul e Sudeste (BASSINI, 2014).

Existe, em operação no Brasil, um elo CC de Itaipu de 900 km de extensão, com capacidade de 6300 MW em dois circuitos de ± 600 kV. Além disso, a EPE estuda a possibilidade de utilizar uma linha em CC, operando em ± 800 kV para a transmissão da energia gerada em Belo Monte e São Luís do Tapajós (BASSINI, 2014).

O principal impeditivo financeiro de utilizar linhas em CC é o custo das estações conversoras, as quais devem ser instaladas após a geração e antes da entrega da energia à distribuição. Como a energia elétrica é gerada em um sistema trifásico, são necessários sistemas retificadores para que a energia possa ser transmitida em CC. Da mesma forma, no final da linha de transmissão, um conversor CC/CA deve ser utilizado para que a energia tenha a frequência utilizada pelos consumidores. Apesar do custo oneroso do processo, a necessidade de retificar e depois converter a energia possibilita a integração

de sistemas com frequências diferentes, como é o caso do Paraguai, que opera a 50 Hz.



Saiba mais

Mais de 98% do sistema de transmissão brasileiro está ligado ao SIN, que é dividido em quatro grandes sub-sistemas:

- Sul;
- Sudeste/Centro-oeste;
- Nordeste;
- Norte.

Distribuição de energia elétrica

O sistema de distribuição é uma rede complexa que tem por objetivo levar a energia, desde o ponto de conexão com o sistema de transmissão, até a unidade consumidora. O sistema de distribuição se assemelha ao sistema de transmissão em seus principais componentes, como fios condutores, transformadores e equipamentos de medição e proteção. As principais diferenças estão no nível de tensão e na configuração topográfica, sendo os sistemas de distribuição muito mais ramificados e extensos, já que devem alimentar todas as unidades consumidoras.

As redes de distribuição podem ter quatro configurações: rede de distribuição aérea convencional, rede de distribuição aérea compacta, rede de distribuição aérea isolada e rede de distribuição subterrânea (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, [2018?]).

A rede de distribuição aérea convencional é o tipo mais encontrado no Brasil por ser a mais barata e, ainda assim, atender à maioria dos casos. Nessa configuração, os condutores são dispostos suspensos nos postes, sem nenhum isolamento, dessa forma, são mais susceptíveis a curtos-circuitos causados por galhos de árvores, por exemplo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, [2018?]).

A rede de distribuição compacta é uma rede aérea com condutores isolados e compactados com o uso de espaçador, o qual dispõe os fios em formato losangular, impedindo o contato entre os cabos. Como essa topologia ocupa menos espaço e tem uma isolação, há um menor número de interrupções no

fornecimento de energia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, [2018?]).

A rede de distribuição aérea isolada tem condutores trançados, tendo, para isso, um isolamento suficiente. Por ser mais cara, essa topologia é utilizada em casos especiais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, [2018?]).

A rede de distribuição subterrânea é a melhor, do ponto de vista estético, já que todos os cabos ficam embaixo da terra. Isso também garante o maior nível de confiabilidade, haja vista que curtos-circuitos são muito menos frequentes. Entretanto, seu custo elevado faz com que a sua instalação só ocorra em locais com restrição para instalações aéreas ou com finalidade estética (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, [2018?]).



Exercícios

1. A estrutura organizacional do sistema elétrico de potência brasileiro é formada por diversos órgãos e instituições responsáveis pela sua organização, regulação, coordenação, operação e pelo seu planejamento. A ANEEL é responsável por:
 - a) planejar a expansão do sistema elétrico de potência.
 - b) regular e fiscalizar o sistema elétrico de potência.
 - c) operar o sistema elétrico de potência.
 - d) documentar os contratos de comercialização de energia elétrica.
 - e) realizar os estudos relacionados ao sistema elétrico de potência.
2. O SIN interliga mais de 98% do sistema elétrico brasileiro e, logicamente, tem uma grande dimensão. Por isso, a ANEEL categoriza o sistema elétrico de potência em dois níveis, sendo eles:
 - a) nível de geração e nível de distribuição.
 - b) nível de fiscalização e nível de operação.
 - c) nível de planejamento e nível de proteção.
 - d) nível de distribuição e nível de transmissão.
 - e) nível de distribuição e nível de consumo.
3. O setor elétrico brasileiro atual é caracterizado por:
 - a) uma empresa pública operada única e exclusivamente pelo Estado.
 - b) setores de transmissão, distribuição e geração, os quais são coordenados pelo mesmo órgão.
 - c) empresas públicas e privadas operando, coordenadas

- por agências regulatórias, com segregação das atividades de geração, transmissão e distribuição.
- d)** um sistema completamente radial, principalmente em nível de distribuição.
 - e)** uma matriz energética com base em combustíveis fósseis.
- 4.** O sistema responsável por interligar os consumidores às centrais geradoras e ainda interligar os sub-sistemas Sul, Sudeste/Centro-oeste, Norte e Nordeste é o:
- a)** sistema de geração.
 - b)** sistema de distribuição.
 - c)** sistema de transmissão.
 - d)** sistema de manutenção.
 - e)** sistema de interligação.
- 5.** Os quatro tipos de configuração das redes de distribuição são:
- a)** aérea convencional, compacta, aérea isolada e subterrânea.
 - b)** aérea convencional, subterrânea compacta, subterrânea isolada e subterrânea.
 - c)** aérea diferenciada, subterrânea compacta, aérea isolada e subterrânea.
 - d)** aérea em CC, compacta em CC, aérea isolada em CC e subterrânea em CC.
 - e)** aérea convencional em CA, compacta, aérea isolada em CA e subterrânea.



Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). *Visão geral do setor*. [2018?]. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS E CENTRAIS GERADORAS HIDRELÉTRICAS (ABRAPCH). *O que são PCHs e CGHs*. 2016. Disponível em: <<http://www.abrapch.org.br/pchs/o-que-sao-pchs-e-cghs>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

BASSINI, M. T. *Sistemas multiterminais de transmissão em corrente contínua: conversores tipo fonte de corrente*. 101 fls. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Energia nuclear: fontes não renováveis. In: BRASIL. Agência Nacional de Energia elétrica (ANEEL). *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília, DF: ANEEL, 2002. p. 117-128. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par3_cap8.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2018.

BRASIL. Operador Nacional do Sistema (ONS). *O que é o ONS?*. 2018. Disponível em: <<http://ons.org.br/pt/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ (CPFL). *Características dos sistemas elétricos e do setor elétrico de países e/ou estados selecionados*. 2014. Disponível em: <<https://www.cpfl.com.br>>.

com.br/energias-sustentaveis/inovacao/projetos/Documents/PB3002/caracteristicas-de-sistemas-eletricos-de-paises-selecionados.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2018.

ELGERD, O. I. *Introdução à teoria de sistemas de energia elétrica*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1976.

ENGIE. *Estrutura institucional do setor elétrico*. [201-?]. Disponível em: <<http://www.engieenergia.com.br/wps/portal/internet/negocios/conheca-o-mercado-de-energia/estrutura-institucional-do-setor-eletrico>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

FERRAZ, R. T.; CODICEIRA, A. Diversificação da matriz de energias renováveis no Brasil: o desenvolvimento das novas fontes de 2010 a 2016. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, v. 2, n. 4, p. 110-117, 2017.

GLOVER, J. D.; SARMA, M. S. *Sistemas de potência: análise e desenho*. 3. ed. São Paulo: Thomson, 2003.

GOMES, A., C. D. et al. *O setor elétrico*. 2002. (BNDES 50 anos: histórias setoriais). Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial14.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2018.

HUNT, J.; FREITAS, M.; PEREIRA JÚNIOR, A. Aumentando a capacidade de armazenamento energético do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 9., 2014, Florianópolis. *Anais eletrônicos...* Disponível em: <www.eletronorte.gov.br/.../Aumentando_Capacidade_Armazenamento_Energetico_Br...>. Acesso em: 27 jul. 2018.

STEVENSON JR, W. D. *Elementos de análise de sistemas elétricos de potência*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1986.

Leitura recomendada

ABREU, Y. V. de; OLIVEIRA, M. A. G. de; GUERRA, S. M.-G. *Energia, sociedade e meio ambiente*. [s.l.]: Ed. dos autores, 2010.

Encerra aqui o trecho do livro disponibilizado para esta Unidade de Aprendizagem. Na Biblioteca Virtual da Instituição, você encontra a obra na íntegra.

Conteúdo:



SOLUÇÕES
EDUCACIONAIS
INTEGRADAS