



CADERNO DE ANOTAÇÕES TÉCNICAS

GERAÇÃO DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA E
BOMBA DE CALOR

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Pedrini, Antonio Cesar
Caderno de anotações técnicas : geração de energia fotovoltaica e bomba de calor / Antonio Cesar Pedrini, Luís Roberto Padrão dos Santos. -- 1. ed. -- São Carlos, SP : Color Graphic, 2023.

Bibliografia.

1. Energia solar fotovoltaica 2. Engenharia elétrica I. Santos, Luís Roberto Padrão dos. II. Título.

23-153910

CDD-621.47



Número ISBN: 978-65-980192-0-4

Índices para catálogo sistemático:

1. Energia solar fotovoltaica : Engenharia 621.47
Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Autores:

Antonio Cesar Pedrini
Luís Roberto Padrão dos Santos

Projeto gráfico

Fernando D'Antonio - Inka Estúdios

SUMÁRIO

Apresentação	7
História da Energia Solar Fotovoltaica	8
Definições	9
Vantagens do Uso	13
Custo de Disponibilidade	13
Condições das Instalações para Obter Essa Fonte de Energia	14
Atenção aos Pré-Requisitos para Instalação do Sistema Fotovoltaico	14
Contexto Regulatório	18
Regra de Transição do Marco Legal	20
Pagamento Gradual da TUSD Fio B	20
Potência Fotovoltaica Instalada	21
Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	21
Norma ISO 50001	22
Bomba de Calor	23
Projeto Didático - Energia Fotovoltaica X Bomba de Calor	30
Considerações Gerais	32
Autores	33
Agradecimentos	34
Referências Técnicas	35
Legislação CREA	36

**GERAÇÃO DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA E
BOMBA DE CALOR**

APRESENTAÇÃO

A educação profissional tem sua demanda aumentada e, sobretudo diversificada perante a permanente transformação dos processos produtivos e das formas de organização do trabalho.

Este caderno técnico tem a intenção de valorizar a educação profissional para o primeiro emprego e também para os profissionais que já estão na ativa, privilegiando a qualificação profissional para aqueles que buscam um diferencial de qualidade no mercado de trabalho e de ocupar um espaço nas edições que tratam de geração de energia e de eficiência energética.

Este material serve de guia como aprendizado inicial sobre a energia solar fotovoltaica e bomba de calor, para aqueles que ainda não conhecem o assunto ou como obra de leitura e referência para estudantes e profissionais que desejam ampliar os conhecimentos sobre as aplicações, os componentes, o dimensionamento e a instalação.

A energia solar fotovoltaica pode ser usada em qualquer local, gerando energia elétrica no próprio ponto de consumo, não necessitando de linhas de transmissão ou de redes de distribuição.

A partir de 2012, a energia solar fotovoltaica tornou-se uma fonte de complementação para o Brasil, sendo inserida na matriz energética nacional garantida pela aprovação da resolução normativa nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Esta incentiva e regulamenta a geração de eletricidade com fontes renováveis de energia em sistemas conectados à rede elétrica de distribuição e também apoia a autoprodução de energia elétrica pelos cidadãos, empresas e instituições que desejam suprir seu consumo de eletricidade.

Esperamos que o caderno técnico seja um resumo proveitoso para o leitor e possa ajudar a disseminar e consolidar o uso da energia solar fotovoltaica em nosso país, bem como a bomba de calor, um sistema mais econômico para aquecimento de água residencial, comercial ou industrial.

HISTÓRIA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

1 - Quem foi o criador da energia fotovoltaica?

A origem da **energia fotovoltaica** deu-se em 1839, após a pesquisa do físico francês Alexandre Edmond Becquerel, que descobriu o efeito **fotovoltaico**.

A criação da primeira célula **fotovoltaica** em 1883, por Charles Fritts, um inventor americano, que criou uma célula fotovoltaica produzida por selênio revestida de ouro.

2 - Como começou a energia solar fotovoltaica?

Em 1954, os cientistas da BELL, Gordon Pearson, Darryl Chapin e Calvin Fuller, produziram uma célula fotovoltaica de silício e foi usada como fonte de alimentação para um sistema de relé de telefone.

A partir de uma reunião da National Academy of Sciences, deu-se início à utilização dos painéis solares em 1958.

3 - Como são feitas as células fotovoltaicas?

A **célula solar fotovoltaica** é feita a partir da união de dois tipos de semicondutor, o Tipo-N sobre o Tipo-P, para que, ao receberem os fótons da luz, os elétrons da camada negativa N migrem para a camada positiva P, criando a corrente elétrica.

4 - Quando surgiu a energia fotovoltaica no Brasil?

O primeiro efeito **fotovoltaico** foi observado no século XIX, porém, no **Brasil**, a utilização da **energia solar** aconteceu, no século XXI, com a instalação da primeira usina **solar** no ano de 2011, localizada no município de Tauá (CE), considerada a primeira usina a gerar.

5 - Quando surgiu a ideia de energia renovável no Brasil?

O conceito de energia renovável como alternativa para as energias tradicionais surgiu nos anos 70, visando garantir o fornecimento futuro e gerar menos impacto ambiental.

Portanto, desde 17 de abril de 2012, quando entrou em vigor a **Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012**, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da **Micro e da Minigeração Distribuída de Energia Elétrica**, inovações que aliam:

- Economia financeira
- Consciência socioambiental
- Autossustentabilidade.

DEFINIÇÕES:

1. **GD** – Geração Distribuída
2. **FV** – Foto Voltaico
3. **MMGD** – Micro e Mini Geração Distribuída
4. **UC** – Unidade Consumidora
5. **SCEE** – Sistema de Compensação de Energia Elétrica
6. **Micro Geração Distribuída** – Sistema menor ou igual a 75KW
7. **Mini Geração Distribuída** – Sistema maior que 75 KW ou igual a 3 MW para Usinas solares não despacháveis
8. **Unidades Geradoras** – São as unidades que se instalou um sistema FV e geram energia. Os créditos gerados por esta unidade podem ser consumidos nesta unidade e/ou em outras unidades receptoras de créditos.
9. **Unidades Consumidoras Receptoras de Crédito** – São todas as unidades beneficiadas pelo crédito gerado através do SCEE, independentemente de ter o sistema instalado local ou remotamente.
10. **Classes de Consumo** – Existem 5 Classes de Consumo e suas Subcategorias.

As classes de consumo estão definidas na Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 2010, descritas abaixo:

A seguir seguem as classes de consumo e suas respectivas subclasses:

1 - Residencial

- Residencial;
- Residencial baixa renda;
- Residencial baixa renda Indígena;
- Residencial baixa renda benefício de prestação continuada da assistência social;
- Residencial baixa renda multifamiliar

2 - Comercial

- Comercial;
- Serviços de transporte, exceto tração elétrica;
- Serviços de comunicações e telecomunicações;
- Associação e entidades filantrópicas;

- Templos religiosos;
- Administração condominial: iluminação e instalações de uso comum de prédio ou conjunto de edificações;
- Iluminação em rodovias: solicitada por quem detenha concessão ou autorização para administração em rodovias;
- Semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito, solicitados por quem detenha concessão ou autorização para controle de trânsito;

3 - Rural

- agropecuária rural;
- instalações elétricas de poços de captação de água
- serviço de bombeamento de água destinada à atividade de irrigação.
- agropecuária urbana:
- residencial rural;
- cooperativa de eletrificação rural;
- agroindustrial;
- serviço público de irrigação rural;
- escola agrotécnica: estabelecimento de ensino direcionado à agropecuária;
- aquicultura: consiste no cultivo de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais se dá total ou parcialmente em meio aquático.

4 - Poder Público

- Iluminação Pública;
- Serviço Público:
- tração elétrica;
- água, esgoto e saneamento;
- Consumo Próprio

5 - Industrial (vide item 12)

11. Modalidades de Compensação - Existem 4 modalidades de compensação de acordo com o modelo de negócio do empreendimento:

- Autoconsumo local ou geração junto à carga;
- Autoconsumo remoto;
- Geração compartilhada
- Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (EMUC), também chamado de geração em condomínio.

12. Modalidades Tarifárias

- As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência ativa.
- Elas são definidas de acordo com o Grupo Tarifário, segundo as opções de contratação definidas na Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021 e no Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária - Proret.

1 - Grupo A

- No grupo A, subdividido em seis subgrupos, geralmente se enquadram indústrias e estabelecimentos comerciais de médio ou grande porte. Unidades consumidoras da alta tensão (Subgrupos A1, A2 e A3), média tensão (Subgrupos A3a e A4), e de sistemas subterrâneos (Subgrupo AS).
- **Horária Azul:** tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários). Disponibilizada para todos os subgrupos do grupo A; e
- **Horária Verde:** tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários), e de uma única tarifa de demanda de potência. Disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS.

2 - Grupo B

O **grupo B** (baixa tensão) é caracterizado por unidades consumidoras atendidas em tensão inferior a 2,3 kV, com tarifa monômnia (aplicável apenas ao consumo).

Unidades consumidoras da baixa tensão, das classes residencial (subgrupo B1), rural (B2), demais classes (B3) e iluminação pública (B4).

- **Convencional Monômnia:** tarifa única de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia; e
- **Horária Branca:** tarifa diferenciada de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários). Não está disponível para o subgrupo B4 e para a subclasse Baixa Renda do subgrupo B1.

13. Postos Tarifários

Para a aplicação das modalidades tarifárias horárias é necessária a definição dos postos tarifários.

Nas modalidades tarifárias do Grupo A, aplicam-se os horários de ponta e fora ponta. E na Tarifa Branca aplicada ao Grupo B, aplicam-se os três postos tarifários: ponta, intermediário e fora ponta.

- **Horário (posto) de ponta:** período diário de 3h consecutivas, com exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais;
- **Horário (posto) intermediário:** período de horas conjugadas ao horário de ponta, aplicado exclusivamente às unidades consumidoras que optem pela Tarifa Branca. Pode variar de 1h a 1h30 antes e depois do horário de ponta; e
- **Horário (posto) fora de ponta:** período diário composto pelas horas consecutivas e complementares ao horário de ponta e intermediário.

Os postos tarifários são aplicados aos dias úteis. Já nos fins de semana e feriados nacionais, todas as horas são consideradas como fora de ponta. São 11 os Feriados Nacionais:

- 1º de janeiro – Confraternização Universal
- Terça-feira de Carnaval
- Sexta-feira da Paixão (Páscoa)
- 21 de abril – Tiradentes
- 1º de maio – Dia do Trabalhador
- Corpus Christi
- 7 de setembro – Independência do Brasil
- 12 de outubro – Nossa Senhora de Aparecida
- 2 de novembro – Finados
- 15 de novembro – Proclamação da República
- 25 de dezembro – Natal

VANTAGENS DO USO

No Brasil, alguns fatores específicos podem favorecer esse cenário, transformando a energia solar fotovoltaica na bola da vez: a disrupção do setor elétrico.

O benefício da energia solar é ser considerada renovável e inesgotável, já que utiliza o sol como fonte primária.

É gratuita, ocupa pouco espaço, não emite poluentes, baixa necessidade de manutenção (lavagem), acessível em lugares remotos, economia na conta de luz, proteção contra a inflação energética, economia de recursos naturais, fatura de energia menor (a energia como um insumo produtivo), maior competitividade, menor necessidade de investimentos em infraestrutura, menor impacto ambiental, menor utilização de combustíveis fósseis, menor necessidade de novas hidroelétricas, maior valorização do imóvel, retorno sobre o investimento entre 2 a 6 anos (dependendo do tamanho da instalação).

Os impactos ambientais relacionados ao processo operacional da energia solar são praticamente nulos. A tecnologia utilizada para produção de energia solar é a que tem a mais longa duração entre os outros tipos de geração de energia, o que faz com que seja muito mais sustentável.

CUSTO DE DISPONIBILIDADE

É uma taxa mínima que remunera as concessionárias de distribuição de energia pela disponibilidade da rede elétrica aos consumidores de baixa tensão (BT), de acordo com o tipo de ligação da Unidade Consumidora (monofásica, bifásica e trifásica).

Assim, o custo de disponibilidade é o valor em reais equivalente a:

30 kWh

Monofásico

50 kWh

Bifásico

100 kWh

Trifásico

Por exemplo, se um consumidor do Grupo B, da Classe de Consumo Residencial Bifásico, não consumiu energia num determinado mês ou consumiu energia abaixo do valor de disponibilidade, ou seja 50 KW, ele pagará esse valor mínimo em sua conta de energia elétrica.

CONDIÇÕES DAS INSTALAÇÕES PARA OBTER ESSA FONTE DE ENERGIA

Para gerar energia solar é necessário instalar um sistema fotovoltaico. Normalmente, é um kit contendo:

- Módulo Solar
- Inversor (DC/AC)
- Cabos Especiais para Corrente Contínua (DC)
- Conectores Específicos
- Dispositivos de Proteção de Surtos (DPS)
- Estrutura de Fixação/Suportes Metálicos
- Monitoramento
- Medidor Bidirecional

ATENÇÃO AOS PRÉ-REQUISITOS PARA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Orientação do telhado - **Fig. 1 e Fig. 2**

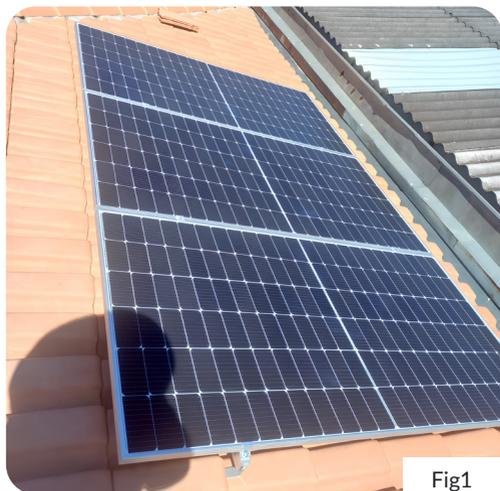


Fig1



Fig2

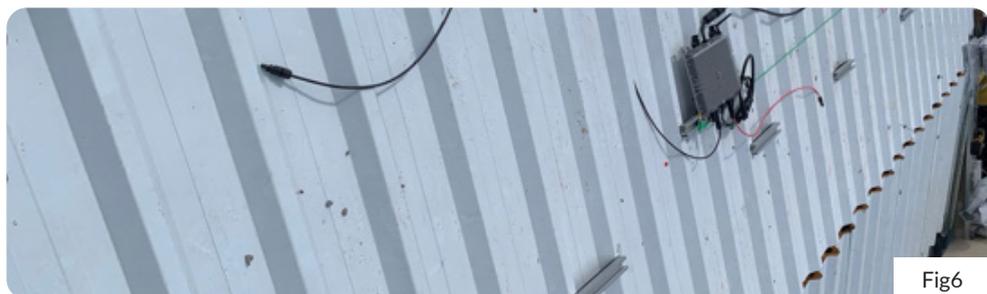
Área de cobertura (espaços para circulação e manutenção) - **Fig. 3 e Fig. 4**



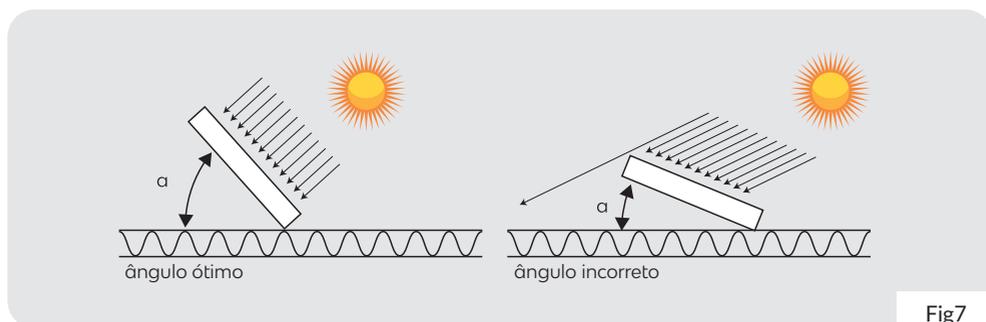
Sombreamento (às vezes é necessário podar árvores) - **Fig5**



Tipos de suporte para fixação das placas em telhados cerâmicos, concreto e metálicos - **Fig 6**



Incidência Solar - Inclinação - **Fig 7**



Para maximizar a captação da irradiação solar durante as estações do ano, devemos ter como base o ângulo de zênite: (ângulo formado entre a vertical do lugar (zênite) e a linha de visada. Varia de 0° a 180° , sendo a origem de contagem o zênite). Desta forma, o módulo deve ser inclinado de acordo com a latitude da cidade mais uma correção.

Há duas indicações distintas para apurar essa inclinação: uma para sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica e outra para os sistemas fotovoltaicos não conectados à rede.

No caso de sistemas conectados à rede elétrica, é recomendada maior captação no verão. Desta forma, o módulo ficará mais horizontal e será utilizada a seguinte expressão:

$$\alpha = 3,7 + 0,69 \times \text{latitude}$$

No caso de sistemas desconectados à rede elétrica, necessitamos estimar o período de menor captação, ou seja, durante o inverno, quando o Sol “passa” mais baixo e a irradiação é menor, devemos inclinar mais o módulo. O ângulo de inclinação é dado pela expressão:

$$\alpha = \text{latitude} + \text{latitude}/4$$

Trajeto ideal do sol sobre a construção: do leste para oeste. Telhado voltado para o norte. Fig 8

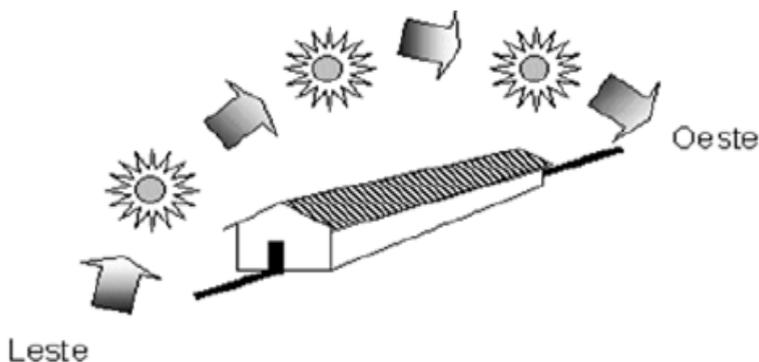


Fig8

Cálculo da área ocupada: maximizar (potência x dimensões das placas)
- Fig 9 e Fig 10



Casa em projeto ou construção (cuidados com a alvenaria) - Fig 11



Cuidados com o dimensionamento da parte elétrica: falta de cálculos da bitola dos cabos e disjuntores e material de baixa qualidade podem gerar inconvenientes conforme os exemplos abaixo:



Fig12



Fig13



Fig14

Cuidados com a Fixação Mecânica: falhas ao não seguir a orientação do Manual – Fig 15 e Fig 16

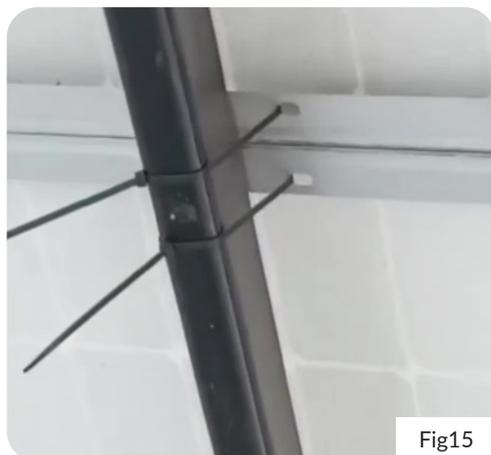


Fig15

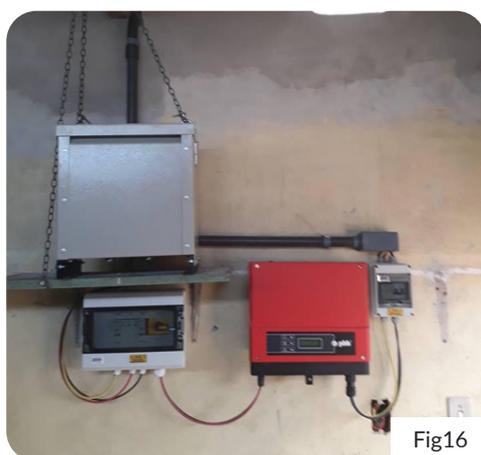


Fig16

CONTEXTO REGULATÓRIO

A Resolução Normativa nº 482 de 17/04/2012 (REN 482/2012) regulamentou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) por meio da MMGD.

Entre os anos de 2018 e 2019, por meio de consultas públicas envolvendo diferentes segmentos da sociedade, aconteceram debates sobre a proposta apresentada pela ANEEL para a revisão da REN 482/2012.

Como resultado identificou-se a necessidade de assegurar ao mercado de MMGD o seu estabelecimento via lei federal, ou seja, pela criação de um Marco Legal para a MMGD através do Projeto de Lei 5.829/2019.

Em paralelo, a ANEEL seguiu com seus trabalhos internos para a revisão da REN 482/2012 e publicou uma minuta da nova resolução normativa que alteraria a REN 482/2012.

Congresso Nacional

Marco Legal da MMGD
PL 5.829/2019



Aneel:

Minuta da nova resolução
normativa que altera atual
REN 482/2012

No dia 18/08/2021, o PL 5.829/2019 avançou no Congresso Nacional passando pela aprovação na Câmara dos Deputados com 476 votos favoráveis e 3 contrários.

O PL 5.829/2019 foi aprovado pelo Senado Federal em 16/12/2021, com 15 emendas, sendo duas delas acatadas pela Câmara, que aprovou Relatório Final em 17/12/2021.

Em 05/01/2022, o Presidente da República sancionou o Projeto de Lei nº 5.829/2019, que instituiu o Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída em 06/01/2022 e publicada no Diário Oficial no dia 07/01/2022.



DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO

Publicado em: 07/01/2022 | Edição: 5 | Seção: 1 | Página: 4

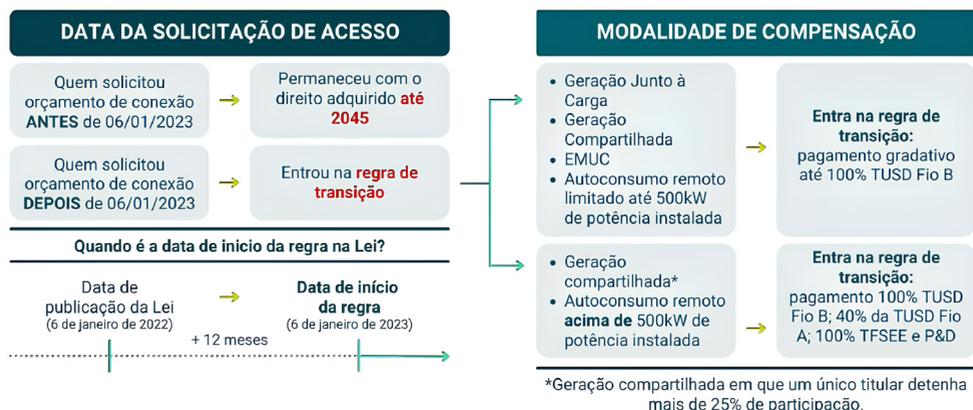
Órgão: Atos do Poder Legislativo

LEI Nº 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022

Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as [Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004](#), e [9.427, de 26 de dezembro de 1996](#); e dá outras providências.

REGRA DE TRANSIÇÃO DO MARCO LEGAL

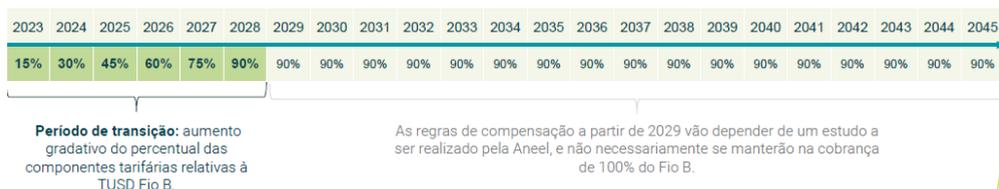
A transição para a nova regra dependerá de dois fatores principais:



PAGAMENTO GRADUAL DA TUSD FIO B

O consumidor que solicitar acesso após a vigência da regra e se enquadrar nas Modalidades de Compensação, listadas acima à direita, entram na regra de transição em que:

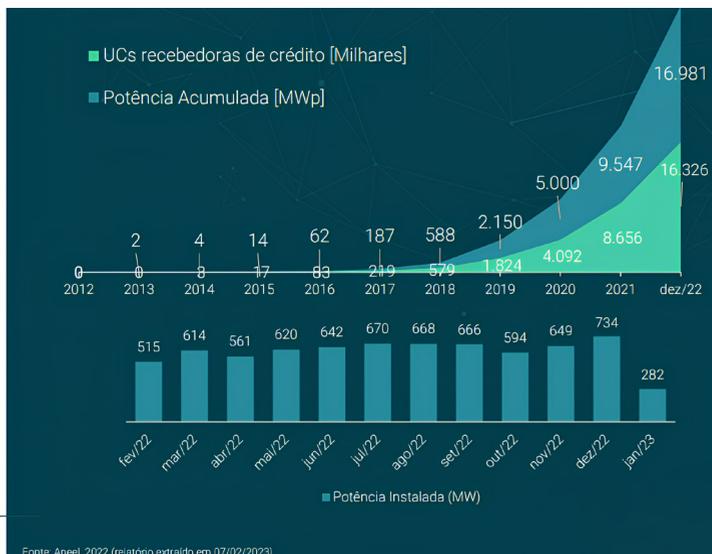
- Aplica-se a nova regra do Custo de Disponibilidade.
- Aplica-se a nova regra para faturamento da demanda contratada de usina, sendo a TUSDg a partir da data da revisão tarifária da distribuidora.
- Compensação: pagamento parcial e gradativo da componente TUSD Fio B pelo período de 6 anos até completar o pagamento de 90%.



POTÊNCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA

Potência Fotovoltaica Instalada

- A potência solar fotovoltaica instalada no Brasil acumula um total de 17,17GW em Geração Distribuída.
- No ano de 2022, foram instalados 7,32GW, comparado com os 4,57GW instalados em 2021, isso representa um crescimento de 60,2%.



OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são uma coleção de 17 metas globais, estabelecidas pela Assembleia Geral das Nações Unidas.

A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas representa um plano de ação que promove a vida digna e estabelece metas para erradicar as desigualdades sociais no âmbito global.

A Agenda 2030 é uma continuação dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (2000-2015) da ONU que, naquele momento, foram a primeira confluência internacional para enfrentar problemas globais como a erradicação da pobreza extrema e da fome ou melhorar o acesso à educação.

Seu lema central, ninguém deixado para trás, baseia-se em cinco princípios orientadores: **Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias (5 Ps)**. O documento foi discutido na Assembleia Geral da ONU, onde os Estados-membros e a sociedade civil negociaram suas contribuições.

TRANSFORMANDO NOSSO MUNDO: A AGENDA 2030 PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



NORMA ISO 50001

A **ISO 50001** é uma norma internacional que estabelece práticas para a implantação de Sistemas de Gestão de Energia Elétrica nas empresas e organizações.

A **ISO 50001** foi criada para auxiliar as empresas a usar a energia de maneira mais eficiente, através da implementação de um Sistema de Gestão de Energia. Entretanto a adoção desse sistema exige mudanças nas práticas institucionais existentes.

Após a implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica, é importante realizar o seu acompanhamento, principalmente em indústrias, nas quais a gestão da energia é fator primordial.

- Desenvolver uma política para o uso mais eficiente da energia;
- Fixar metas e objetivos para atender a essa política;
- Usar dados para melhor compreender e tomar decisões sobre o uso de energia;
- Medir os resultados;
- Rever como a política funciona



GESTÃO DE ENERGIA NA EMPRESA ISO 50001

Sobre a Norma ABNT NBR ISO 50001

O que é: Um padrão de regras internacionais desenvolvidas pela ISO (International Organization for Standardization), para manter e melhorar a gestão de energia, visando alcançar a melhoria contínua do desempenho energético, incluindo a **eficiência energética**, uso e consumo de energia.

Publicação: Junho de 2011.

Objetivo: Subsidiar sistema de Gestão de Energia e seu Desempenho Energético.

Modelada em Sistemas de Gestão : ISO 9001 (Qualidade) e
ISO 14001 (Meio Ambiente)

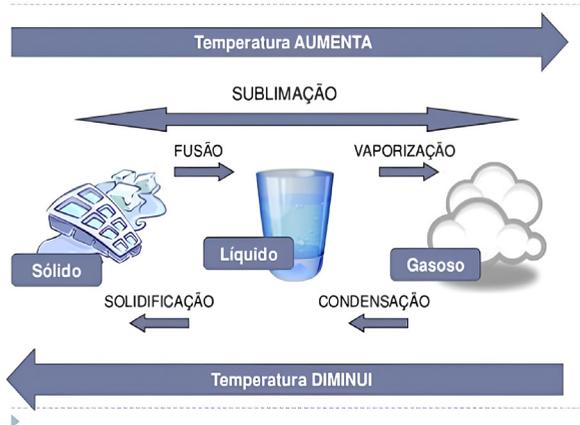


BOMBA de CALOR

1. Conceitos

As fases ou estados físicos da matéria são três: sólido, líquido e gasoso. A pressão e a temperatura, que são as variáveis de estado, influenciam no estado físico em que uma substância se encontra e ao receber ou perder certa quantidade de calor ela pode sofrer uma mudança/transição desse estado.

Mudanças de estados físicos da matéria



- **Fusão:** passagem da fase sólida para a líquida. Exemplo: o gelo derretendo e se transformando em água líquida.
- **Vaporização:** passagem da fase líquida para a gasosa. Exemplo: a água fervendo e se transformando em vapor de água, como a vapo-

rização dos rios, lagos e mares.

- **Solidificação:** passagem da fase líquida para a sólida. Exemplo: água líquida colocada no congelador para formar gelo.
- **Condensação:** passagem da fase gasosa para a líquida. Exemplo: o vapor da água se transformando em gotículas de água quando sua temperatura fica abaixo de 100 °C.
- **Sublimação:** passagem que se dá de forma direta, da fase sólida para a gasosa ou da fase gasosa para a sólida; como acontece com a naftalina, por exemplo.

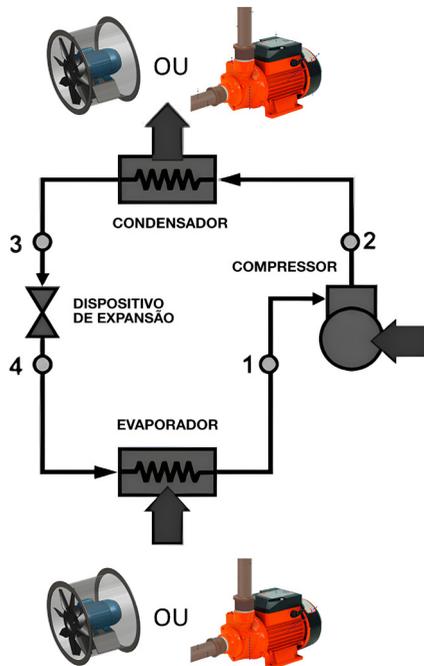
2. Como funciona um circuito frigorífico (Termodinâmico)

Um circuito frigorífico é um sistema fechado composto por vários componentes, como compressor, condensador, evaporador e válvula de expansão. Sua função é retirar o calor de um ambiente (como um espaço refrigerado) e transferi-lo para outro ambiente (como o ar ambiente externo).

O funcionamento do circuito frigorífico é baseado no princípio de que, quando um líquido se evapora, ele retira calor do ambiente ao seu redor. Esse princípio é utilizado no evaporador do circuito frigorífico, onde o líquido refrigerante (geralmente um composto químico específico) evapora e absorve o calor do espaço refrigerado. O vapor resultante é então comprimido pelo compressor e transferido para o condensador.

No condensador, o vapor é resfriado e condensado de volta para um líquido, liberando o calor que foi absorvido pelo evaporador. O líquido refrigerante resfriado é então enviado para o evaporador novamente, através da válvula de expansão, onde o processo começa de novo.

Esse ciclo é contínuo e repetitivo, permitindo que o circuito frigorífico mantenha o ambiente refrigerado a uma temperatura específica. A eficiência do sistema depende da escolha dos componentes e do tipo de líquido refrigerante utilizado.



Podem ser classificados como sendo do tipo (evaporador / condensador)

- AR / AR
- ÁGUA / ÁGUA
- AR / ÁGUA
- ÁGUA / AR

3. O que é Bomba de Calor?

Uma bomba de calor é um dispositivo que usa um ciclo termodinâmico para transferir calor de uma fonte de temperatura mais baixa para uma fonte de temperatura mais alta. Isso é feito por meio do uso de um refrigerante, que é comprimido para aumentar sua temperatura e, em seguida, liberado para evaporar e resfriar a fonte de temperatura mais baixa. O vapor resultante é então comprimido novamente e transferido para um condensador, onde o calor é liberado para a fonte de temperatura mais alta.

As bombas de calor podem ser usadas tanto para aquecimento quanto para refrigeração, dependendo da direção do fluxo de calor. No modo de aquecimento, a bomba de calor absorve calor do ar externo, solo ou água e libera-o no interior de uma casa ou edifício. No modo de refrigeração, a bomba de calor remove o calor do interior de um espaço e o libera no ar externo.

As bombas de calor são uma forma muito eficiente de aquecimento e resfriamento em comparação com sistemas tradicionais, pois usam me-

nos energia para transferir o calor do que produzi-lo diretamente. Elas são especialmente eficazes em climas moderados, onde a diferença de temperatura entre as fontes é relativamente pequena. Além disso, as bombas de calor podem ser alimentadas por eletricidade ou fontes de energia renovável, tornando-as uma opção mais sustentável para o aquecimento e resfriamento de edifícios.

4. Onde são utilizadas as bombas de calor do tipo ÁGUA - ÁGUA

As bombas de calor do tipo água-água são comumente utilizadas em sistemas de aquecimento e refrigeração de edifícios, bem como em processos industriais que exigem controle de temperatura.

Em sistemas de aquecimento e refrigeração de edifícios, as bombas de calor água-água retiram calor da água subterrânea ou de um reservatório de água próxima ao edifício e o transferem para o sistema de aquecimento central ou para o ar condicionado central, que aquece ou resfria o ar que circula pelo edifício. Isso pode proporcionar uma grande economia de energia em comparação com sistemas tradicionais de aquecimento e de refrigeração.

Já em processos industriais, as bombas de calor água-água podem ser utilizadas para controlar a temperatura de líquidos em tanques de armazenamento, reatores químicos e em diversos outros processos industriais que exijam controle de temperatura. Além disso, essas bombas de calor também podem ser usadas em sistemas de aquecimento de piscinas, spas e outras instalações de lazer.

5. Segmentos de mercado que utilizam as bombas de calor

- Hotéis
- Hospitais
- Clubes
- Indústrias farmacêuticas
- Indústrias de alimentos e bebidas
- Indústrias químicas
- Qualquer instalação que a temperatura de água precisa ser elevada
- Processos de secagem de materiais

6. Faixas de temperatura de água que as bombas de calor podem atingir

As bombas de calor podem atingir faixas até -15°C para refrigeração e até 120°C para aquecimento.

Bombas de calor para aquecimento e refrigeração



Nossas bombas de calor são adequadas para uma ampla variedade de aplicações de resfriamento e / ou aquecimento em grandes imóveis, indústrias e produção de aquecimento e resfriamento urbano.

One degree better

Refrigeração até -15°C Água quente até $+120^{\circ}\text{C}$

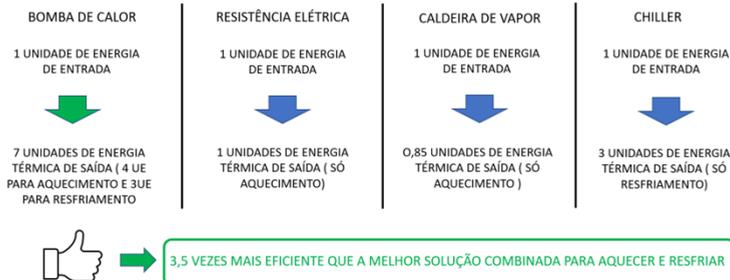
oilon

7. Parâmetros para verificar a viabilidade de se implementar as Bombas de Calor

Para iniciarmos o estudo precisamos saber:

1. Preço unitário da energia elétrica (R\$/kwh)
2. Tipo de combustível utilizado (GN, GLP, DIESEL, BIOMASSA E QUAL BIOMASSA)
3. Preço unitário do combustível (R\$/ Nm^3/h), R\$/kg, R\$/lt)
4. Consumo médio anual de combustível
5. Preço unitário do m^3/hora
6. Diferença de temperatura que se deseja elevar a temperatura da água (temperatura de saída – temperatura de entrada)
7. Vazão de água em m^3/h que pretendemos aquecer

8. Por que a bomba de calor é o meio mais eficiente que qualquer outra solução de aquecimento?



9. Exemplos de casos práticos

- Hospitais e Hotéis

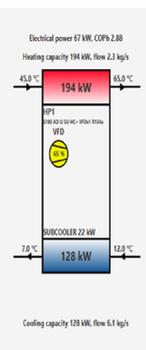
CÁLCULOS COMPARATIVOS



AQUECEDOR A GN	UNIDADE	AVALIAÇÃO PELO MÁXIMO CONSUMO	AVALIAÇÃO PELO CONSUMO MÉDIO
Consumo médio mensal GN	nm ³ /mês	19541	16453
Poder calorífico GN	kcal/nm ³	8600	8600
Horas de funcionamento	h/mês	720	720
Potência fornecida pelo GN	kW/h	271,45	228,56
Rendimento aquecedor	%	0,85	0,85
Potência fornecida para água	kW/h	230,73	194,27
Valor unitário do nm ³ - GN	R\$	5,13	5,13
Custo médio mensal do GN	R\$	100.323,49	84.469,70
Custo médio anual	R\$	1.203.881,93	1.013.636,42
CUSTO ANUAL DA OPERAÇÃO UTILIZANDO GN		R\$ 1.013.636,42	

X

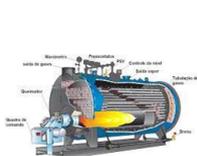
BOMBA DE CALOR	UNIDADE	ÁGUA QUENTE	ÁGUA GELADA
Temperatura de entrada	°C	45	12
Temperatura de saída	°C	65	7
Vazão de água	m ³ /h	8,46	22,03
Horas de funcionamento	H	720	720
Potência fornecida para água	kW/h	194	128,1
Consumo energia elétrica bomba de calor	kWe/h	67	
Cop chiller ar condicionado			-2,78
custo unitário do m ³ de água			
Economia anual (redução água evaporada tr)			
Valor unitário do kWh	R\$	0,47	
Custo médio mensal de EE	R\$	R\$ 22.672,80	-R\$ 15.593,18
Custo médio anual	R\$	R\$ 272.073,60	-R\$ 187.118,16
Custo médio anual efetivo (credito AG)	R\$		84.955,44
CUSTO ANUAL DA OPERAÇÃO UTILIZANDO BOMBA DE CALOR		R\$ 84.955,44	



ECONOMIA ANUAL = R\$ 928.680,98

- Pré-Aquecimento de água na caldeira

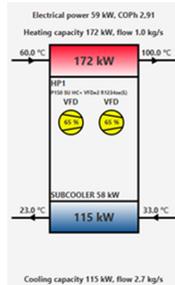
- Produção horária média de vapor = 4,1 Ton/h
- Entrada de água na caldeira = 4,3 m³/h
- Elevação de temperatura de 60° para 100° C (DT = 40°C)
- Quantidade de energia requerida = 172 kW térmico



PARAMETROS (Elevação da Temperatura de água na entrada da Caldeira)	UNIDADES	VALORES
Potência fornecida para água	kWt	172
Rendimento da caldeira	%	90%
Potência fornecida pelo gás	KWt	191
Poder calorífico do gás	kcal/Nm ³	8.600
Consumo de GN para realizar esse trabalho	Nm ³ /h	19
Numero de horas mensais	H	720
Consumo de gas mensal	Nm ³ /mês	13.758
Custo do gás natural	R\$	R\$ 4,90
Custo mesal deste trabalho	R\$	R\$ 67.411,87
Custo anual deste trabalho	R\$	R\$ 808.942,39

X

BOMBA DE CALOR		AQ	AG
Temperatura de entrada	°C	60	33
Temperatura de saída	°C	100	23
Vazão de água	m ³ /h	3,79	9,92
Horas de funcionamento	H	720	720
Potência fornecida para água	kW/h	172	115
Consumo de energia elétrica	kW/h	59	
Economia anual com água evaporada	R\$	-R\$ 33.460,72	
Valor unitário do kWh / m ³	R\$	R\$ 0,36	R\$ 24,40
Custo médio mensal de EE	R\$	R\$ 15.292,80	
Custo médio anual de EE	R\$	R\$ 183.513,60	
Custo anual deste trabalho	R\$	150.052,88	



ECONOMIA ANUAL = R\$ 658.889,51

Outro ganho financeiro é a redução dos custos de manutenção, pois as bombas de calor requerem menos manutenção e são mais duráveis do que outros equipamentos.

PROJETO ENERGIA FOTOVOLTAICA x BOMBA DE CALOR

Considerando uma Bomba de Calor com Potência Elétrica necessária para alimentar o Compressor de 6 KW, tensão de 220V, tipo de ligação da UC em trifásico e que permite usar a eletricidade renovável gerada para alimentá-la, deve reduzir a conta de energia e as emissões de CO₂ de maneira eficiente.

Partindo da premissa do funcionamento diário e mensal, como se a bomba de calor fosse um refrigerador, teremos um consumo de energia de 6 KW x 24h x 30dias = 4.320 KWh/mês (51.840 KWh/ano).

Sabendo-se que teremos um período ideal diário de cerca de 6h com irradiação solar, vamos considerar as 24h no cálculo, pois dimensionaremos o sistema para gerar créditos, os quais serão usados no período que se tem menor irradiação (inverno).

Na Tabela 1 abaixo, temos representado graficamente a Irradiação Solar Média Mensal ao longo do ano. A média anual de energia incidente na maior parte do Brasil varia entre 4kWh/m² dia e 5kWh/m² dia.

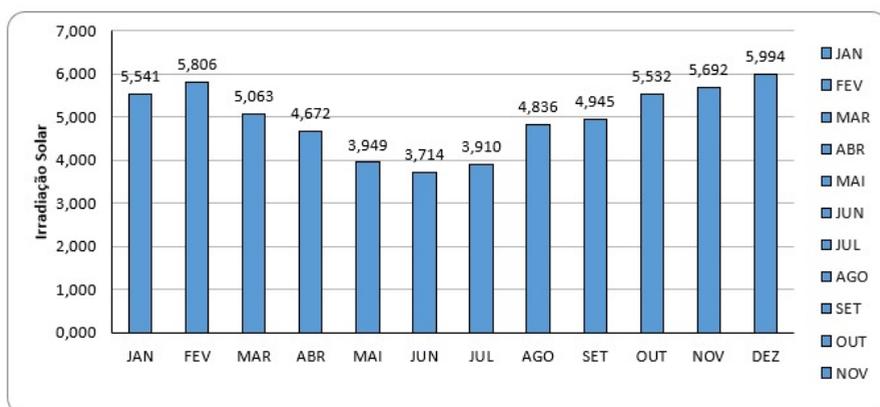


Tabela 1

Irradiação Solar é a irradiância integrada em um intervalo de tempo especificado, geralmente uma hora ou um dia, e é dada em watt hora por metro quadrado. Irradiação solar nada mais é do que uma determinada quantidade de radiação solar por unidade de área.

Qual é a diferença entre Radiação e Irradiação?

A diferença entre radiação e irradiação é bem simples: radiação é transmissão de energia através do espaço, enquanto irradiação é a exposição à radiação.

Na Tabela 2 abaixo, temos representado graficamente a Geração x Consumo mensal, usando a Tabela 1 acima como referência.

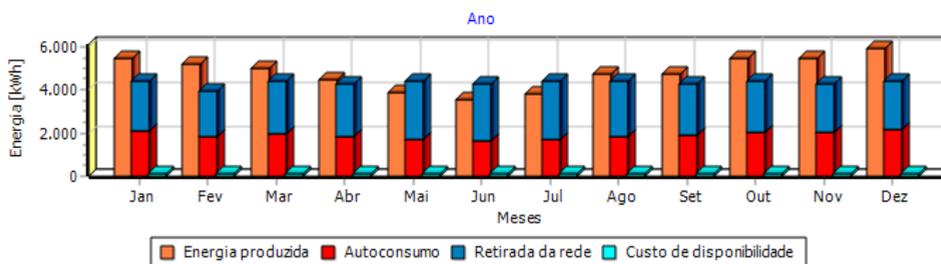


Tabela 2

DIMENSIONAMENTO

Dimensionamento

Número total de módulos:	72	Potência nominal:	33 kW
Produção anual:	57.792,9 kWh	Potência de pico:	39,24 kWp
Peso total dos módulos:	2.412 kg	Rácio dimensionamento:	117,4 %

VERIFICAÇÕES ELÉTRICAS

Verificações elétricas

Tensão:	✓
Corrente:	✓
Potência:	✓

Número de rastreadores	MPPT 1	MPPT 2
Módulos em série	18	18
Séries fotovoltaicas em paralelo	2	2
Exposição	Exposição 1 ...	Exposição 1 ...
Tensão de MPP (STC)	748,8 V	748,8 V
Número de módulos	36	36

Foram calculados 72 módulos fotovoltaicos de 550Wp e um Inversor de potência nominal de 33 KWp.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Algumas considerações e conclusões tendo como base o ano de 2022:

- 1.** O aumento da capacidade produtiva de insumos para suprir a demanda de módulos, somada à forte queda dos preços do frete e o estoque alto de equipamentos no atacado, contribuíram para a queda dos preços ao consumidor final. Em média, os sistemas FV tiveram queda média de 12%.
- 2.** Em contra partida, a elevada taxa de juros no ano de 2022, provocou forte queda da participação do financiamento nas vendas dos sistemas FV. Com isto, houve a flexibilização das condições de pagamento por meio de maior desconto nos pagamentos à vista ou ampliando o número de parcelas.
- 3.** Houve aceleração do volume de empreendimentos em FV em 2022, pois o principal fator impulsionador foram as mudanças dos critérios de compensação (pagamento da TUSD Fio B) para os empreendimentos que necessitam conexão à rede a partir de 07/01/2023.
- 4.** Embora, o início da regra de transição estabeleça o pagamento gradual da TUSD Fio B, remunerando a rede, os sistemas FV continuam atrativos ao consumidor final dado o baixo impacto no retorno do investimento para sistemas de geração local, que representam cerca de 80% da potência total instalada. Para empreendimentos de geração remota, o impacto na atratividade é maior.
- 5.** A classe residencial continua se destacando no avanço da GD, representando 56% do volume adicionado em 2022, ao passo que a classe comercial foi responsável por 22%.

AUTORES

ENGENHEIRO ANTONIO CESAR PEDRINI

Graduado em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia da Fundação Valeparaibana de Ensino em São José dos Campos (1982). Mestrado em Microondas pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Pós Graduação em Gestão de Energia e Eficiência Energética nas Escolas SENAI.

Desenvolveu projetos elétricos no Instituto de Atividades Espaciais (IAE) do Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA) e trabalhou com normatização e ensaios técnicos em componentes e sistemas para aplicação militar e espacial.

Atualmente, atuando como Engenheiro Consultor com ênfase nas boas práticas para eficiência energética em iluminação, motores elétricos, climatização, refrigeração e geração de energias renováveis e destaque em projetos de sistemas de geração de energia fotovoltaica aplicáveis em residências, comércio e indústrias, em sustentabilidade e em gestão de energia.

ENGENHEIRO LUÍS ROBERTO PADRÃO DOS SANTOS

Possui graduação em Engenharia Mecânica com ênfase em Refrigeração e Ar Condicionado pela Faculdade de Engenharia Industrial (FEI) (1986). Pós graduação em Eficiência Energética pelo SENAI (2018).

Trabalhou como Diretor de Manutenção no Grupo SERVITEC, como Diretor Executivo do Grupo GPS e, atualmente é Sócio Diretor da ENERSERVICE Engenharia e Consultoria Ltda.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio do **CREA-SP** e **Mútua-SP**, que permitiram a realização deste Caderno Técnico, privilegiando a educação e a valorização profissional.

Agradecimentos ao Presidente e aos Diretores da **AEASC**, pela oportunidade de registrar mais um documento técnico, que contribui sobremaneira ao acervo desta entidade e interage diretamente com a sociedade.

Agradecimentos à equipe administrativa, que colaborou na redação, diagramação, impressão e na concretização deste caderno técnico.

REFERÊNCIAS TÉCNICAS

Energia Solar Fotovoltaica. Conceitos e Aplicações. Este livro foi planejado para proporcionar um aprendizado objetivo e didático dos principais temas que norteiam a energia solar fotovoltaica.

Greener, 2023; Acesse em greener.com.br

CRESESB: Centro de Referência para a Energia Solar e Eólica. Site: <http://www.cresesb.cepel.br/>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 5410 - 2004

Estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS) - ONU

A ONU e seus parceiros no Brasil estão trabalhando para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. São 17 objetivos ambiciosos e interconectados que abordam os principais desafios de desenvolvimento enfrentados por pessoas no Brasil e no mundo.

ISO 50001:2018

Os novos requisitos da ISO 50001:2018 especificam guias para estabelecer, implementar e realizar o monitoramento de sistemas de energia. O propósito é permitir que qualquer organização atinja uma melhoria na performance quando se trata de eficiência energética.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 11215 - Segunda edição: 27.07.2016

Equipamentos unitários de ar-condicionado e bomba de calor - Determinação da capacidade de resfriamento e aquecimento

La bomba de calor. Fundamentos, tecnología y casos prácticos (Spanish Edition) (Autor) AFEC (Asociación Fabricantes Equipos de Climatización) Editora Tregolam

AR CONDICIONADO - Manual sobre Sistemas de Água Gelada Volume I Conceitos sobre Chillers e Sistemas de Água Gelada.

Ministério do Meio Ambiente, secretaria de mudança do clima e florestas, departamento de monitoramento, apoio e fomento de ações em mudança do clima, coordenação-geral de proteção da camada de ozônio.

SISTEMA CONFEA/CREA

O Sistema Confea/Crea é responsável pela fiscalização e aperfeiçoamento de qualquer atividade relacionada a Engenharia, Agronomia e Geociências no Brasil.

Criado a partir do Decreto nº 23.569, de 11 de dezembro de 1933, tem como missão zelar pela defesa da sociedade e desenvolvimento sustentável do país, sempre observando os princípios éticos profissionais.

Decreto nº 23.569/1933

lei nº 5194/1966

lei nº 6496/1977

CREA-SP

O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo, ou simplesmente Crea-SP, é a maior instituição do seu gênero na América latina e uma das maiores do mundo.

Seu principal objetivo é registrar, habilitar e fiscalizar os profissionais de todo o estado ligados às Engenharias, Agronomia e Geociências, além de tecnólogos e Designers de Interiores.

REGISTRO PROFISSIONAL

O registro profissional é obrigatório para exercer qualquer função nas áreas fiscalizadas pelo conselho. Para obtê-lo, o profissional deve buscar a associação regional mais próxima ou acessar o site do Crea-SP (creasp.org.br).

CODIGO DE ÉTICA PROFISSIONAL E DE EMPRESAS

O Código de Ética norteia todos os profissionais e empresas que atuam nas Engenharias, Agronomia e Geociências.

Nele, você encontra as condutas necessárias para uma prática boa e honesta das profissões regulamentadas pelo Crea-SP.

Acesse o Código de Ética Profissional completo em creasp.org.br.

Resolução nº 1002/2002

Resolução nº 1004/2003

ART

A Anotação de Responsabilidade Técnica, ou ART, é um documento exigido por lei em qualquer atividade que envolva as Engenharias, Agronomia e Geociências.

Ele é um resumo do contrato estabelecido entre profissional e o seu cliente ou empregador e define os responsáveis técnicos pela execução de uma obra ou projeto.

O registro das ARTs compõem a receita do Sistema Confea/Crea.

ACERVO TECNICO

Além de fortalecer as associações em busca de uma sociedade mais segura e valorizar a classe, o conjunto de ARTs cria o Acervo Técnico Profissional, uma espécie de currículo com todas as atividades desenvolvidas ao longo da carreira.

Legislação Profissional do Sistema CONFEA/CREA

A legislação que regula as atividades profissionais da engenharia, agronomia e geociências tem como ponto de partida a Constituição Federal, que dispõe em seu artigo 5º, inciso XIII: “é livre o exercício de qualquer trabalho, ofício ou profissão, atendidas as qualificações profissionais que a lei estabelecer”.

Seguindo este princípio constitucional, as várias profissões que compõem o Sistema CONFEA/CREA são regulamentadas por leis próprias, conforme segue:

- Lei Federal nº 4076/1962 - REGULAMENTA A PROFISSÃO DE GEÓLOGO
- Lei Federal nº 5194/1966 - REGULAMENTA AS PROFISSÕES DE ENGENHEIRO E ENGENHEIRO AGRÔNOMO
- Lei Federal nº 6664/1979 - REGULAMENTA A PROFISSÃO DE GEÓGRAFO
- Lei Federal nº 6835/1980 - REGULAMENTA A PROFISSÃO DE METEOROLOGISTA

A definição das diversas atividades profissionais consta no Glossário da Resolução 1.073 do Confea

LEGISLAÇÃO POR TEMA:

Acessibilidade:

- Lei nº 10098/2000 - INCLUSÃO DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA OU MOBILIDADE REDUZIDA
- Lei nº 11.982/2009 - PARQUES DE DIVERSÕES - PESSOAS COM DEFICIÊNCIA OU MOBILIDADE REDUZIDA
- Lei nº 13146/2015 - ESTATUTO DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA

Acervo Técnico e Registro de Atestado:

- Resolução nº 1.025/2009 - CONFEA - ART E ACERVO TÉCNICO
- Resolução nº 1029/2010 - NORMAS PARA O REGISTRO DE OBRAS INTELECTUAIS
- Resolução nº 1092/2017 CONFEA - ALTERA A RESOLUÇÃO 1025/2009
- Decisão normativa CONFEA nº 85/2011 - MANUAL DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS - RESOLUÇÃO 1.025/2009

ART Cargo/ Função:

- Resolução nº 1.025/2009 - CONFEA - ART E ACERVO TÉCNICO
- Resolução nº 1092/2017 CONFEA - ALTERA A RESOLUÇÃO 1025/2009
- Decisão Normativa CONFEA nº 85/2011 - MANUAL DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS - RESOLUÇÃO 1.025/2009

Livro de Ordem:

Resolução nº 1094/2017 - CONFEA - LIVRO DE ORDEM DE OBRAS E SERVIÇOS DAS PROFISSÕES ABRANGIDAS PELO SISTEMA CONFEA/ CREA

ART Múltipla:

- Resolução nº 1.025/2009 - CONFEA - ART E ACERVO TÉCNICO
- Resolução nº 1092/2017 CONFEA - ALTERA A RESOLUÇÃO 1025/2009
- Decisão normativa CONFEA nº 113/2018 - ART PARA ATIVIDADES/ OBRAS E SERVIÇOS DE ROTINA
- Decisão normativa CONFEA nº 85/2011 - MANUAL DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS - RESOLUÇÃO 1.025/2009

Atividades realizadas em outros estados:

- Resolução nº 1.025/2009 - CONFEA - ART E ACERVO TÉCNICO
- Resolução nº 1092/2017 CONFEA - ALTERA A RESOLUÇÃO 1025/2009

Fiscalização do exercício profissional

- Resolução nº 1008/2004 CONFEA

Registro e baixa de ART:

- Lei nº 6.496/1977 - INSTITUI A ART; AUTORIZA A CRIAÇÃO DA MÚTUA
- Resolução nº 1.025/2009 - CONFEA - ART E ACERVO TÉCNICO
- Resolução nº 1044/2013 - ALTERA O ART.79 DA RES.1.025-2009, QUE DISPÕE SOBRE ART E ACERVO
- Resolução nº 1050/2013-REGULARIZAÇÃO DE OBRAS E SERVIÇOS DE ENGENHARIA E AGRONOMIA CONCLUÍDOS SEM AR
- Resolução nº 1067/2015-CRITÉRIOS PARA COBRANÇA DE REGISTRO DA ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA
- Resolução nº 1092/2017 CONFEA - ALTERA A RESOLUÇÃO 1025/2009
- Resolução nº 1.116/2019 - SERVIÇOS CLASSIFICADOS COMO SERVIÇOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS
- Resolução nº 1123/2020 - ALTERA A RES 1067/2015 QUE FIXA CRITÉRIOS PARA COBRANÇA DE ART
- Resolução nº 377/1993 - ART DE AVIAÇÃO AGRÍCOLA
- DECISÃO NORMATIVA CONFEA Nº 85/2011 - MANUAL DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS - RESOLUÇÃO 1.025/2009

Registro profissional

- Resolução nº 1007/2003 CONFEA

Registro de Pessoas Jurídicas

- Resolução nº 1121/2019 CONFEA

Subempreitada:

- Resolução nº 1.025/2009 - CONFEA - ART E ACERVO TÉCNICO
- Resolução nº 1092/2017 CONFEA - ALTERA A RESOLUÇÃO 1025/2009
- Decisão normativa CONFEA nº 85/2011 - MANUAL DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS - RESOLUÇÃO 1.025/2009

Valores de Anuidades, Multas e Taxas:

- Resolução nº 1066/2015 - CRITÉRIOS PARA COBRANÇA DE ANUIDADES, SERVIÇOS E MULTAS
- Resolução nº 1067/2015 - CRITÉRIOS PARA COBRANÇA DE REGISTRO DA ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA
- Resolução nº 1123/2020 - ALTERA A RES 1067/2015 QUE FIXA CRITÉRIOS PARA COBRANÇA DE ART

As leis, decretos e resoluções do CONFEA podem ser consultadas pelo link: <https://normativos.confea.org.br/>



AEASC

apoio



CREA-SP



São Carlos | 2023