

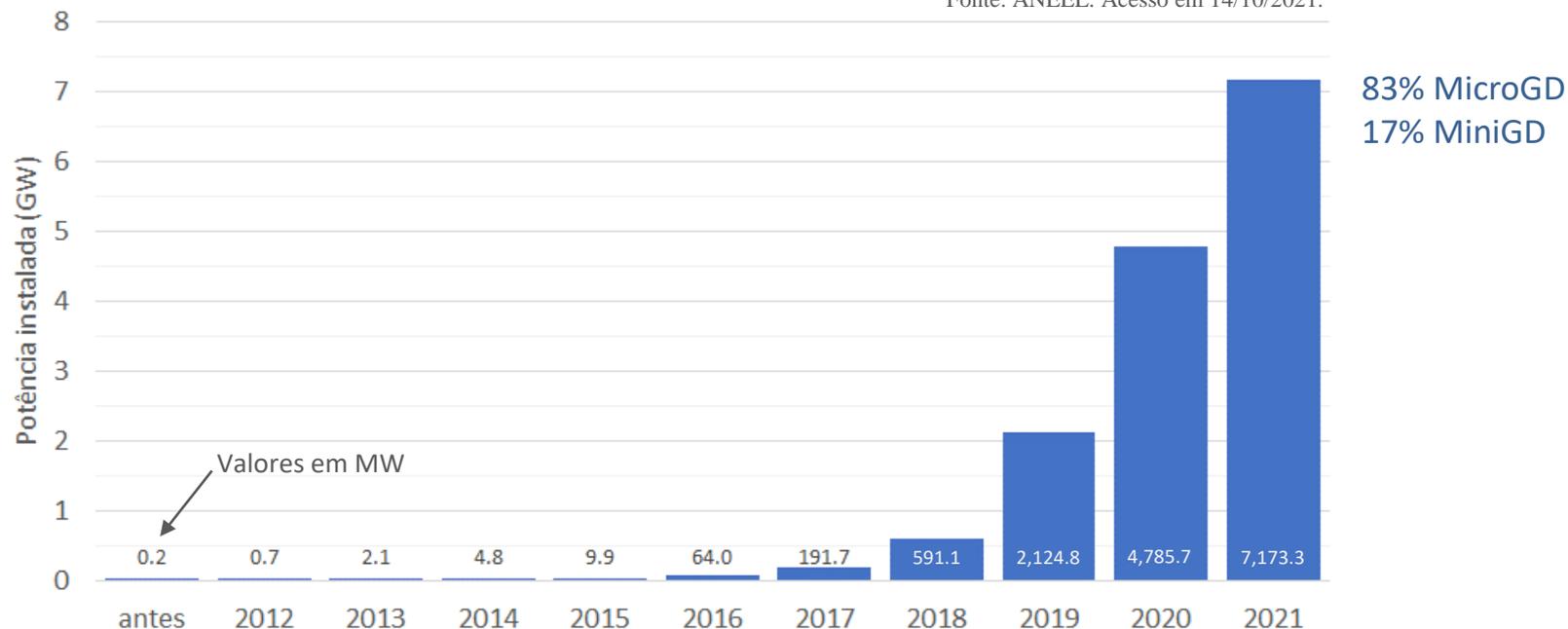


Normas de instalações fotovoltaicas

Marcelo Pinho Almeida

Geração distribuída FV (>97% da GD no Brasil, em potência instalada)

Fonte: ANEEL. Acesso em 14/10/2021.



83% MicroGD
17% MiniGD

Valores em MW

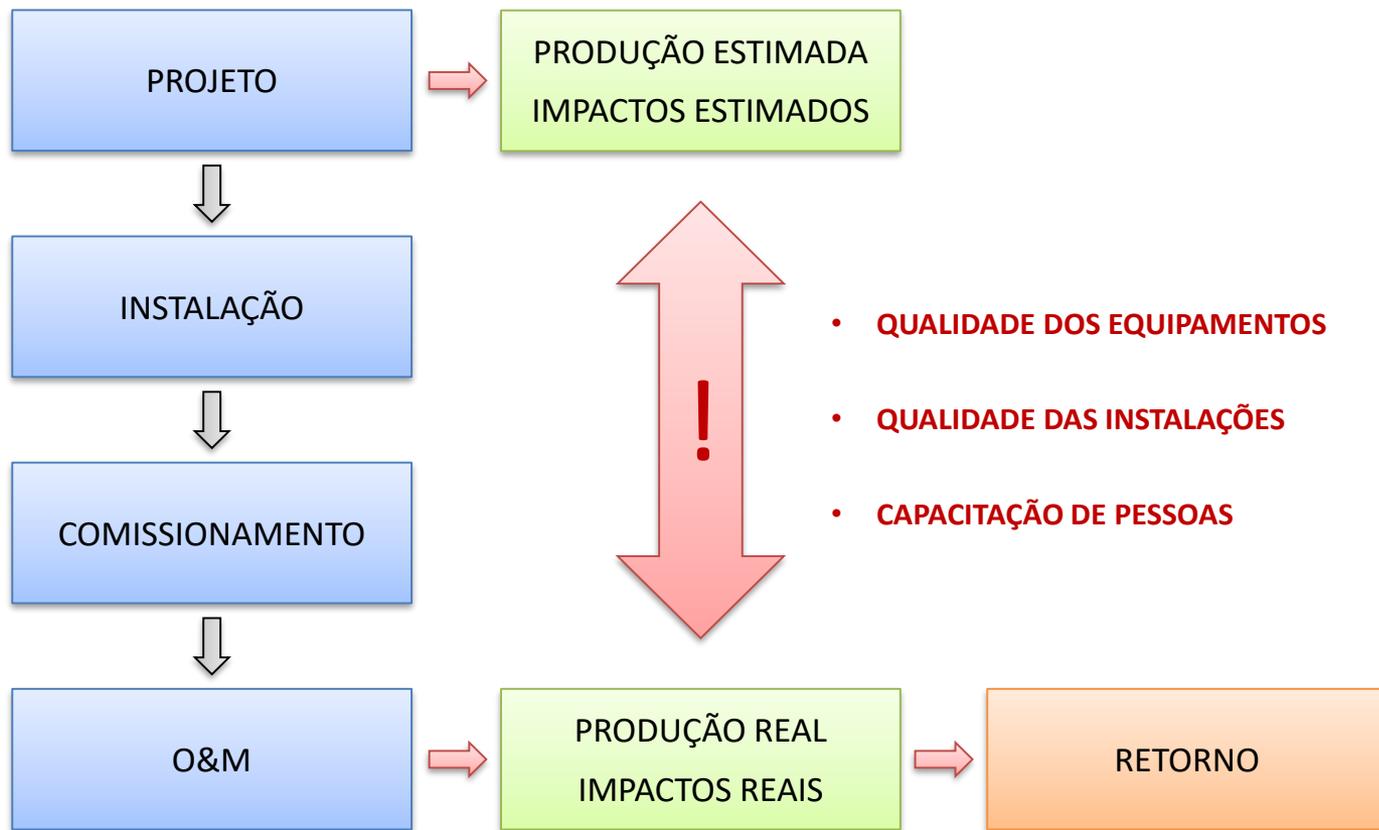
RN 482/2012 e RN 517/2012

RN 687/2015

GD: 7,17 GW \approx 3,85% cap. inst. SIN
+
GC: 3,84 GW \approx 2,04% cap. inst. SIN

Essa evolução vai continuar no longo prazo?

- Legislação
- Regulamentação
- Câmbio
- Preço
- Incentivos
- Financiamento
- Mão de obra
- Custos operacionais



Algumas consequências de uma instalação FV inadequada:

- ✓ Custo de manutenção elevado
- ✓ Redução do desempenho (redução do ganho financeiro)
- ✓ Risco às pessoas e ao patrimônio
- ✓ Risco ao sistema elétrico
- ✓ Perda de confiabilidade na tecnologia



- ✓ **ABNT NBR 16149:2013**, Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.
- ✓ **ABNT NBR 16274:2014**, Sistemas fotovoltaicos conectados à rede — Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho.
- ✓ **ABNT NBR 16690:2019**, Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos — Requisitos de projeto.

Há muitas outras normas ABNT aplicáveis a sistemas fotovoltaicos e seus componentes!

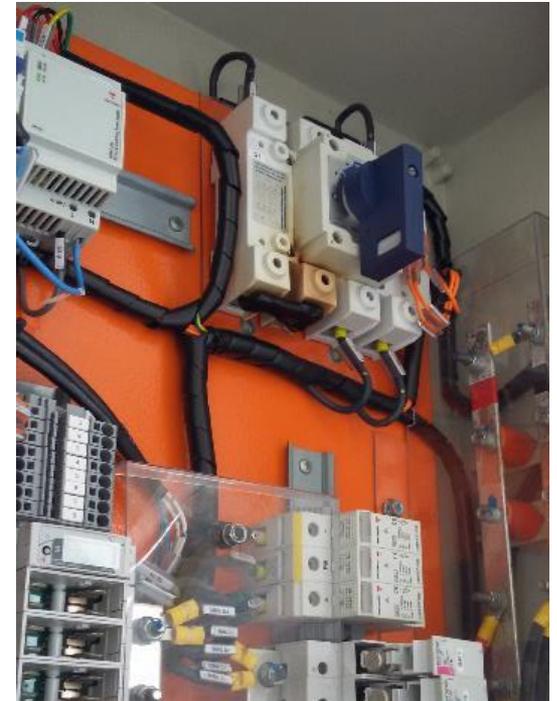
ABNT NBR 16690:2019

Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos — Requisitos de projeto

Por que uma norma técnica para instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos?

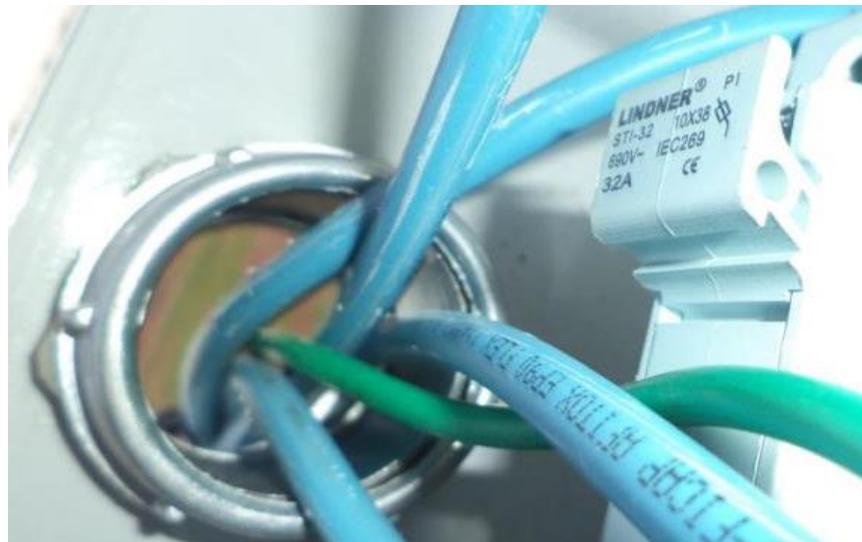
- ✓ Qualidade das instalações
- ✓ Segurança de pessoas e equipamentos
- ✓ Atribuição de responsabilidade
- ✓ Padronizar, na medida do possível, as características das instalações
- ✓ Inexistência de normas técnicas brasileiras dirigidas às instalações elétricas no lado c.c. de sistemas fotovoltaicos (arranjo fotovoltaico)
- ✓ Especificar os requisitos que surgem das características particulares dos sistemas fotovoltaicos.

Como estão sendo realizadas as instalações de sistemas fotovoltaicos?









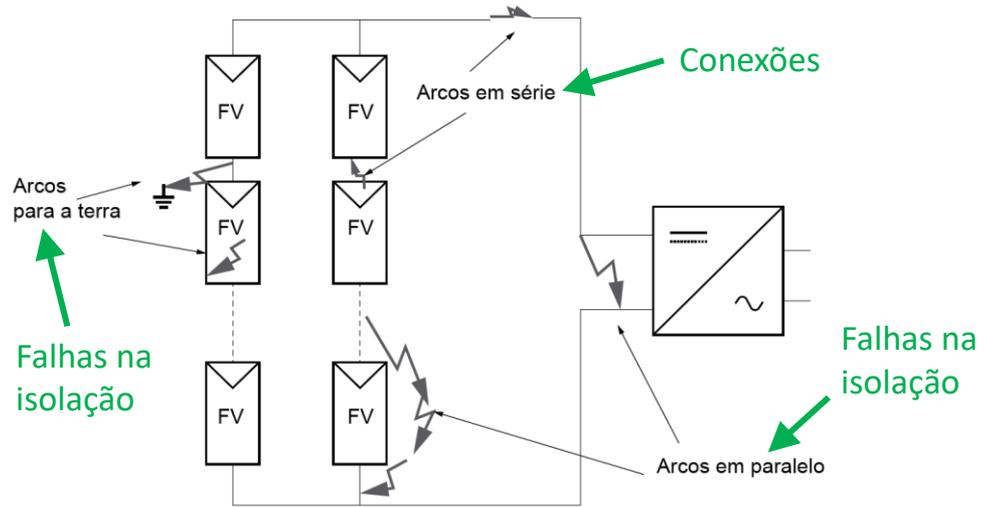
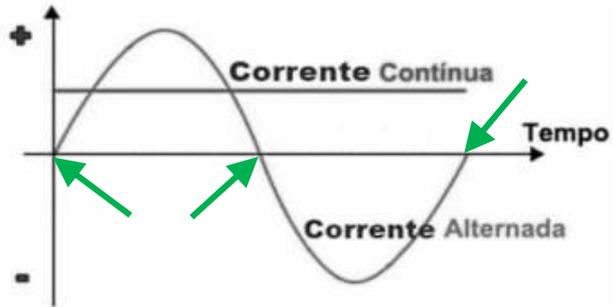
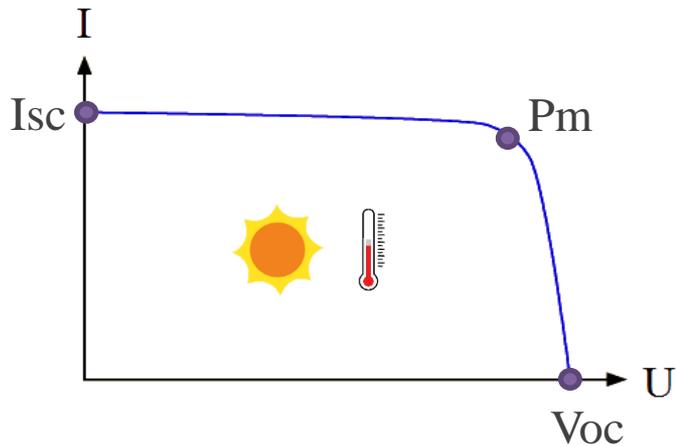




Arranjo FV



Circuito de aplicação



Consequências diretas:

- Interrupção de corrente c.c.
- Não é possível desligar a fonte (módulos) durante intervenções na instalação
- Proteção contra choque elétrico utilizando isolação dupla
- Utilização de DPS FV
- Dimensionamento de cabos e proteções contra sobrecorrente diferenciado
- Cabos expostos a altas temperaturas e radiação UV
- Correntes de fuga em sistemas com lado c.a. referenciado à terra

Histórico:

- ✓ Primeira reunião da CE-003:064.001 para discutir o tema: março de 2012
- ✓ Ao todo foram elaboradas três versões do projetos de Norma.
- ✓ Início dos trabalhos na terceira versão: março de 2015
- ✓ Publicação da Norma: outubro de 2019

Características gerais:

- ✓ Texto inicial baseado na IEC/TS 62548:2013¹
- ✓ Compatibilizado com a IEC 62548:2016² e a IEC 60364-7-712:2017³
- ✓ Complementa a NBR 5410, estabelecendo os requisitos de projeto das instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos (organização similar)
- ✓ Aplicabilidade: potência nominal do arranjo fotovoltaico > 100 W (nas STC)
ou
35 Vcc < tensão de circuito aberto < 1.500 Vcc (nas STC)
- ✓ Boas práticas de projeto e instalação de sistemas fotovoltaicos

¹ - IEC/TS 62548:2013, *Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements Ed.1*

² - IEC 62548:2013, *Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements Ed.1*

³ - IEC 60364-7-712:2017, *Low voltage electrical installations - Part 7-712: Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems Ed.2*

Estrutura igual a da ABNT NBR 5410:2004:

1. Escopo
2. Referências normativas
3. Termos, definições, símbolos e abreviaturas
4. Princípios fundamentais, características gerais e configurações do arranjo FV
 - 4.1. Princípios fundamentais
 - 4.2. Determinação das características gerais
 - 4.3. Configurações do arranjo fotovoltaico**
5. Proteção para garantir segurança
 - 5.1. Proteção contra choques elétricos
 - 5.2. Proteção contra efeitos térmicos
 - 5.3. Proteção contra sobrecorrente
 - 5.4. Proteção contra sobretensões e perturbações eletromagnéticas
 - 5.5. Proteção contra quedas e faltas de tensão
 - 5.6. Seccionamento e comando
 - 5.7. Proteção contra os efeitos de falhas de isolamento**

Estrutura igual a da ABNT NBR 5410:2004:

6. Seleção e instalação de componentes elétricos
 - 6.1. Prescrições comuns a todos os componentes da instalação
 - 6.2. Seleção e instalação das linhas elétricas
 - 6.3. Dispositivos de proteção, seccionamento e comando
 - 6.4. Aterramento e equipotencialização
 - 6.5. Outros componentes
7. Verificação final
8. Manutenção
9. Requisitos complementares para instalações ou locais específicos
- 10. Marcações e documentação**

A ABNT NBR 16690:2019 é maior do que parece...

- ✓ Proteção contra descargas atmosféricas:

Direciona para a série ABNT NBR 5419¹

- ✓ Seleção e instalação de DPS:

Direciona para a IEC 61643-32²

- ✓ Verificação (inspeção e comissionamento), documentação e marcação

Direciona para a ABNT NBR 16274³

¹ - ABNT NBR 5419:2015, Proteção contra descargas atmosféricas (versão corrigida 2018)

² - IEC 61643-32:2017, *Low-voltage surge protective devices - Part 32: Surge protective devices connected to the d.c. side of PV installations - Selection and application principles Ed.1*

³ - ABNT NBR 16274:2014, Sistemas fotovoltaicos conectados à rede — Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho

A ABNT NBR 16690:2019 é maior do que parece...

✓ Requisitos gerais de instalações elétricas:

Direciona para a ABNT NBR 5410¹

A ABNT NBR 16690:2019 complementa, altera ou exclui requisitos da ABNT NBR 5410.

4 Princípios fundamentais, determinação das características gerais e configurações do arranjo fotovoltaico

4.1 Princípios fundamentais

Os requisitos especificados na ABNT NBR 5410:2004, 4.1, se aplicam.

4.2 Determinação das características gerais

Os requisitos especificados na ABNT NBR 5410:2004, 4.2, se aplicam.

4.3 Configurações do arranjo fotovoltaico

4.3.1 Configuração funcional de um sistema fotovoltaico

¹ - ABNT NBR 5410:2004, Instalações elétricas de baixa tensão (versão corrigida 2008)

A ABNT NBR 16690:2019 é maior do que parece...

✓ Requisitos gerais de instalações elétricas:

Direciona para a ABNT NBR 5410¹

A ABNT NBR 16690:2019 complementa, altera ou exclui requisitos da ABNT NBR 5410.

5.3 Proteção contra sobrecorrente

5.3.1 Generalidades

Os requisitos de proteção contra sobrecorrente especificados na ABNT NBR 5410:2004, 5.3, devem ser acrescidos pelos requisitos desta subseção para a proteção do módulo fotovoltaico.

6.3 Dispositivos de proteção, seccionamento e comando

6.3.5 Dispositivos de proteção contra surtos (DPS)

Os requisitos dos dispositivos de proteção contra surtos especificados na ABNT NBR 5410:2004, 6.3.5, devem ser substituídos pelos requisitos apresentados nesta subseção.

¹ - ABNT NBR 5410:2004, Instalações elétricas de baixa tensão (versão corrigida 2008)

Revisão da ABNT NBR 16690:2019

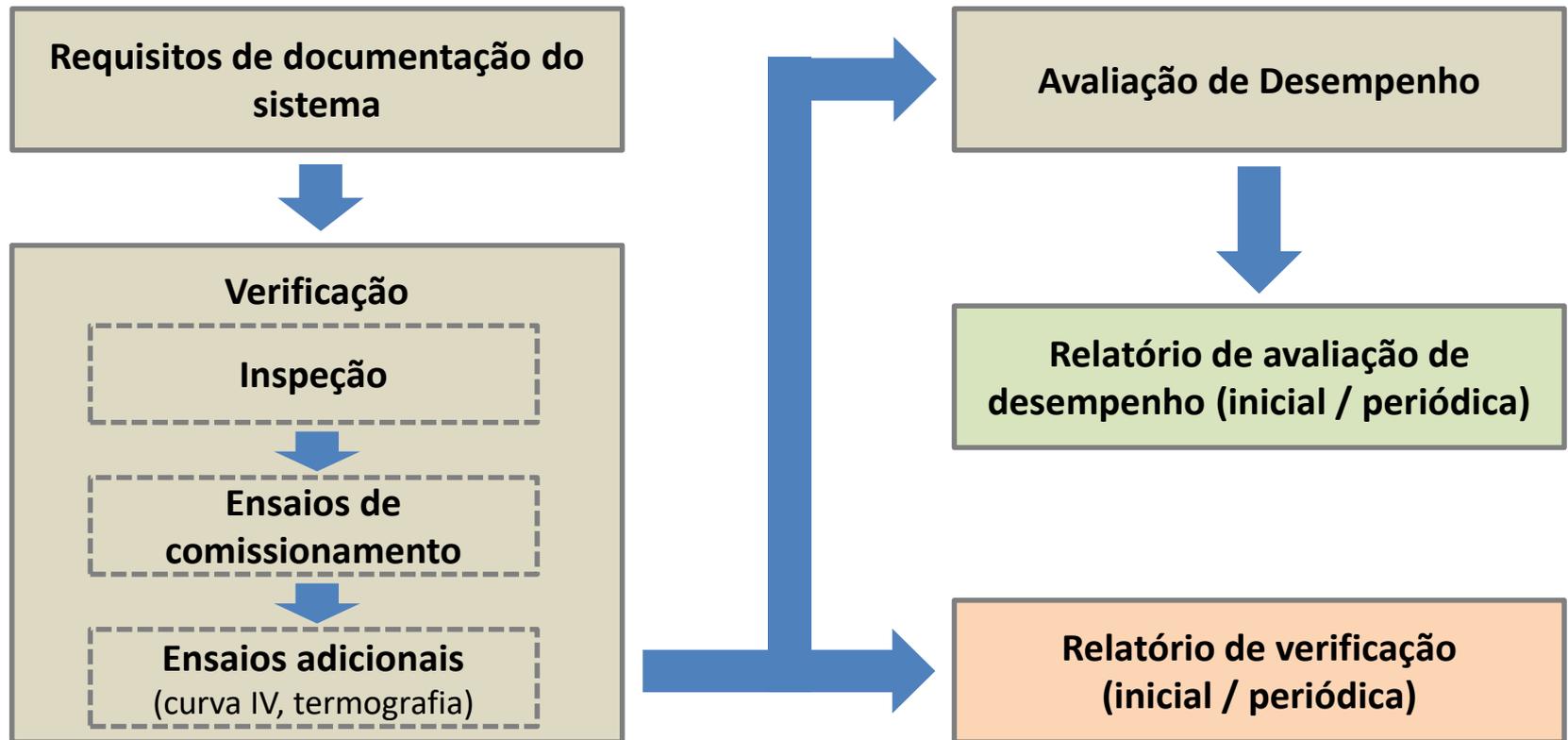
- ✓ A ABNT NBR 16690:2019 é uma norma que ainda se encontra no nível das principais normas internacionais (IEC)
- ✓ Durante os dois anos em que a Norma está em vigor, diversos itens que precisam de revisão ou melhoria já foram apontados pelo setor.
- ✓ A revisão está sendo realizada pela CE-003:064.001 – Instalações elétricas de baixa tensão, através do GT Sistemas Fotovoltaicos.
- ✓ O objetivo da revisão não é reescrever a Norma, mas corrigir, atualizar e melhorar pontos específicos.
- ✓ Também serão considerados os avanços na normalização internacional, como a revisão da IEC 60364-7-712 que está ocorrendo na IEC.

Revisão da ABNT NBR 16690:2019

- ✓ Alguns assuntos já levantados para revisão:
 - Correções e melhorias de texto
 - Quando algum tema (por exemplo, proteção contra descargas atmosféricas, aterramento, etc.) for mais complexo e autocontido, avaliar se há norma competente sobre o tema para chama-la, e transpor somente o básico para a Norma
 - Adequação das topologias e requisitos de aterramento em função do tipo e tamanho do arranjo fotovoltaico
 - Revisão das referências aos itens da ABNT NBR 5410
- ✓ Eventuais alterações de escopo:
 - Diferenciação de requisitos em função do tamanho do arranjo fotovoltaico
 - Inclusão de requisitos para o lado c.a. do sistema fotovoltaico

ABNT NBR 16274:2014

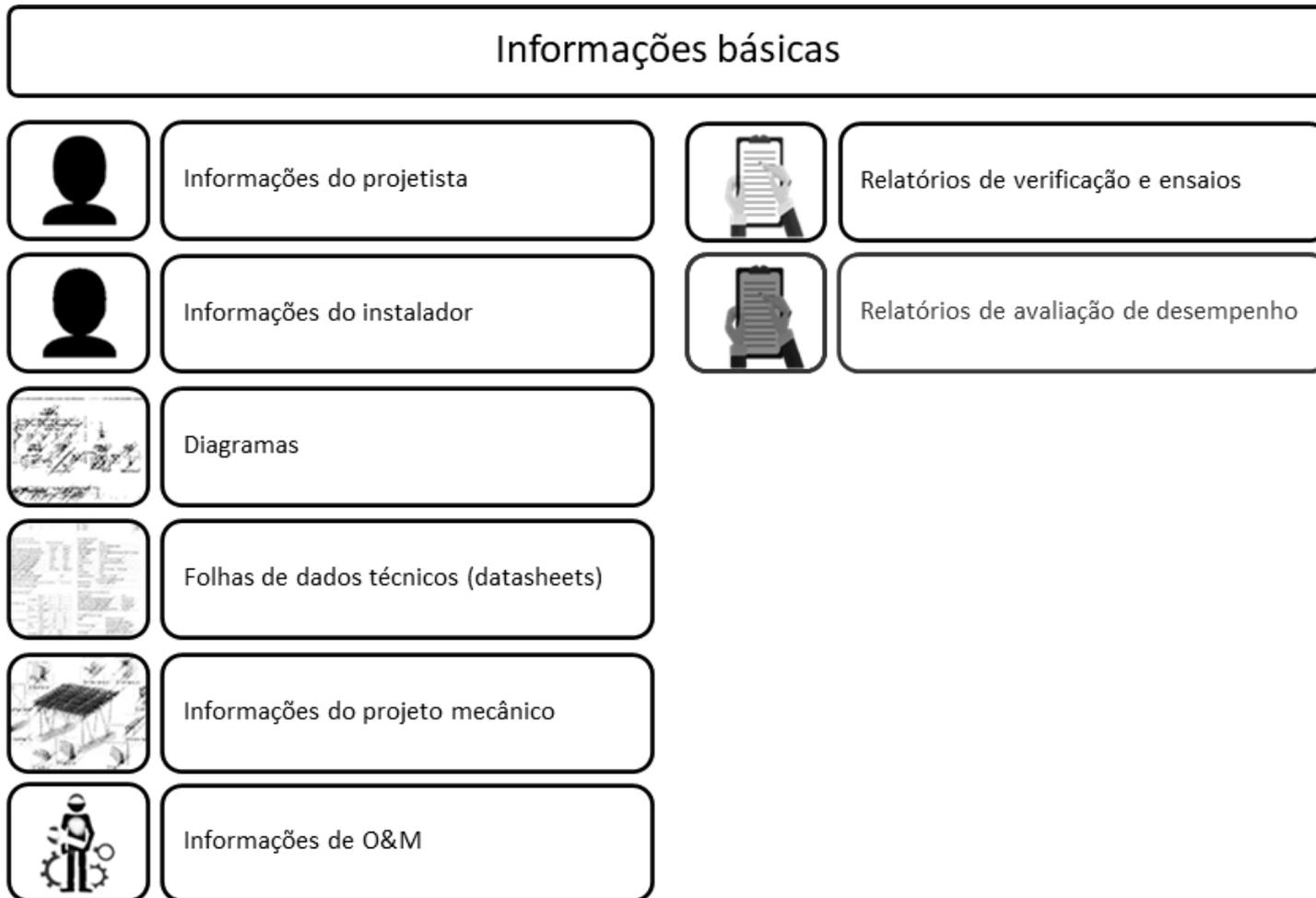
Sistemas fotovoltaicos conectados à rede — Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho



Objetivos da ABNT NBR 16274:2014

- ✓ Garantir o funcionamento e as características operacionais de acordo com os requisitos de projeto.
- ✓ Comprovação da qualidade dos produtos instalados e do desempenho da instalação.
- ✓ Caracterização do gerador fotovoltaico e do conversor eletrônico (inversor), permitindo um cálculo mais preciso da disponibilidade energética da instalação fotovoltaica.
- ✓ Eventuais perdas de desempenho e situações operacionais indesejáveis podem ser analisadas e mitigadas.
- ✓ Respaldo em caso de acionamento da garantia junto aos fornecedores.

Requisitos de documentação



Revisão da ABNT NBR 16274:2014

IEC 62446:2009

Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection



IEC 62446-1:2016+AMD1:2018 CSV

Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance - Part 1: Grid connected systems - Documentation, commissioning tests and inspection

IEC TS 62446-3:2017

Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance - Part 3: Photovoltaic modules and plants - Outdoor infrared thermography

IEC 62446-2:2020

Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance - Part 2: Grid connected systems - Maintenance of PV systems



ABNT NBR 16274:2014

Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho



EM REVISÃO



ABNT NBR 16274-X

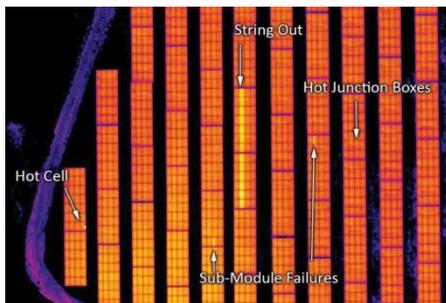
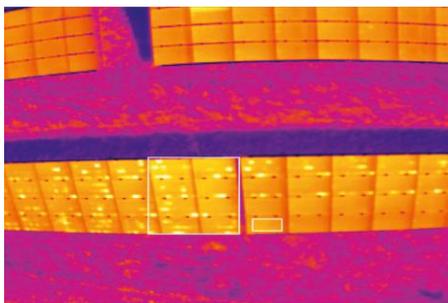
Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho – Parte X



Não será considerada na revisão da ABNT NBR 16274:2014.
Nova norma?

Revisão da ABNT NBR 16274:2014

- ✓ Considerar os avanços na normalização internacional (IEC 62446-1¹ e IEC 62446-3²)
- ✓ Adequar requisitos e ensaios para tecnologias que estão ganhando espaço no mercado
- ✓ Coordenar requisitos com a ABNT NBR 16690
- ✓ Corrigir e melhorar o texto
- ✓ Revisar a terminologia
- ✓ Incluir requisitos para termografia aérea (utilizando drones)



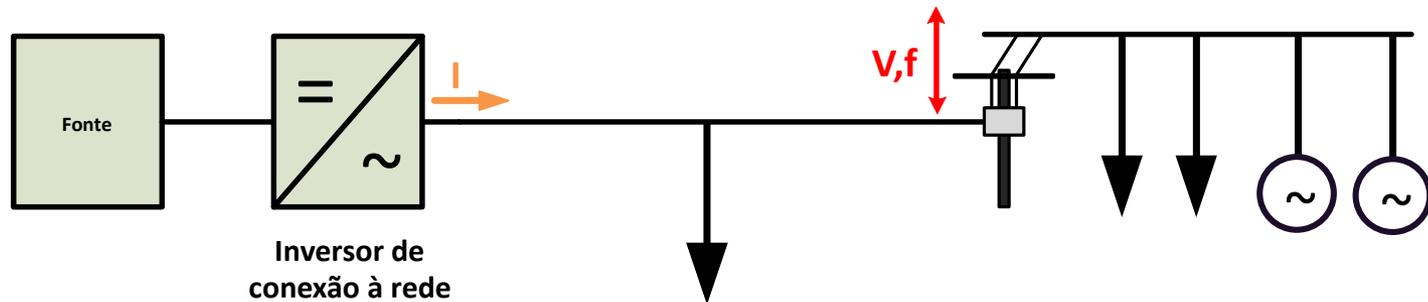
¹ - IEC 62446-1:2016+AMD1:2018 CSV, *Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance - Part 1: Grid connected systems - Documentation, commissioning tests and inspection Ed.1*

² - IEC TS 62446-3:2017, *Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance - Part 3: Photovoltaic modules and plants - Outdoor infrared thermography Ed.1*

ABNT NBR 16149:2013

Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição

Por que uma norma técnica para a interface de conexão à rede de inversores fotovoltaicos?



- Limites de tensão e frequência
- Desbalanceamento
- Harmônicos
- EMC
- Desconexão (segurança e imunidade)
- Funções de suporte à rede
- Comunicação

CSA C22.3
NO. 9:20

VDE 4105

EN 50549

CEI 0-21

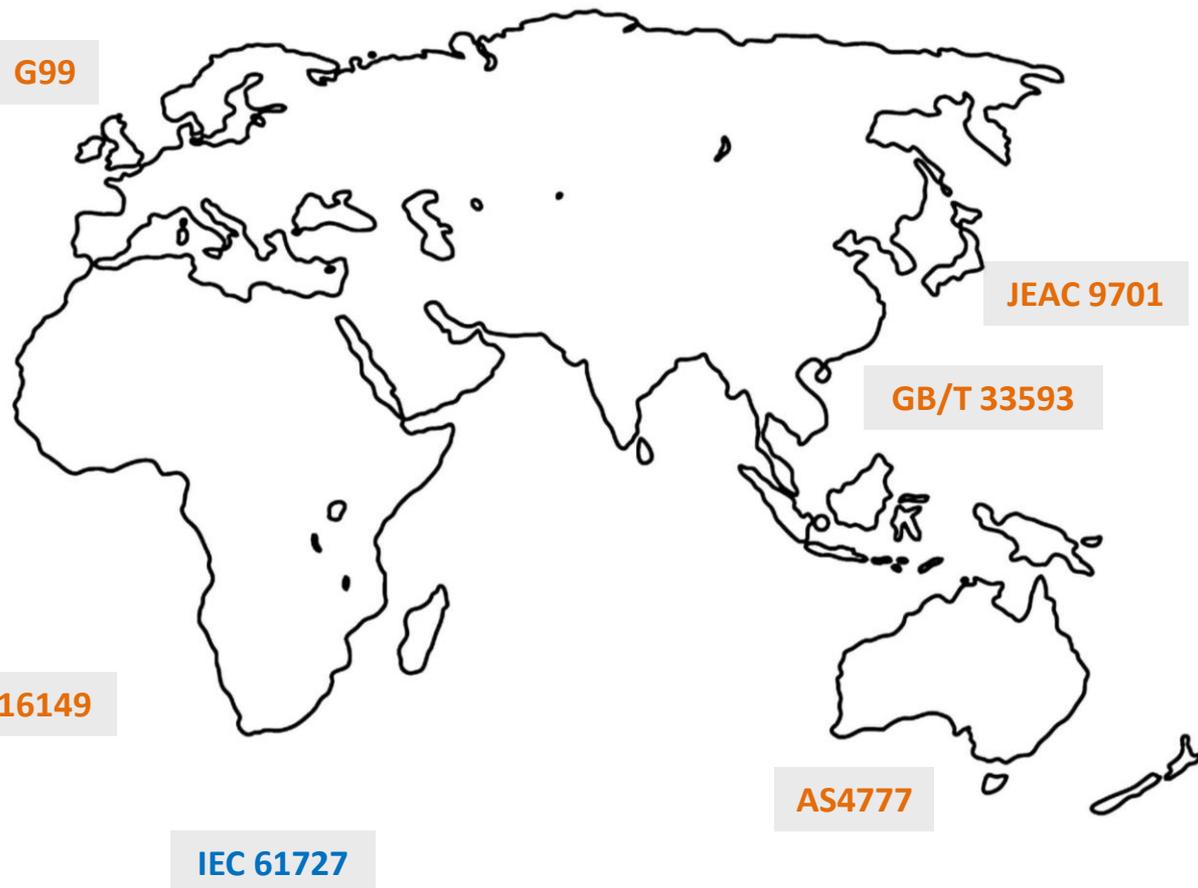
(EU) 2016/631



G99

IEEE 1547

NBR 16149



IEC 61727

GB/T 33593

JEAC 9701

AS4777

E há muitas outras!

Por que uma norma técnica **brasileira** para a interface de conexão à rede de inversores fotovoltaicos?

- O sistema elétrico brasileiro possui características técnicas próprias
- A organização regulatória e normativa no Brasil é diferente
- Compatibilização com a regulamentação brasileira (RN482, PRODIST, etc.) e outras normas técnicas
- Terminologia técnica utilizada no Brasil

ABNT NBR 16149:2013 – Sistemas fotovoltaicos (FV) - características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição

- Estabelece os requisitos elétricos da interface de conexão para a interconexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica de distribuição.
- Possui requisitos de compatibilidade com a rede, segurança e controle externo.
- Utilizou alguns elementos das Normas
 - ✓ IEC 61727:2004 – Photovoltaic (PV) Systems - Characteristics of the Utility Interface
 - ✓ VDE-AR-N 4105:2011 – Power generation systems connected to the low-voltage distribution network
 - ✓ CEI 0-21:2012 – Reference technical rules for the connection of active and passive users to the LV electrical Utilities

ABNT NBR IEC 62116:2012 – Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica

- Ensaio de anti-ilhamento.

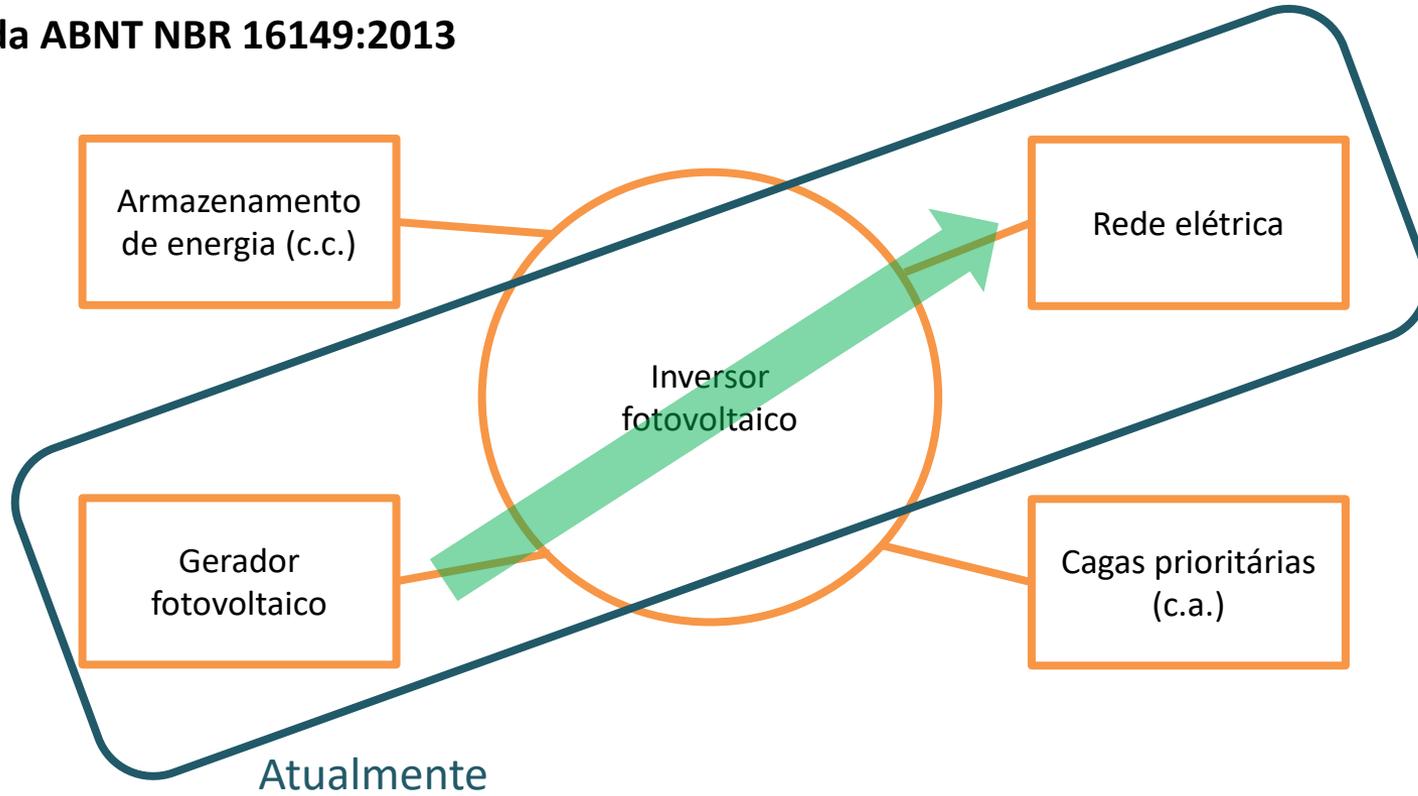
ABNT NBR 16150:2013 – Sistemas fotovoltaicos (FV) - características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição - procedimento de ensaio de conformidade

- Ensaio de conformidade com os requisitos da ABNT NBR 16149:2013.

Escopo da ABNT NBR 16149:2013

- Interface com a rede de distribuição
 - ✓ Compatibilidade com a rede
 - ✓ Proteção (sobre e sub tensão e frequência, reconexão, ilhamento, etc.)
 - ✓ Controle externo
 - ✓ Serviços de suporte à rede
- Fora do escopo!
 - ✓ Instalação elétrica
 - Proteção contra choques e efeitos térmicos, sobrecorrente, sobretensão, etc.
 - Seccionamento da instalação
 - Aterramento e equipotencialização
 - ✓ Regulamentação do setor
 - ANEEL
 - INMETRO
 - Ministérios
 - Distribuidoras
 - CONFEA
 - CREA's
 - Legislação federal, estadual e municipal
 - Acordos privados (cliente e fornecedor)

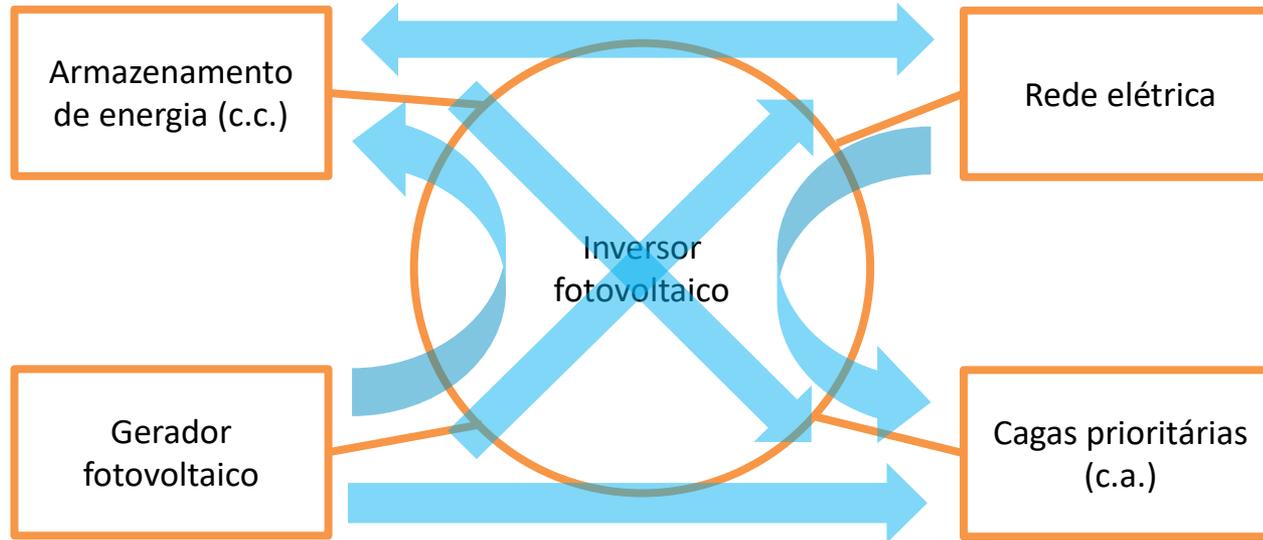
Revisão da ABNT NBR 16149:2013



¹ - Recursos Energéticos Distribuídos

² - Compatibilidade eletromagnética (*electromagnetic compatibility*)

Revisão da ABNT NBR 16149:2013

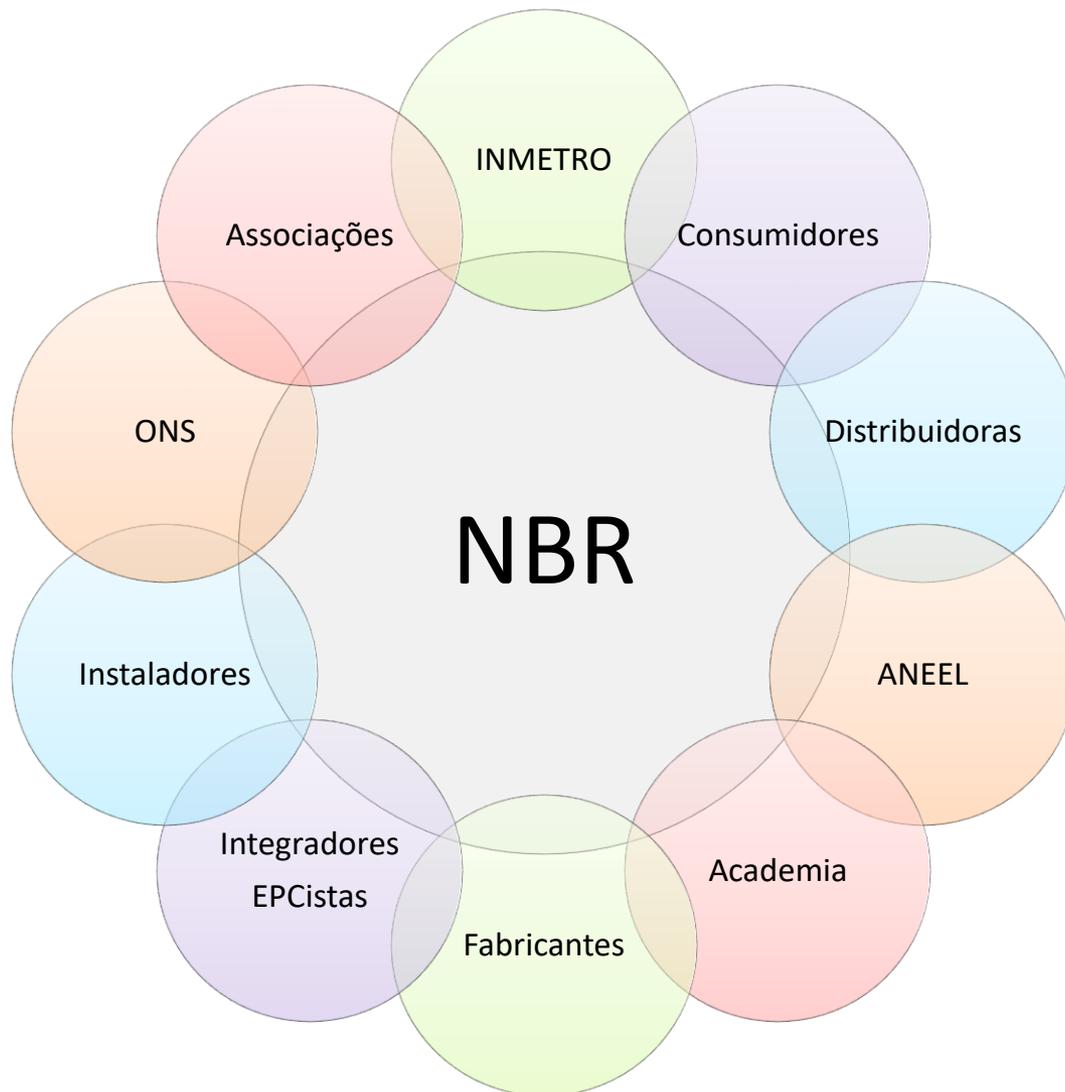


- Fluxo bidirecional
- RED¹
- Cargas prioritárias
- Terminologia
- Ajuste dos limites
- Imunidade a distúrbios da rede
- Novas funcionalidades
- EMC²

¹ - Recursos Energéticos Distribuídos

² - Compatibilidade eletromagnética (*electromagnetic compatibility*)

O processo de elaboração e revisão das normas técnicas



- Divisão de responsabilidades
- Coordenação entre atores e documentos existentes
- Atenção para o futuro
- **Consenso**

OBRIGADO!

Marcelo Pinho Almeida

Instituto de Energia e Ambiente

Universidade de São Paulo

marcelopa@iee.usp.br