

## Recomposição Automática de Energia Elétrica Alimentada a Partir do uso de Baterias Estacionárias

Willdemberg I. D. de Melo\*. Marcos A. D. de Almeida\*\*. Arrhenius V. da C. Oliveira\*\*\*. Max C. P. Filho\*\*\*\*.

\*Complexo Tecnológico de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN 59078-970, Brasil (e-mail: willdemberg.duarte.048@ufrn.edu.com.br).

\*\*Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN 59078-970, Brasil (e-mail: marcos.dias@ufrn.br)

\*\*\*Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN 59078-970, Brasil (e-mail: arrhenius.oliveira@ufrn.br).

\*\*\*\*Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN 59078-970, Brasil (e-mail: max.pimentel@ufrn.br)}

---

**Abstract:** This article presents an emergency circuit for automatic reconstitution of electrical power through switching operations performed by an electro-electronic and mechanical device (switch). This device can change the source of electrical power, which can be from the power utility or an alternative source. The alternative electrical power source is stored in stationary batteries, which in turn are being recharged by photovoltaic panels to remain in float and ready to be used in case of power outage. The emergency electrical circuit also features a charge controller, responsible for controlling the electrical power generated by the photovoltaic panel and supplying the battery. Additionally, there is an inverter capable of converting the direct current (DC) with a nominal voltage of 12 Volts (V) into alternating current (AC) with an electrical voltage of 220 V.

**Resumo:** O presente artigo traz um circuito emergencial de recomposição automática de energia elétrica por meio de operações de chaveamento realizadas por dispositivo eletroeletrônico e mecânico (comutador). Esse dispositivo é capaz de mudar a fonte de energia elétrica, que pode ser da concessionária de energia elétrica, ou de uma fonte alternativa. A fonte de energia elétrica alternativa está armazenada em baterias Estacionárias, que, por sua vez, estão sendo realimentadas por placas fotovoltaicas para que fiquem em flutuação e prontas para serem usadas em caso de falta de energia elétrica. O circuito elétrico emergencial também conta com um controlador de carga, responsável por controlar a energia elétrica gerada pela placa fotovoltaica e alimentar a bateria. Além disso, há um inversor capaz de transformar a corrente elétrica contínua (CC) de tensão nominal de 12 Volts (V) em corrente elétrica alternada (CA) com tensão elétrica 220 V.

**Keywords:** Emergency; Photovoltaic; Switch; Controller and Batteries.

**Palavras-chaves:** Emergencial; Fotovoltaico; Comutador; Controlador e Bateria.

---

### 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, o homem busca cada vez mais conforto em sua residência, principalmente aquele, que por algum motivo, teve sua vida alterada de alguma forma, precisando trabalhar ou estudar em casa. Para proporcionar esse conforto e segurança, é necessário ter um circuito elétrico emergencial que supre essa necessidade.

O circuito elétrico emergencial proposto neste artigo tem o objetivo de proporcionar esse conforto e segurança através da recomposição automática de energia elétrica alimentada a partir do uso de baterias estacionárias. Esse sistema de recomposição automática leva em consideração os indicadores de desempenho, duração de interrupção (DEC) e frequência de interrupção (FEC) de cada região, para que seja mais eficiente e confiável. Entretanto, essa etapa de estudo não será apresentada neste artigo.

De acordo com Parise (2009), a complexidade de um sistema elétrico é aumentada quando são adicionadas mais fontes principais e alternativas, fontes de emergência e em stand-by,

bem como diferentes configurações comutáveis, para que ele possa sobreviver a condições de contingência, como a perda de uma linha de transmissão, de um transformador ou até mesmo falhas de conexões elétricas nos componentes elétricos que atendem aos consumidores.

Diferentemente de outros projetos de baixo custo (Silva et al. 2018), o projeto proposto não utiliza contadoras e nem temporizadores para alternar as fontes de energia, pois sua comutação é realizada entre disjuntores de proteção. Primeiramente, é desligada a fonte da concessionária e somente depois disso a fonte alternativa é conectada, o que impossibilita o paralelismo entre as fontes.

Em primeiro momento, o artigo abordará o estudo de cada componente desse sistema emergencial de energia elétrica, apresentando algumas particularidades, tais como: insolação no Brasil e no estado do Rio Grande do Norte; módulo fotovoltaico e seu nível de tensão; conexões elétricas; controlador de carga e suas funções; comutador automático eletroeletrônico e mecânico de carga; bateria estacionária e inversor de energia elétrica.

Além disso, será ressaltada a importância de se ter um sistema de transferência automática de carga, pois garante a segurança do usuário ao realizar a transferência de carga sem a necessidade de contato direto ou indireto com a energia elétrica ou qualquer componente do sistema elétrico.

Além de que, será destacada a relevância de se ter uma geração de energia elétrica limpa em residências, contribuindo para a preservação do meio ambiente, uma vez que ainda há muitos geradores que funcionam à base de gasolina, diesel ou gás natural (Angelini, 2020).

Por fim, será apresentado um arranjo elétrico que demonstrará a recomposição automática de energia elétrica a partir do uso de baterias estacionárias, a fim de proporcionar um melhor entendimento do sistema.

## 2. IRRADIAÇÃO SOLAR NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, NO NORDESTE E NO BRASIL

### 2.1 Irradiação Solar no Brasil

A energia fotovoltaica está crescendo em todo o mundo. Os países têm investido nessa tecnologia primordial para a matriz energética atual. No contexto das energias renováveis, o Brasil segue a tendência global. O Plano Nacional Energético 2050 da EPE (2020, p.109) destaca que essa tendência mundial também se aplica no Brasil. Devido à sua localização geográfica, o país recebe níveis substanciais de radiação solar (em comparação com nações onde a tecnologia fotovoltaica está mais avançada) de maneira relativamente uniforme por todo o território, o que cria oportunidades para a implementação de projetos solares viáveis em várias regiões. Como a energia fotovoltaica tem por fonte primária uma energia infinita que é oriunda do sol, ela se torna confiável para o sistema elétrico. De acordo com Villalva (2015), o Brasil é privilegiado com elevadas taxas de irradiação solar em todas as regiões. O Brasil apresenta valores de insolação diária entre 4500 Watt hora por metro quadrado ( $\text{Wh/m}^2$ ) e  $6300 \text{ Wh/m}^2$ , conforme pode ser visualizado na Fig. 1.

### 2.2 Irradiação Solar no Rio Grande do Norte

Uma vez que a capacidade produtiva de energia elétrica de um sistema fotovoltaico depende diretamente do local onde é instalado (Villalva, 2015), o Estado do Rio Grande do Norte atinge níveis elevados de produção como mostra a Fig. 1 porque, a região nordeste faz parte do chamado “cinturão solar” que compreende uma faixa de irradiação solar, onde passa pelo centro-oeste e se estende até o nordeste brasileiro.

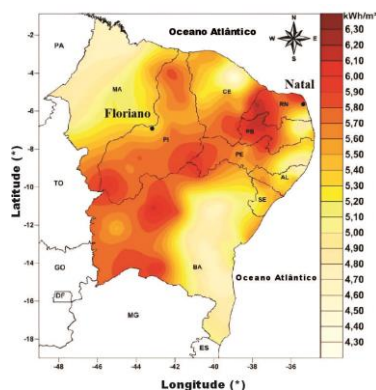


Fig. 1 Irradiação solar no nordeste brasileiro. Fonte: Ferreira Filho (2018).

Na Fig. 1, percebe-se que, no Rio Grande do Norte, os níveis de irradiação solar são altos e variam diariamente entre  $5200 \text{ Wh/m}^2$  e  $6300 \text{ Wh/m}^2$ , possuindo assim, um dos maiores potenciais de aproveitamento da energia solar do Brasil.

## 3. MÓDULO FOTOVOLTAICO

### 3.1 Gerador Fotovoltaico

O gerador fotovoltaico é um dispositivo capaz de transformar energia solar em energia elétrica. De acordo com Zilles et al. (2016), define-se como gerador fotovoltaico qualquer dispositivo capaz de converter energia solar em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico, sendo a célula fotovoltaica o dispositivo que constitui a unidade básica. A célula fotovoltaica tem um nível de tensão muito baixo, que depende de alguns fatores para atingir a sua eficiência energética. Segundo Zilles et al. (2016), a célula atinge valores de tensão da ordem de 0,5 V a 1,5 V, segundo as várias tecnologias existentes, que são incompatíveis com equipamentos elétricos de condicionamento de potência e armazenamento de energia.

### 3.2 Associação das Células

Para que o nível de tensão satisfatório seja atingido é necessário agrupar várias células até atingir o nível de tensão dos equipamentos elétricos que são vendidos no mercado, como por exemplo, uma bateria estacionária com tensão nominal de 12 V. De acordo com Zilles et al. (2016, p. 35), as unidades fundamentais dos geradores fotovoltaicos de maior capacidade são os módulos, que consistem em agrupamentos de células fotovoltaicas fabricados em várias potências. Quando expostos à luz solar, esses módulos têm a capacidade de produzir corrente em baixa tensão, e sua utilização é escalonada à medida que a demanda por energia aumenta.

## 4. CONEXÃO

A conexão da placa fotovoltaica para o projeto apresentado neste artigo será realizada na caixa de conexão localizada atrás da placa onde também ficam os diodos que são responsáveis por inibir a corrente reversa do sistema. De acordo com Villalva (2015, p.93), “as caixas de conexão dos módulos fotovoltaicos comerciais normalmente são seladas e resinadas e o usuário não tem acesso ao seu conteúdo”. Dentro da caixa de conexão existem conectores metálicos que servem para conectar os condutores dos módulos conforme Fig. 2.



Fig. 2 Caixa de junção. Fonte: Villalva (2015, p.93).

## 5. CONTROLADOR DE CARGA

O controlador de carga é um equipamento fundamental no projeto. Como os raios solares incidem sobre a superfície terrestre e, por consequência, em cima dos módulos, a

energia gerada depende da posição do sol no céu. Sabe-se que a posição do sol varia ao longo do tempo sendo determinado pelo ângulo azimutal e zenital e pela altura solar (Villalva, 2015, p.56). Isso ocasiona oscilação de tensão no inversor de corrente contínua para corrente alternada. Para estabilizar essa tensão, é preciso colocar uma bateria senão, em alguns casos, o sistema não pode ser utilizado. Entretanto surge outro problema ao adicionar a bateria, pois o sistema precisa de um equipamento que cesse o carregamento da bateria.

Além disso, de acordo com Smith (2021), é possível inferir que o sistema de controle tem como função não somente regular a taxa de carga da bateria, mas também administrar a sua taxa de descarga. O objetivo desse gerenciamento é garantir a utilização mais eficiente da energia armazenada na bateria, evitando tanto a descarga excessiva quanto o esgotamento total de sua capacidade. Outras funções e características são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Controlador de carga 30 Ampère (A)

Tipo de regulação:	Modulação por Largura de Pulso (PWM).
Tensão nominal:	12 V
Corrente nominal:	30 A
Varição de tensão permitida:	$12\text{ V} \leq V \leq 23\text{V}$ . Para bateria de 12 V - A faixa da maior tensão operacional de um conjunto de painéis conectados a uma entrada do controlador.
Tensão de saída:	Igual à tensão nos terminais da bateria.
Corrente máxima	Para a bateria: 30 A Para a carga: 10 A
Principais características:	USB: 5 V / 2.5 A, dispositivo foi projetado para carregar apenas baterias AGM, gel e chumbo-ácido, Display LCD, diodos led indicando o status de operação do dispositivo. Modos de operação: 24h - a carga é alimentada o tempo todo; 1h... 23h - a carga é alimentada para o número selecionado de horas após o pôr do sol; 0h - a carga é alimentada do crepúsculo até o amanhecer.
Peso:	0,13 kg
Dimensões:	134 x 70 x 30 mm

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

## 6. COMUTADOR AUTOMÁTICO

O comutador automático é um equipamento capaz de transferir carga, de forma automática, sem a intervenção de um operador. O nome original do comutador é: Double

Power Automatic Transfer Switch, modelo HYCQ5-63H SERIES.

### 6.1 Funcionamento do Comutador Automático

O comutador automático quando está ligado em sistema de operação, fica monitorando a rede elétrica de distribuição da concessionária local. Quando ocorre a interrupção do fornecimento de energia elétrica da concessionária, o sensor falta de fase percebe e aciona o dispositivo mecânico, que gira a chave seletora, fazendo com que seja isolado o circuito vindo da rede elétrica de distribuição, e depois de ficar na posição neutra, permuta com a fonte secundária, que, até o momento, estava em modo “stand by”, alimentando o circuito novamente.

### 6.2 Restabelecimento da Rede de Distribuição

Quando o comutador está com as cargas transferidas do circuito alimentado pela fonte secundária, o sensor presença de fase está acionado. No retorno da energia da rede de distribuição, o sensor detecta a energia originada da rede de distribuição da concessionária e, mais uma vez, realiza a comutação entre as fontes da rede de distribuição e a fonte secundária, que está sendo alimentada pelo banco de baterias.

### 6.3 Sinalização da Manobra

Como o processo de permutação entre as fontes é muito rápido (as vezes os equipamentos das cargas não desligam) então, foram inseridos sinalizadores indicando que as cargas estão transferidas e que o circuito está energizado pelo sistema de geração. A sinalização vermelha (emergencial) indica que o circuito está energizado pela geração e a sinalização amarela indica que o circuito está energizado pela rede de distribuição (geral) como mostra Fig. 3. Essa sinalização é alimentada através dos bornes auxiliares que ficam no comutador.

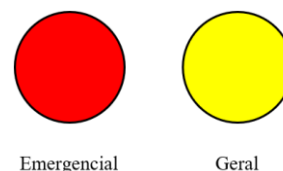


Fig. 3 Sinalização das fontes. Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2022).

### 6.4 Mais Características

O comutador automático tem mais algumas características como apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Característica do comutador automático

Modelo	HYCQ5-63H
Classificação	63 A
Tensão nominal	220 V (2P); 380 V (3 polos ou 4 polos)
Frequência nominal	50/60Hz
Capacidade de conexão de curto-circuito nominal ICM (Pico)	6.615 kA
Capacidade de quebra de curto-circuito nominal ICN (valor efetivo)	4.5 kA

Fonte: Elaborado pelo autor (2022), adaptado de Siqi Technology Co.

## 7. BATERIAS ESTACIONÁRIAS

A bateria estacionária, também conhecida como bateria de ciclo profundo, é uma bateria construída com uma capacidade de descarga maior em relação, por exemplo, a uma bateria automotiva. Quase sempre são do tipo ácido-chumbo, onde o chumbo tem um maior nível de pureza (até 95%) e suas placas de cobre-zinco são espessas. A bateria estacionária tem diversas aplicações, tais como: sistema fotovoltaico (*off-grid*), *no-break*, sons automotivos, alarmes residenciais, telecomunicação, circuito emergencial, etc.

### 7.1 Característica da Bateria Estacionária

De acordo com catálogo técnico bateria estacionária, disponibilizada pela fabricante Heliar Controls (2019 a, p.5), a bateria estacionária geralmente apresenta características como:

- Tampa selada com sistema de labirinto;
- Grade com liga de chumbo;
- Filtro antichamas;
- Design reforçado da grade radial;
- Eletrólito fluido;
- Solda intercelular;
- Separadores de polietileno;
- Placas espessas de alta densidade;
- Indicador de testes e caixa;
- E tampa de polipropileno altamente resistente a impactos.

Uma outra característica da bateria estacionária é a profundidade da descarga de 20%.

É preciso lembrar que descarga profunda diminui o ciclo de vida da bateria, de qualquer fabricante, e que o ideal é trabalhar com as tensões próximas das tensões nominais da bateria. Por isso, a importância de ter uma realimentação simultânea na utilização desse equipamento. Conforme a Fig.4, “profundidades de descarga maiores reduzem o tempo de vida da bateria” (Villalva, 2015, p. 107).

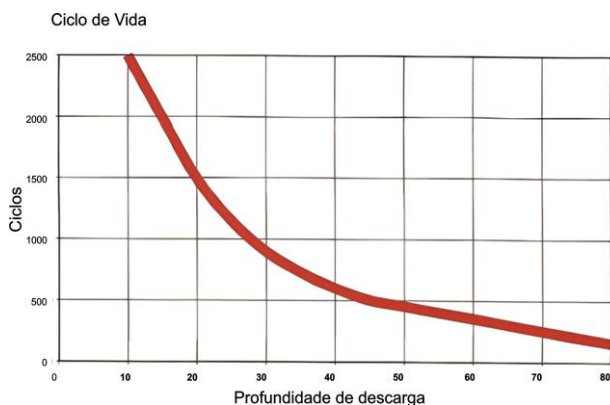


Fig. 4 Ciclo de vida da bateria. Fonte: Controls (2019b, p.4).

Como apresentado na Fig. 4, quanto maior for a descarga na bateria, menor será o ciclo de vida da bateria estacionária. De acordo com a Fig. 5, quanto maior for a temperatura que a bateria estiver submetida, menor será sua vida útil.

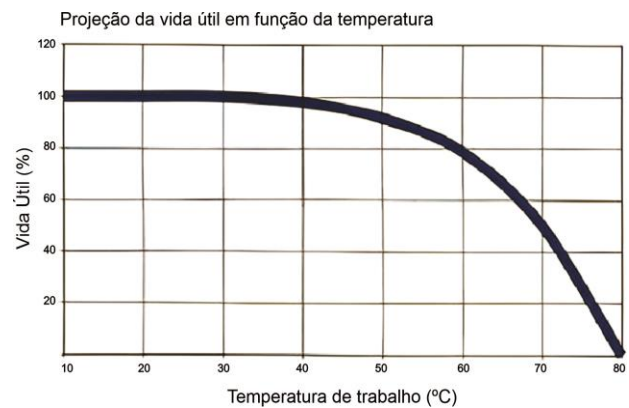


Fig. 5 Vida útil x Temperatura. Fonte: Controls (2019 b, p.4).

### 7.2 Características de Descargas

As características da corrente de descarga (ampère hora consumo) em diferentes regimes a 25°C, com tensão final 10,5 V podem ser vistas na Fig. 6. Quanto maior for a corrente de consumo, menor será a capacidade de horas do fornecimento.

Modelo	HORAS								
	100hs	20hs	10hs	9hs	8hs	7hs	6hs	5hs	4,5hs
Bateria	0,3	1,3	2,4	2,6	2,9	3,3	3,8	4,4	4,9
DF300	0,4	1,8	3	3,3	3,7	4,2	4,9	5,8	6,2
DF700	0,5	2,3	4,1	4,5	5	5,6	6,5	7,5	8,2
DF1000	0,7	3	5,4	5,8	6,4	7,3	8,2	9,8	10,5
DF1500	0,93	4	7,6	8,2	9	10	11,5	13,2	14,5
DF2000	1,2	5,3	9,4	10,2	11,5	13	14,5	17	18,4
DF2500	1,7	7,5	13	14,4	16,2	18	20	23	25
DF3000	1,9	8,5	15,6	17	19	21,4	24,7	28	30
DF4000 DF4001 DF4100	2,4	11	20	21,5	24	26,5	30	35	38

Fig. 6 Catálogo técnico. Fonte: Controls (2019a, p.3).

## 8. INVERSOR

### 8.1 Inversor

O inversor é um dispositivo capaz de transformar a corrente contínua em corrente alternada. O inversor é necessário nos sistemas fotovoltaicos para alimentar consumidores em corrente alternada a partir da energia elétrica de corrente contínua produzida pelo painel fotovoltaico ou armazenada na bateria (Villalva, 2015).

### 8.2 Inversor Off-grid

O inversor *off-grid* é utilizado em sistemas fotovoltaicos autônomos, ou seja, sistemas que são isolados da rede elétrica. O inversor, alimentado por uma bateria estacionária, pode suprir a necessidade de locais remotos, onde não existe fornecimento de energia elétrica através de empresa de distribuição de energia. Esse sistema pode fornecer eletricidade para veículos terrestres, aparelhos portáteis, inclusive relacionados à saúde, acampamentos, áreas montanhosas, embarcações entre outras.

Além do mais, conforme a Fig. 7, esse sistema pode ser usado em circuitos residenciais com equipamentos domésticos ligados em 220 V.



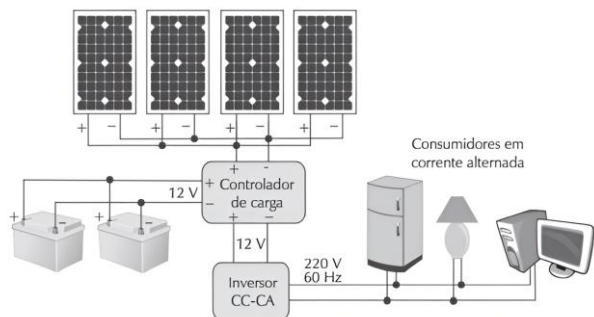


Fig. 7 Sistema fotovoltaico *off-grid*. Fonte: Villalva (2015, p. 127)

### 8.3 Inversor (*on-grid*)

O inversor *on-grid* é um equipamento análogo ao inversor *off-grid*, converte a corrente elétrica contínua, que é coletada pelos módulos fotovoltaicos, em corrente alternada. Entretanto, segundo Villalva (2015), existe uma diferença básica entre os dois tipos de inversores. O inversor *off-grid*, usado nos sistemas autônomos, fornece tensão elétrica e o inversor *on-grid*, usado nos sistemas conectados, fornece corrente elétrica e não tem a capacidade de fornecer tensão para os consumidores. Ainda vale salientar que, segundo Villalva (2015, p. 157), o inversor ligado à rede elétrica opera somente quando está interconectado com uma fonte de energia elétrica.

## 9. SISTEMA EMERGENCIAL

### 9.1 Síntese do Sistema Emergencial

O objetivo desse sistema emergencial é mostrar outra aplicação para o uso de módulos fotovoltaicos, diferente dos tradicionais para o uso residencial. Esse projeto não é um sistema *off-grid*, ou seja, isolado da rede elétrica, nem tão pouco um sistema *on-grid* que é diretamente ligado à rede de distribuição. Esse sistema é um circuito emergencial que, quando está em operação, fica monitorando a rede elétrica da distribuidora e de forma simultânea, mas não interconectados, mantém as baterias em flutuação através dos módulos fotovoltaicos.

Entretanto, quando a energia da distribuidora falta, o sensor, que está ligado no comutador percebe a ausência de tensão e realiza a transferência das fontes, passando a fornecer a energia que está armazenada na bateria. Se o período da falta de energia for pela manhã, por exemplo, a bateria fica trabalhando como estabilizador da tensão, pois as cargas emergenciais ficam sendo alimentadas pelos módulos fotovoltaicos.

Ainda assim, é importante ressaltar que tudo depende do dimensionamento do projeto, porque, dependendo de como estiver projetado os módulos fotovoltaicos, mesmo com a incidência solar, as baterias poderão estar sendo consumidas pelas cargas.

Outra parte importante deste sistema emergencial são as cargas de emergência, pois dependendo da escolha das cargas emergenciais, o sistema emergencial pode ficar mais oneroso. No entanto, se o sistema for utilizado somente em circuito de iluminação com luminárias a base de diodo emissor de luz (LED) e alguns equipamentos que não consomem muita energia elétrica, como televisão, nebulizador, ventilador,

roteador *Wireless Fidelity* entre outros, apresenta um bom custo-benefício.

### 9.2 Aplicação do Sistema

Um sistema elétrico emergencial em residências é uma solução eficiente para garantir o fornecimento contínuo de energia elétrica em situações de emergência ou falhas na rede elétrica (Aguiar et al. 2018).

Este sistema foi projetado para atender residências ou estabelecimentos comerciais que não desejam ter seu fornecimento de energia suspenso devido a interrupções breves da concessionária. Além disso, é uma excelente opção para garantir uma geração contínua de energia.

### 9.3 Arranjo Elétrico

Para facilitar a compreensão, foi elaborado um diagrama de blocos multifilar, conforme apresentado na Fig. 8, utilizando o software gratuito *Untitled Diagram.html*, que representa a ideia central do projeto. Na Figura, percebe-se que o responsável pela transferência de carga entre as fontes é o comutador de carga, que realiza a comutação quando não há energia elétrica proveniente da concessionária. Já o controlador de carga é responsável pelo gerenciamento da energia entre as placas fotovoltaicas, a bateria e o inversor.

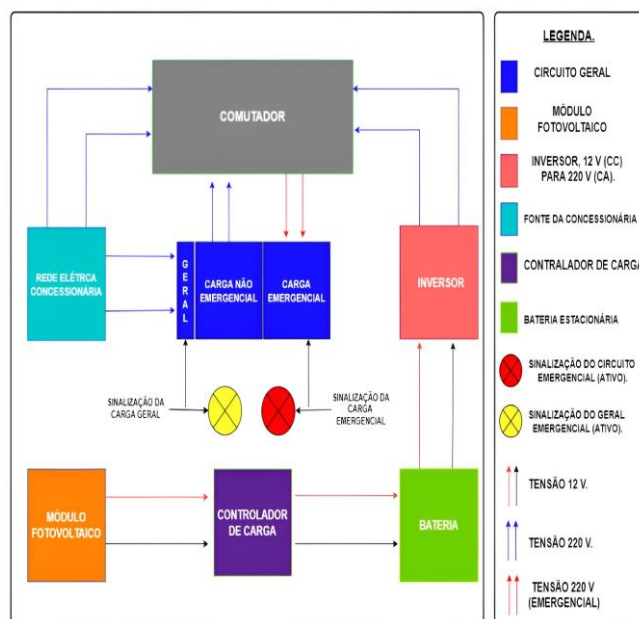


Fig. 8 Diagrama de blocos do sistema emergencial. Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

### 9.3 Divisão de Circuito

Em um circuito elétrico residencial, geralmente, as suas cargas estão divididas por circuitos protegidos por disjuntores, dentro do quadro de distribuição. Isso é imprescindível para o sistema emergencial em questão, pois o comutador está conectado ao barramento de distribuição de todas as cargas da residência, ou seja, a carga elétrica “não prioritária” e a carga elétrica emergencial. Essa divisão pode ser realizada de duas formas conforme a Fig. 9: no próprio barramento, dentro do quadro de distribuição; ou pode ser construído um circuito secundário saindo do barramento, ou seja, fora do quadro de distribuição.

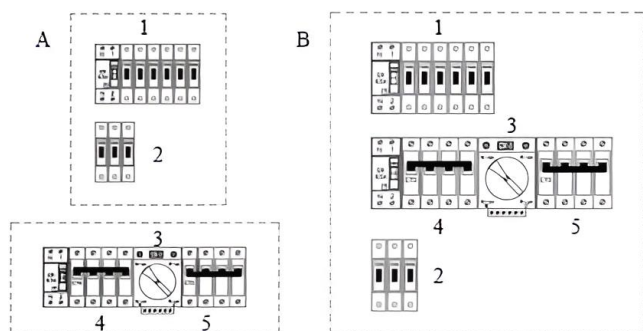


Fig. 9 Divisão de circuito geral e emergencial. Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Na Fig. 8 existem dois circuitos de distribuição de energia. O circuito (A) é aquele em que o comutador automático está fora da caixa de distribuição, enquanto o circuito (B) é o que tem o comutador automático dentro do quadro de distribuição, os números 1 e 2 representam o barramento total do circuito, sendo que o número 2 é o circuito determinado para transferência de carga, o número 3 é o comutador automático e os números 4 e 5 representam as saídas ou entradas das fontes de energia.

## 10. BENEFÍCIOS

### 10.1 Recomposição Segura

A recomposição automática de energia elétrica é segura por causa da facilidade, comodidade e segurança que apresenta quando é acionado por falta de energia. O usuário não precisa realizar qualquer tipo de manobra nos componentes elétricos para que o sistema funcione adequadamente. Dessa forma, evita o contato direto do usuário com o equipamento, pois no Brasil o índice de acidentes ainda é alto, “quase três indivíduos acabam ficando feridos todos os dias, muitos deles em situações corriqueiras, com equipamentos de baixa tensão” (KLASSMANN, 2022)

### 10.2 Meio Ambiente

Outro benefício é que o sistema proposto neste artigo substitui o gerador a combustível fóssil. Isso é um avanço, pois a emissão de dióxido de carbono provocada pela queima desse combustível fóssil é o maior causador do efeito estufa. Além do mais, nesse sistema de recomposição automática de energia elétrica, não existe perturbação sonora como no caso dos geradores a diesel.

## 11. CONCLUSÕES

O sistema emergencial apresentado neste artigo oferece uma alternativa para o uso de módulos fotovoltaicos fora do contexto residencial tradicional. Ele funciona como um circuito emergencial que monitora a rede elétrica da distribuidora e mantém as baterias em flutuação através dos módulos fotovoltaicos. Quando a energia da distribuidora falta, o sistema realiza a transferência das fontes, fornecendo energia armazenada na bateria. Além de que, é importante ressaltar que o dimensionamento do projeto é crucial, pois as escolhas das cargas emergenciais podem afetar o custo do sistema. No entanto, se forem utilizadas cargas de baixo consumo energético, o sistema apresentará um bom custo-benefício.

## REFERÊNCIAS

- Aguiar, F., Paula A., & Moises, L. (2018). Análise da viabilidade de implantação de um sistema elétrico emergencial em residências. *Revista de Engenharia Elétrica*, 10(2), 27-35.
- Angelini, Cleverson R.. Geradores de Energia Renovável para Pequenos Consumidores de Eletricidade: Aplicações Residenciais e Comerciais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- Controls, J., Catálogo Técnico Bateria Estacionária. Página 03-04. Heliar. Sorocaba-SP. Disponível em: <https://renlight.com.br/wp-content/uploads/2019/03/cat%c3%81logo-t%c3%89cnico-baterias-estacion%c3%81rias-freedom.pdf>. Acessado em: 30 jun. 2022
- EPE. (2020). Plano Nacional Energético 2050. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>. Acessado em: 24 maio. 2022.
- Ferreira Filho, J.R.M., Mendes, F.R.F., Sousa, J.R.B., Medeiros, C.M.S. and Sousa, I.R., (2018). Photovoltaic panel based pumping system: A solution without batteries. *IEEE Latin America Transactions*, 16(2), pp.514-520.
- Klassmann, B. Revista Proteção: Brasil registra mais de 1.500 acidentes com energia elétrica por ano. *Atual. Novo Hamburgo, RS*, mar. 2022. Disponível em: <https://protecao.com.br/mercado-e-produtos/brasil-registra-mais-de-1-500-acidentes-com-energia-eletrica-por-ano/>. Acessado em: 03 jun.2022.
- Parise, G., Hesla, E. and Rifaat, R.M., 2009. Architecture impact on integrity of electrical installations: cut&tie rule, ring configuration, floating node. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 45(5), pp.1903-1909.
- Silva, ML; Albuquerque, CJM; Texeitas Junior, JAL; de Andrade, JAB; Moura, JL; Fortes, MZ. Proposta de quadro de transferência automático de baixo custo para Instalações Elétricas de pequeno porte. *Revista Teccen*. 2018 Jan/Jun.; 11 (1): 26-38.
- Siqi Technology Co., Automatic Transfer Switches. Model HYCQ5-63H. Hangzhou City,China. Disponível em: <https://www.siqiele.com/HYCQ5-63H-Automatic-Transfer-Switches-pd45521862.html>. Acessado em: 30 jun. 2022.
- Smith, J. (2021). Integration of battery and photovoltaic modules for energy management: A review of control strategies. *Renewable Energy*, 45(2), 78-93.
- Villalva, M.G., (2015). Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. São Paulo: Érica, 2.
- Zilles, R., Macêdo, W.N., Galhardo, M.A.B. and de Oliveira, S.H.F., (2016). Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Oficina de textos.