



# Estudo de Sistemas de Energia Ininterrupta Uninterruptible Power Supply Study

Lucas Gabriel Cardoso Alves<sup>1</sup>, Sergio Augusto Oliveira da Silva<sup>2</sup>

## RESUMO

Distúrbios elétricos são alterações nos aspectos do fornecimento de energia que afetam sua qualidade e, por conseguinte, sua capacidade de suprir o necessário para o funcionamento pleno das cargas. Na presença de distúrbios, diferentes tecnologias podem ser aplicadas para corrigir ou atenuar alterações específicas, podendo atuar na rede como um todo ou protegendo cargas específicas, de acordo com cada tipo de distúrbio. Os casos de interrupção, quando o fornecimento de energia cessa, são particularmente complexos de se corrigir, sendo possível apenas contornar o fenômeno em cargas específicas. Essa função é cumprida pelas Fontes Ininterruptas de Energia, ou UPSs (Uninterruptible Power Supplies). São equipamentos instalados no ponto de alimentação da carga, e que em caso de interrupção detectam o fenômeno e passam a fornecer energia para carga, mantendo sua independência por meio de uma bateria. Esse artigo visa a abordagem de características e especificações de diferentes UPSs, abordando duas topologias diferentes e suas aplicações.

**PALAVRAS-CHAVE:** eletrônica de potência; fontes ininterruptas de energia; Qualidade de Energia.

## ABSTRACT

Electrical disturbances are changes in aspects of the energy supply that affect its quality and, therefore, your ability to supply what is necessary for the full operation of the loads. In the presence of disturbances, different technologies can be applied to correct or mitigate specific changes, acting on the electrical system as a whole or protecting specific loads, according to each type of disturbance. Cases of interruption (a situation when the energy ceases), are particularly complex to correct, and it is only possible to overcome the phenomenon in specific loads. This function is fulfilled by Uninterruptible Power Supplies (UPS), also known as Nobreaks. Those are installed at the load supply point, and in the event of an interruption, it detects the phenomenon and starts supplying energy to the load, maintaining your independence through a battery. This article aims to address the characteristics and specifications of different UPS, addressing two different topologies and their applications.

**KEYWORDS:** power electronics; uninterruptible power supply; electric power quality.

## INTRODUÇÃO

Como uma tecnologia usada para contornar pontualmente os efeitos de uma interrupção, as fontes ininterruptas de energia (UPSs) podem ser descritas como a associação de elementos de eletrônica de potência com elementos de acumulação de energia no intuito de garantir o fornecimento de energia mesmo durante esses eventos. De forma geral, UPSs possuem três blocos principais de funcionamento: o retificador, o barramento CC e o inversor.

O retificador, também chamado de carregador de bateria, em alguns casos, é um conversor CA/CC, que tem por função transferir energia do sistema elétrico de potência (SEP) para o barramento

<sup>1</sup> Bolsista da Fundação Araucária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil. E-mail: lucasgabrielourinhos2018@hotmail.com. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0157106740020203>.

<sup>2</sup> Docente no Curso de Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil. E-mail: [augus@utfpr.edu.br](mailto:augus@utfpr.edu.br). ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7428189879295593>.



CC. O barramento CC é onde se encontra o elemento acumulador de energia, o qual normalmente é uma bateria ou banco de baterias (em UPSs estáticas), um elemento eletromagnético como motores ou *flywheels* (em UPSs rotativas), ou dois elementos de naturezas diferentes (em UPSs híbridas). O inversor é um conversor CC/CA, e intermedia o barramento CC e a carga, convertendo a energia para manter a carga alimentada.(LOEFFLER C. SPEARS, 2021)

O funcionamento de UPSs é analisado compreendendo duas etapas, *standby*, quando existe fornecimento por parte do SEP, e *backup*, situação durante a ocorrência de uma interrupção. Durante a etapa *standby*, a UPS consome energia para alimentar a bateria (ou elemento rotativo), para mantê-la carregada. Na ocorrência de uma interrupção, a UPS passa para a etapa *backup*, onde toda a energia da carga passa a ser suprida pelo elemento armazenador de energia.(MODESTO, R. A., 2015)

## ESTRUTURAS E TOPOLOGIAS

O conceito de UPS engloba todo o conjunto de circuitos eletrônicos que cumprem as finalidades descritas. Porém, diferentes estruturas podem ser utilizadas, possuindo características próprias para atender a diferentes necessidades e se adequar a cargas críticas específicas. Uma forma de divisão comum para categorizar UPSs é o por meio do das nomenclaturas Simples Conversão de Energia e Dupla Conversão de energia (MODESTO, R. A., 2015). Estas definem-se pelo uso de conversores na etapa *standby*, sendo que as UPSs de Simples Conversão de Energia usa apenas o conversor CA/CC durante essa etapa, enquanto os equipamentos de dupla conversão de energia utilizam ambos os conversores durante a etapa.

Outra forma mais específica de classificar UPSs é por sua topologia. Existem diversas configurações com distintas aplicações e capacidades (MODESTO, R. A., 2015). Dentre estas, duas muito comuns são as topologias *on-line* e *line-interactive*, a primeira de Dupla Conversão de Energia e a segunda de Simples Conversão de Energia.

A topologia *on-line* caracteriza-se por interpor-se entre a carga crítica e o SEP, não havendo nenhuma conexão direta entre ambos durante a etapa *standby*. Assim, toda a energia consumida pelo arranjo é retificada, alimentando o barramento CC, e então aplicada ao inversor, que alimenta a carga em ambas as etapas. A topologia também possui um comutador de desvio, que permite um acesso direto do SEP à carga, porém esse é usado apenas na situação excepcional de mau funcionamento da UPS, permitindo a retirada do equipamento sem causar desligamento da carga. Devido à seu aspecto construtivo, o inversor deve ser capaz de suportar a corrente necessária para alimentar a carga durante todo o tempo, enquanto o retificador deve ser capaz de fornecer corrente suficiente para carregar a UPS e alimentar o inversor. Devido à dupla conversão atuante durante a etapa *standby*, se faz necessária a adequação dos componentes para maiores níveis de potência, tornando essa topologia mais custosa, além de se fazer presente uma elevada taxa de distorção harmônica. A vantagem dessa topologia encontra-se no fato de que não há qualquer atraso de comutação na alteração de etapas, permitindo a manutenção do funcionamento de cargas mais sensíveis à interrupções curtas (BEKIAROV S.; EMADI, 2002).

A topologia *line-interactive* caracteriza-se por possuir uma chave estática no ponto de conexão



com o SEP, um indutor operando como uma proteção série com essa , um conversor bidirecional e uma chave de comutação. Durante a etapa *standby*, o conversor atua como um retificador em paralelo com a carga, suprindo energia para o banco de baterias. Quando este se encontra carregado, o SEP passa a alimentar apenas a carga, e o conversor passa a fornecer ou consumir potência reativa de forma a corrigir o fator de potência ou a regular a tensão sob a carga. Na etapa *backup* a chave estática é aberta de forma a isolar o sistema local do SEP, e o conversor passa a se comportar como um inversor e transfere energia da bateria para a carga. Essa topologia caracteriza-se por fornecer maior eficiência e menor custo que a topologia *on-line*, mas como não isola a carga do SEP durante a etapa *standby*, não é capaz de fornecer proteção contra variações de frequência ou distorções harmônicas (BEKIAROV S.; EMADI, 2002).

UPSs também são categorizadas por sua aplicação em configuração de fases. De acordo com sua conexão com o SEP, podem ser classificadas como trifásicas ou monofásicas. UPSs trifásicas ainda podem possuir saída trifásica (3:3) ou monofásica (3:1). Apesar de alimentarem o mesmo tipo de carga, uma UPS 3:1 permite a adoção de uma proteção centralizada de energia (FUJI ELECTRIC, 2023).

A estruturação de UPSs possui diversos componentes. Devido à própria natureza do equipamento, destaca-se a bateria dentre estes, cumprindo a função central de armazenamento de energia, e sendo uma das razões mais comuns de falhas de UPSs. Existem diferentes baterias que podem ser aplicadas em sistemas UPSs, mas três tipos são particularmente comuns. As VRLA (*valve-regulated lead-acid*), caracterizada por sua carcaça selada que permite saída de gases apenas em situação de pressão excessiva, permitindo uma extensão de sua vida útil ao minimizar a perda de água. Baterias de íons de lítio também figuram entre um tipo comum, destacando-se como possuindo volume e peso reduzidos, e principalmente por seu sistema de gerenciamento da bateria, que controla grandezas de entrada e internas como proteção a situações de sobreaquecimento. Por fim, VLAs (*textitvented lead acid*) são baterias com vidas úteis de até 20 anos, mas que requerem maiores medidas de segurança e espaço para seu uso (EATON CORPORATION, 2020).

O carregamento de baterias deve ocorrer de forma em que o circuito retificador forneça uma tensão maior que a nominal na bateria durante seu carregamento, mas que a reduza assim que a carga plena for atingida, evitando assim sobrecarga, que pode causar diminuição da vida útil da bateria. Esse valor também é dependente dos valores de temperatura do ambiente da bateria. Situações de temperatura abaixo de 25 °C dificilmente causa problemas aos ciclos de bateria, mas a exposição a temperaturas mais elevadas durante seus ciclos de descarga e recarga podem diminuir a vida útil do componente (ACUMULADORES MOURA S.A., 2017).

## APLICAÇÃO DE UPSS

Além da principal aplicação na proteção contra interrupções, UPSs são capazes de proteger sua carga de outros distúrbios, de acordo com sua estrutura. O principal fator quanto a essas capacidades é a topologia.

No Brasil, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) possui a atribuição de descrever e regulamentar os parâmetros associados à qualidade de energia. Esses fenômenos são listados como



# XIII Seminário de Extensão e Inovação XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR

Ciência e Tecnologia na era da Inteligência Artificial: Desdobramentos no Ensino Pesquisa e Extensão  
20 a 23 de novembro de 2023 - Campus Ponta Grossa, PR

SEI-SICITE  
2023



variações de tensão, fator de potência, harmônicos, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão e variação de frequência. Variações de tensão incluem situações de subtensão e sobretensão, sendo subdivididas em eventos de curta e longa duração. Para cada caso utilizam-se diferentes parâmetros, mas em ambos os indicadores tratam da quantidade de medições de valores inapropriados em um período de medição específico e da intensidade das medidas. Medidas de fator de potência medem a presença de reativos no sistema e baseiam-se na razão entre a potência ativa e aparente. Medidas de harmônicos utilizam-se de diversos indicadores para representar a intensidade relativa de harmônicos individuais, de conjuntos específicos ou mesmo da distorção total de uma medida, tendo por base sempre a 1ª ordem da medição. Medidas de desequilíbrio de tensão representam uma distorção originada em características de impedância distintas entre fases. Os indicadores dessa grandeza baseiam-se na razão entre as medidas de tensão de sequência negativa e tensão de sequência positiva. Flutuações de tensão se definem por variações de baixa intensidade e frequência do valor médio da forma de onda. Seus indicadores baseiam-se nas medidas de severidade do efeito ao longo dos períodos de medição. Variações de frequência possuem como indicador apenas a medição direta da frequência de onda (ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2021).

A topologia *on-line*, por seu aspecto construtivo, isola completamente a carga do SEP. Dessa forma, na presença dos distúrbios citados, a UPS é capaz de mitigar a todos, desde que não impeçam o funcionamento pleno de seu retificador, uma vez que toda a alimentação da carga advém do inversor, que age independentemente de sua alimentação. Dessa forma, essa topologia é a mais segura entre as principais existentes dentre as UPSs. Esse tipo de equipamento figura entre as soluções mais comuns como técnica de mitigação (HOSSAIN, E., TÛR, M. R., AY, S. AND KHAN, I., 2018).

A topologia *line-interactive*, como não isola completamente a carga da rede, não possui as mesmas capacidades de proteção. Além de seu funcionamento comum contra interrupções, essa UPS pode atuar contra situações de subtensão e sobretensão mesmo de longa duração, mas não oferece proteção a fenômenos transitórios, variações de frequência, ruído ou deformações harmônicas de forma eficiente (GUERRERO, J. M., GARCIA DE VICUNA, L., UCEDA, J., 2007).

## REGULAMENTAÇÃO

A estruturação de UPSs, seus aspectos construtivos e seus parâmetros de segurança e qualidade são regidos pela IEC (*International Electrotechnical Commission*), pois especificamente no documento IEC 62040, que é dividido em três partes.

A primeira parte versa sobre questões gerais e as exigências de segurança em áreas de acesso do operador do equipamento. Descreve as condições gerais para a realização de testes, sendo todos realizados em situação de valores nominais do fabricante (exceto para testes de corrente de fuga e aquecimento), e que a combinação de parâmetros deve ser a pior dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante. Também estabelece a obrigatoriedade de marcações demonstrando grandezas relativas ao equipamento e seus componentes, assim como indicadores de terminais e do cabeamento. Aborda também as delimitações fundamentais do design do circuito equipamento, especificando características como a proteção contra choque elétrico, a isolação entre pontos de



tensão CA e CC, as medidas estruturais para situações de sobrecorrente, etc. Descreve também aspectos estruturais do cabeamento e da estrutura física, incluindo localização de componentes e resistência mecânica e térmica. Ao fim, delimita a prática de testes simulando condições anormais e lista as implicações sobre conexão do equipamento a redes de telecomunicação ([INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, IEC, 2002](#)).

A segunda parte versa sobre as exigências relativas a compatibilidade eletromagnética. Esse documento categoriza UPSs de acordo com sua aplicabilidade em ambientes de residenciais e/ou de baixa tensão com conexão ao SEP sem transformadores intermediários, e ambientes comerciais ou industriais que não pertençam ao primeiro grupo. Dentro dessas definições, delimita as UPSs como:

- C1: Próprias para ambientes do primeiro tipo sem qualquer restrição;
- C2: Próprias para ambientes do segundo tipo. Podem ser aplicadas em ambientes do primeiro tipo também, mas sob o risco de causar radio interferência em ambientes residenciais;
- C3: Próprias para o segundo ambiente, mas cujo a corrente de saída exceda 16 A; ou
- C4: Inclui todos os equipamentos que não se encaixem em uma das categorias anterior.

O documento aborda também características de emissão e de imunidade do equipamento de acordo com sua categoria ([INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, IEC, 2016a](#)).

A terceira parte versa sobre o método de especificação dos requisitos de desempenho e de realização de testes. Nesse documento são delimitadas condições ambientais dentro das quais os equipamentos devem funcionar em suas plenas capacidades, por mais que algumas condições causem desgaste acelerado ou possam ser alteradas desde que explicitamente acordado entre o fabricante e o cliente. Aborda também performance e condição requerida pelo serviço da parte elétrica. Ao fim, delimita método e parâmetros para a realização de testes de natureza elétrica e não elétrica ([INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, IEC, 2016b](#)).

## CONCLUSÃO

As tecnologias de eletrônica de potência permitem a conversão e manipulação de diversas características do fluxo de energia em contexto elétrico. Sua aplicação em fontes ininterruptas de energia produziram uma técnica de correção de interrupções bastante eficiente. Como uma tecnologia com muitos anos de existência, atualmente já existem várias pesquisas abordando seus aspectos construtivos, estudando aplicações de novos componentes e técnicas, dando origem inclusive a novas topologias. As topologias abordadas desempenham ambas eficientemente sua função, sendo a *on-line* mais adequada para aplicações mais frágeis a distúrbios e a *line-interactive* a cargas que exijam maior eficiência energética.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação Araucária e a UTFPR, por proporcionarem os recursos para o desenvolvimento do presente artigo.



## CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

- ACUMULADORES MOURA S.A. **Manual Técnico – Moura Clean Baterias Estacionárias**. [S.l.], 2017.
- ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional, módulo 8–qualidade da energia elétrica**. [S.l.: s.n.], 2021.
- BEKIAROV S., B.; EMADI, A. Uninterruptible power supplies: classification, operation, dynamics, and control. **APEC. Seventeenth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (Cat. No.02CH37335), Dallas, TX, USA, doi:10.1002/9781118937563.ch27**, v. 1, p. 597–604, 2002.
- EATON CORPORATION. **The large UPS battery handbook**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <<https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/backup-power-ups-surge-it-power-distribution/backup-power-ups/services-resources/Eaton-Battery-Handbook-BAT11LTA.pdf>. Acesso em: 19 set 2023.
- FUJI ELECTRIC. **UPS Sizing Calculation**. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://www.india.fujielectric.com/resources/technical-guide/ups-sizing-calculation>. Acessado 19 de setembro de 2023.
- GUERRERO, J. M., GARCIA DE VICUNA, L., UCEDA, J. **Uninterruptible power supply systems provide protection**. v. 1. [S.l.: s.n.], 2007. P. 28–38.
- HOSSAIN, E., TÛR, M. R., AY, S. AND KHAN, I. **Analysis and Mitigation of Power Quality Issues in Distributed Generation Systems Using Custom Power Devices**. v. 6. [S.l.: s.n.], 2018. P. 16816–16833.
- [S.l.]. **IEC 62040-1-1 Uninterruptible power systems (UPS) - Part 1-1: General and safety requirements for UPS used in operator access areas**. [S.l.: s.n.], 2002.
- [S.l.]. **IEC 62040-2 Uninterruptible power systems (UPS) - Part 2: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements**. [S.l.: s.n.], 2016.
- [S.l.]. **IEC 62040-3, ed 2.0: Uninterruptible power systems (UPS) - Part 3: Method of specifying the performance and test requirements**. [S.l.: s.n.], 2016.
- LOEFFLER C. SPEARS, E. **ELECTRICAL**. [S.l.]: Data Center Handbook, 483–520. doi:10.1002/9781119597537.ch26, 2021.
- MODESTO, R. A. **Estudo, Projeto e Implementação de Sistemas UPQC/UPS Trifásicos Aplicados no Condicionamento Ativo de Energia Elétrica**. [S.l.: s.n.], 2015.