

Condicionantes para Análise de um Sistema de Aterramento

Fernando Hipolito Da Silva Filho¹

<https://orcid.org/0009-0003-5305-0917>

RESUMO

Um sistema de aterramento é essencial para garantir a segurança em instalações elétricas, proporcionando uma conexão intencional com a terra para dissipar descargas. A falta de orientação técnica resulta na ausência desse sistema em muitas residências, expondo as pessoas ao risco de choque elétrico. As instalações de aterramento atuam como um caminho natural para conduzir descargas elétricas, seja originada internamente ou por raios. Além da segurança, o sistema de aterramento protege contra falhas no fornecimento de energia elétrica e quedas de tensão, sendo crucial conhecer os tipos de sistemas disponíveis e suas aplicações. A análise proposta por este trabalho visa demonstrar quais aspectos influenciam na determinação de um sistema de aterramento eficiente como a resistividade do solo, bem como o comportamento do sistema durante a ativação, avaliando a probabilidade de manutenção, os níveis de tensão e o risco de choque elétrico.

Palavras-chave

Aterramento; risco; choque; instalações; quedas de tensão.

Conditions for Analysis of a Grounding System

ABSTRACT

A grounding system is essential to ensure safety in electrical installations, providing an intentional connection to the earth to dissipate discharges. The lack of technical guidance results in the absence of this system in many homes, exposing people to the risk of electric shock. Grounding facilities act as a natural pathway to conduct electrical discharges, whether originating internally or from lightning. In addition to safety, the grounding system protects against failures in the electrical energy supply and voltage drops, making it crucial to know the types of systems available and their applications. The analysis of this work aims to demonstrate which aspects influence the determination of an efficient grounding system, such as soil resistivity, as well as the behavior of the system during activation, evaluating the probability of maintenance, voltage levels and the risk of electric shock.

Keywords

Grounding; risk; shock; installations; voltage drops.

Submetido em: 15/05/2025 – Aprovado em: 27/05/2025 – Publicado em: 27/05/2025

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, Faculdade Metropolitana De Rondônia, Rondônia, ferhipdsf@gmail.com.



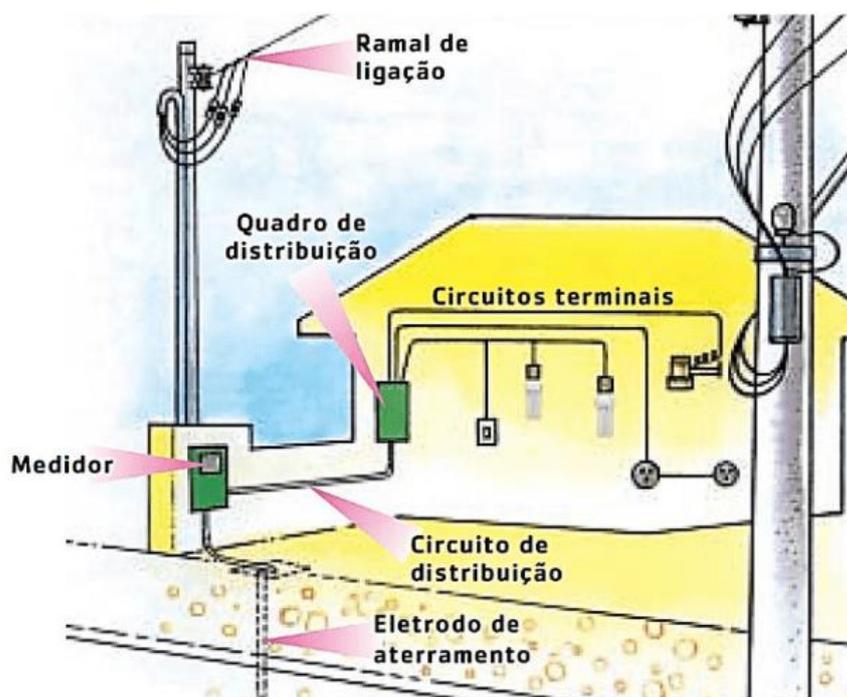
1 INTRODUÇÃO

Um sistema de aterramento, como o próprio nome sugere, se trata de um conjunto de instalações ligada à terra, para servir de escape de descargas elétricas ou fuga de energia, surtos de manobra.

Em outras palavras, para corroborar com a afirmativa, Oliveira (2016, p.1) acrescenta que o aterramento é considerado elemento de segurança:

O aterramento é de fundamental importância para os sistemas elétricos, sendo esse, uma ligação intencional a terra com o objetivo de dispersar as correntes de falta para o solo, sem provocar diferenças de potenciais ou tensões induzidas perigosas para os seres vivos ou que possam danificar equipamentos de instalações localizadas nas proximidades (OLIVEIRA, 2016, p.1)

Figura 01: Corte esquemático de sistema padrão de aterramento residencial.



Fonte: Pinheiro, 2013.

É importante destacar, que devido à falta de orientação técnica, boa parte das residências não possuem sistema de aterramento, de modo a expor a situação de risco quem está próximo das instalações, devido à tensão de passo ao se aproximar dos eletrodos da corrente.

Vale lembrar que, as instalações de aterramento servem como um caminho natural para conduzir a descarga elétrica até a terra, seja ela originada nas instalações elétricas, mediante fugas de corrente ou por descargas atmosféricas.

Ao se tratar de descargas atmosféricas, de acordo com dados aferidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, o Brasil é líder na incidência de raios, ao nível mundial. Estima-se que, em média, ocorrem cerca de setenta milhões de descargas atmosféricas no país e há uma projeção de que, entre os anos de 2081 a 2100, haverá um acréscimo de descargas, podendo chegar a cem milhões de descargas. A região norte é apontada como a região que mais há incidência de descargas elétricas (CARDIM, 2022, p.1).

Ao se referir a fugas de corrente, é possível alertar que, em ambiente doméstico, todos os equipamentos que tenham seu revestimento metálico, como fogões, geladeiras, máquinas de lavar, ou microondas, como exemplo, estão susceptíveis a falhas que reduzam a isolação. Deste modo, uma vez que a carcaça metálica perde seu isolamento, e energiza-se para uso, há a possibilidade de conduzir carga até o ser humano e ocasionar o choque (MORENO, 2023).

Ao se tratar de ligações domésticas, o Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), através da ABNT NBR 14136, padronizou os tipos de tomadas e tornou obrigatório o terceiro pino nos plugues dos equipamentos. Dada a força de implantação da revisão da norma e a adaptação dos equipamentos e eletrodomésticos com o terceiro pino por parte dos fabricantes, é possível afirmar que não foram suficientes para que um maior número de unidades residenciais aderissem a sistemas de aterramento próprio, principalmente os imóveis mais antigos. Deste modo, a medida tornou-se ineficaz, uma vez que, a existência do terceiro pino sem a ligação até o aterramento, não produz qualquer efeito na segurança (MORENO, 2023).

Entre os benefícios do sistema de aterramento, também é válido citar, proteção frente às recorrentes falhas no sistema de fornecimento de energia elétrica e ocorrência de quedas de tensão provocadas por mais diversos fatores, como os de origem climática, por meio de temporais e raios, potenciais causadores de sobrecargas que queimam os equipamentos e eletrodomésticos.

A partir daí, surge a importância de conhecer os tipos de sistemas de aterramentos, quais suas principais características e a que tipo de empreendimentos é mais indicado.

A revisão bibliográfica será pautada em autores que tratam sobre disciplinas pertinentes à matéria, bem como, consulta a normas regulamentadoras como ABNT NBR 15749, ABNT NBR 7117.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A grosso modo, um sistema de aterramento reúne uma série de condutores, instalados a partir de pontos estratégicos de captação, após análise dos principais pontos de incidência de fugas de correntes ou de descargas elétricas. Em reta final, os condutores levarão as cargas até hastes presas ao solo para descarga segura.

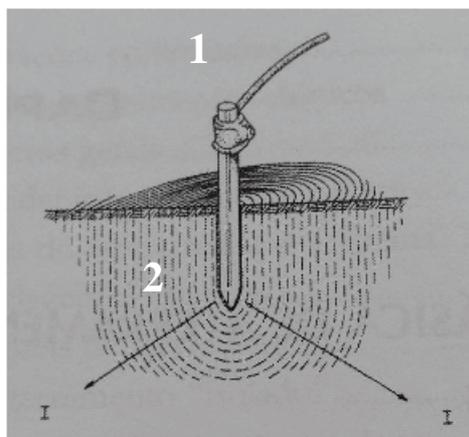
O modo com que as hastes estão dispostas e a quantidade, são determinadas conforme estudo técnico da potência energética das descargas (ALVES, 2020, p.10).

Contudo, uma vez que, o princípio fundamental dos sistemas de aterramento decorrem do comportamento natural das descargas elétricas, há uma série de fatores que influenciam no bom desempenho dos sistemas de aterramento como o modelo do solo, sua resistividade, observando seus parâmetros eletromagnéticos e sua estratificação em camadas, influência da umidade, temperatura, granulometria do solo, composição química. Além disso, devem ser analisados os parâmetros de resistência de aterramento, bem como a distribuição de potenciais (OLIVEIRA, 2016).

2.1 Modelagem do Solo

É possível afirmar que, um sistema de aterramento elétrico é resultado de três combinações de resistências como a resistência inerente ao eletrodo e as ligações eletrificadas, a resistência entre o contato do eletrodo e a terra adjunta, bem como, a resistência entre o próprio solo, que irradia as descargas atmosféricas em profundidade (OLIVEIRA, 2018, p.2).

Figura 02: Constituição básica de um aterramento.



Fonte: VISACRO, FILHO (2016).

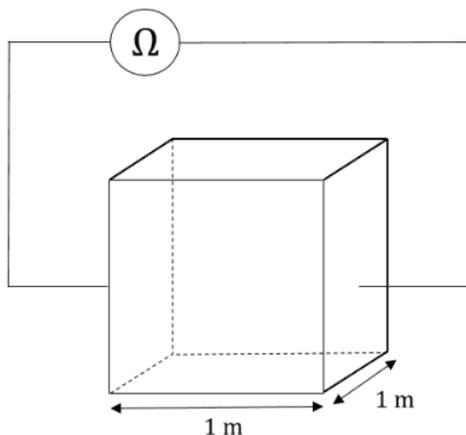
A resistividade do solo desempenha um papel crucial em um sistema de aterramento, pois indica a medida da resistência do solo ao fluxo elétrico. Diversos fatores influenciam a resistividade, incluindo a composição do solo, o teor de umidade, a profundidade de cravação da estaca, a salinidade e a temperatura, granulometria, compactidade, concentração de sais dissolvidos (RIBAS, 2023, P.8).

Inicialmente, para se tratar de resistividade do solo, é necessário trazer a luz como a interpretação de Georg Simon Ohm (1787-1854) constituiu o módulo matemático para a resistividade elétrica relacionada ao solo.

A resistividade do solo (ρ), é a resistência elétrica (R) aferida entre todas as faces de um cubo, de unidade dimensional, preenchido com solo (OLIVEIRA, 2016).

Figura 03: Cubo de dimensão unitária sob aferição de resistência elétrica.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad \text{ou} \quad \rho = R \frac{A}{l}$$



Fonte: OLIVEIRA, 2016.

Ao que diz respeito aos tipos de solo, considerando o formato dos grãos e massa do solo, a resistividade pode se comportar de determinada maneira, quando se observa a granulometria e composição dos solos.

Conforme os tipos de solo, há uma variação admitida indicada na norma NBR 7117/2012:

Tabela 01: valores típicos de resistividade de determinados tipos de solo.

Tipos de solo	Faixa de resistividades ($\Omega \cdot m$)
Água do mar	menor do que 10
Alagadiço, limo, humus, lama	até 150
Água destilada	300
Argila	300 – 5 000
Calcário	500 – 5 000
Areia	1 000 – 8 000
Granito	1 500 – 10 000
Basalto	a partir de 10 000
Concreto ^a	Molhado: 20 – 100 Úmido: 300 – 1 000 Seco: 3 k $\Omega \cdot m$ – 2 M $\Omega \cdot m$

^a A categoria molhado é típica de aplicação em ambientes externos. Valores inferiores a 50 $\Omega \cdot m$ são considerados altamente

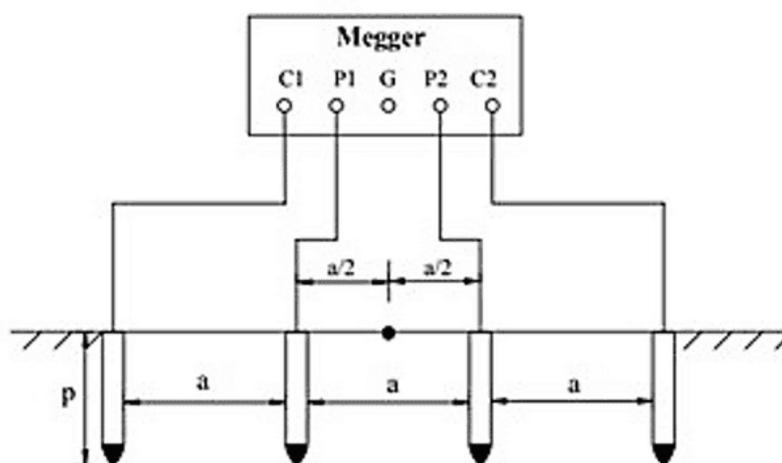
Fonte: NBR 7117/2012.

Há ainda o processo de formação dos solos, que pode defini-lo, muitas vezes, como de classe heterogênea, uma vez que seus formadores há muitos tipos de rocha que se comportam de modo diferente, alterados por diversas características como cor, espessura, granulometria, conteúdo de matéria orgânica, grau de oxidação, hidratação e carbonatação (RIBAS, 2023, p.7).

Ao que diz respeito ao comportamento natural das descargas elétricas, os fatores acima citados, determinam como as descargas se dissiparão no solo.

Um dos métodos mais utilizados para determinar a resistividade do solo é a sondagem elétrica vertical, proposta pelo Arranjo de Wenner. O teste consiste em utilizar um equipamento, chamado megger, com quatro terminais, sendo eles dois de corrente e dois de potencial, ligados a eletrodos. O equipamento circula uma corrente, por meio de duas estacas de aterramento externo, enquanto as estacas internas farão a queda de potencial de tensão (CAPELO E JUCÁ, 2020, p.1).

Figura 04: Arranjo de Wenner.



$$R = \frac{V_{23}}{I} = \frac{\rho}{4\pi} \left(\frac{1}{a} + \frac{2}{\sqrt{a^2 + (2p)^2}} - \frac{2}{\sqrt{(2a)^2 + (2p)^2}} \right)$$

Fonte: CAPELO E JUCÁ, 2020

Através da seguinte expressão, o método de Wenner prevê que 58% da corrente inicial emitida, é transmitida pelas hastes externas e acontece a profundidade similar ao espaçamento entre elas.

Deste modo, é realizado repetidas leituras, a distâncias diferentes, preservando a distância igual entre eletrodos. Como exemplo, na expressão, C1 e C2 denotam os eletrodos utilizados para injetar corrente elétrica, enquanto P1 e P2 representam os eletrodos designados para medir o potencial.

Posto isto, dada a aferição no local através da simulação de dissipação de cargas por meio do método de Wenner, contrabalaneada com as características principais do solo adotados, parte-se então para os cálculos experimentais para definição da estratificação do solo.

2.2 Tipos de Aterramento

Como dito anteriormente, um bom sistema de aterramento reúne três interações como os eletrodos e as instalações elétricas, a performance entre sistema interligado ao solo e a interação entre o solo e a dissipação da carga em profundidade.

Foto 05: Esquema de ligação de um aterramento.



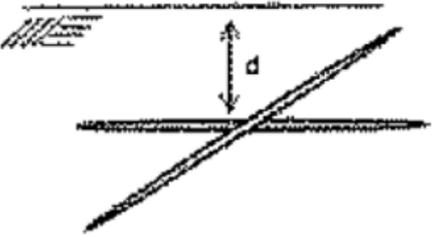
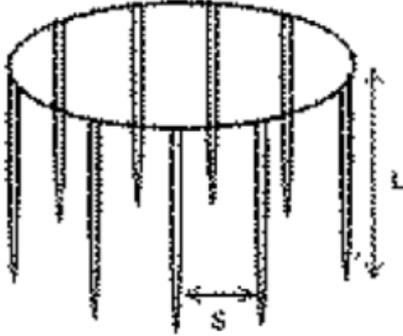
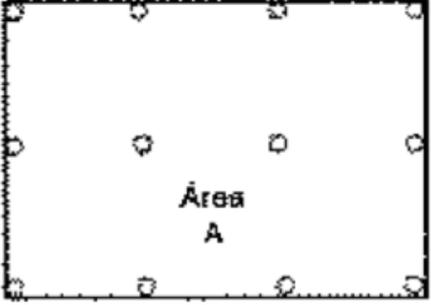
Fonte: Firegas, 2011.

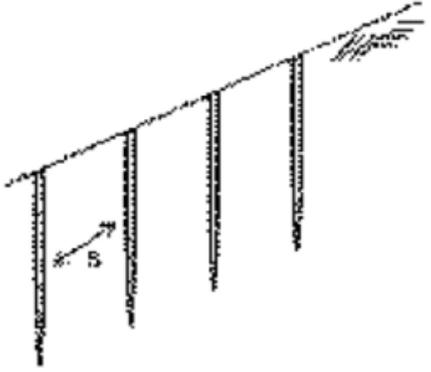
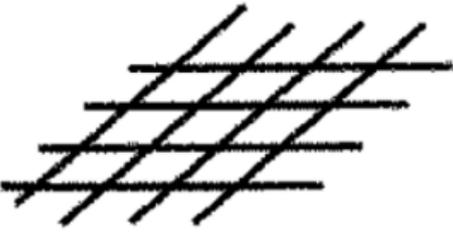
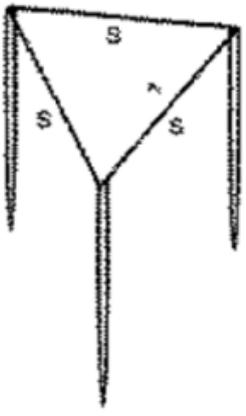
O cálculo preciso da resistência de aterramento requer análises analíticas, cuja complexidade varia conforme a configuração dos eletrodos. Essa resistência é determinada pela relação entre a elevação de potencial em relação ao infinito e a corrente que a causou (VISACRO, 2016).

Após determinada a resistividade do solo, parte-se para a determinação dos sistemas de aterramento. Os modelos mais simples reúnem o emprego de hastes, anéis e cabos enterrados no solo.

Diante dessa modelagem primária, conforme VISACRO (2016) expõe, as hastes podem ser dispostas e reagrupadas dos seguintes modos:

Figura 06: Esquema de fixação de sistema de aterramento.

Eletrodo	Tipo / Expressão
	<p>Estrela de 4 pontos colocada num plano horizontal de profundidade "d" (raio do eletrodo: a)</p> $R_T = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\text{Ln} \frac{2L}{a} + \text{Ln} \frac{L}{d} + 2,91 - 1,07 \frac{2d}{L} \dots \right)$
	<p>n hastes verticais dispostas em círculo (s >> L)</p> $R_T = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \left(\text{Ln} \frac{4L}{a} - 1 + \frac{L}{d} \text{Ln} \frac{2n}{\pi} \right)$
	<p>n hastes verticais dispostas uniformemente na área A</p> $R_T = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \left[\text{Ln} \frac{4L}{a} - 1 + 2 \frac{K_1 L}{\sqrt{A}} (\sqrt{n} - 1)^2 \right]$ <p>K_1 = constante que depende da profundidade da parte superior da hastes</p>

	<p>n hastes verticais dispostas em linha reta ($s \gg L$)</p> $R_T = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \left(L n \frac{4L}{a} - 1 \frac{L}{d} L n \frac{1,781n}{2,718} \right)$
	<p>Malha constituída por reticulado formado com eletrodos horizontais, cobrindo a área A e comprimento total de condutores L</p> $R_T \cong 0,443 \frac{\rho}{\sqrt{A}} + \frac{\rho}{L}$
	<p>Conjunto de 3 hastes verticais interligadas, dispostas no vértice de um triângulo equilátero (aplicação típica de aterramento de para-raios)</p> $R_T = R_{11} \frac{1 + 2r/s}{3}$ $R_{11} = \frac{\rho}{2\pi L} \left(L n \frac{4L}{a} - 1 \right)$ $\frac{\rho}{2\pi r} = \frac{\rho}{2\pi L} \left(L n \frac{4L}{a} - 1 \right)$ <p>r: raio do hemisfério que possui o mesmo valor de resistência de uma haste (R_{11})</p>

Fonte: VISACRO, 2016.

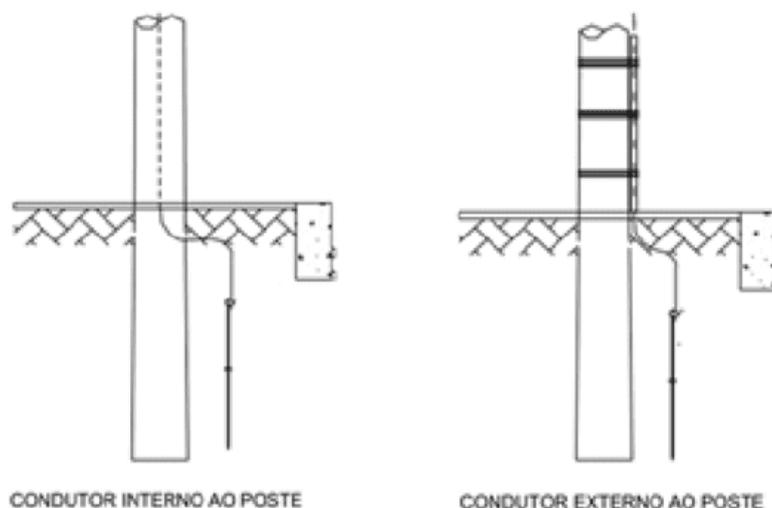
Trazendo os cortes esquemáticos para a aplicação cotidiana, é interessante destacar os tipos de aterramentos mais comuns.

Entre os mais utilizados nas redes de distribuição urbana, através dos transformadores, é possível destacar o uso dos aterramentos simples de uma haste cravada, ou com três hastes de terra em linha. Há, ainda, o poste autoaterrado. Posteriormente, na análise de caso, ver-se-á também o sistema de aterramento em malha (ÁVILA, 2019, p.22).

De acordo com Ávila (2019), o primeiro tipo, conforme a concessionária de energia, é indicado para rede urbana de distribuição por meio de transformadores, espaçados a cada trezentos metros entre postes, em seccionamento e fim de linha de rede secundária, desde que, não haja ponto de rede com mais de duzentos metros sem ponto de aterramento. O sistema é composto por arames zincados, de 4BWG, interligados a uma cantoneira de aço cravadas em solo.

O esquema é melhor exemplificado na foto abaixo:

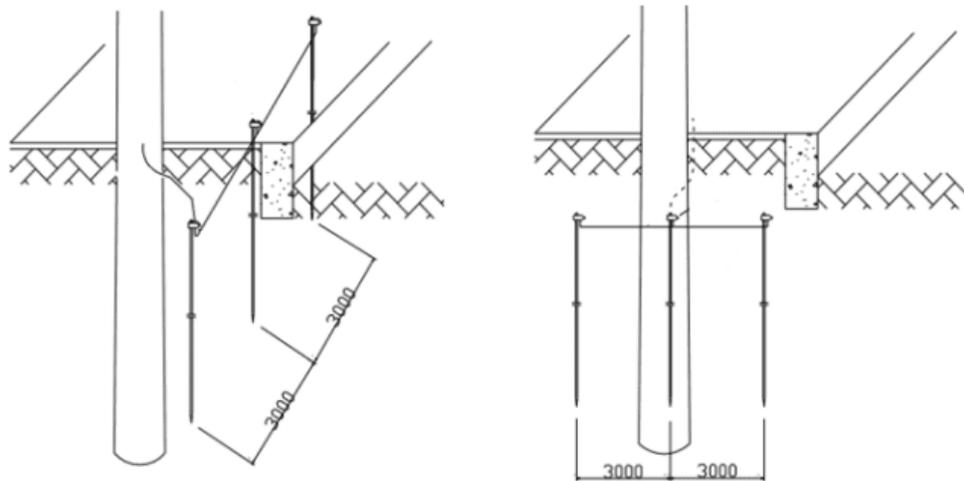
Figura 07: Aterramento simples de uma haste cravada.



Fonte: ÁVILA, 2019.

A diferença entre o primeiro modelo apresentado e o segundo, consiste em utilizar uma sequência de três hastes cravadas em linha reta no solo. O sistema permanece interligado por meio de arames de aço zincado, tipo 4BWG, e cantoneiras perfiladas em aço cravadas em solo, contudo distanciados igualmente, de no mínimo o comprimento de cada uma delas (ÁVILA, 2019).

Figura 08 Aterramento simples de três hastes cravadas.



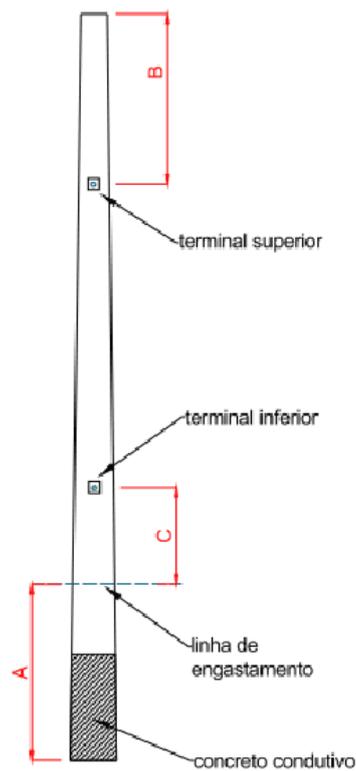
Fonte: ÁVILA, 2019.

Vale destacar que, este tipo de aterramento rememora o princípio utilizado pelo Arranjo de Wenner ao medir a resistividade do solo.

Ainda assim, vale ressaltar o tipo de aterramento existente por meio do poste auto aterrado.

Para estabelecer a ligação entre os condutores de aterramento e os vergalhões de aço que compõem a estrutura do poste de concreto, convertendo-o em um eletrodo de aterramento para a instalação, utilizam-se pontos de conexão específicos conectados à barra principal do poste auto aterrado. Existem dois pontos de conexão à terra, sendo um localizado na parte inferior e outro na parte superior do poste (ÁVILA, 2019).

Figura 09: Poste Auto Aterrado.



Fonte: ÁVILA, 2019.

O autor destaca ainda que, este tipo de aterramento é capaz de substituir o aterramento com uma ou três hastes, sem prejuízo material (ÁVILA, 2019).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada é de revisão bibliográfica, ao qual serão analisadas obras de temas semelhantes ao estudado, a fim de que amplie a área de exploração do tema Aterramento para edificações.

Além disso, foi realizada uma pesquisa documental sobre a legislação vigente e regimento das concessionárias de energia, para apurar o procedimento padrão utilizado nestes tipos de sistema de aterramento.

4 RESULTADOS

Nota-se que o Sistema TN-S, os condutores neutros e proteção não são os mesmos.

Figura 10: Esquema TN-S com o exemplo de um computador ligado à instalação elétrica.

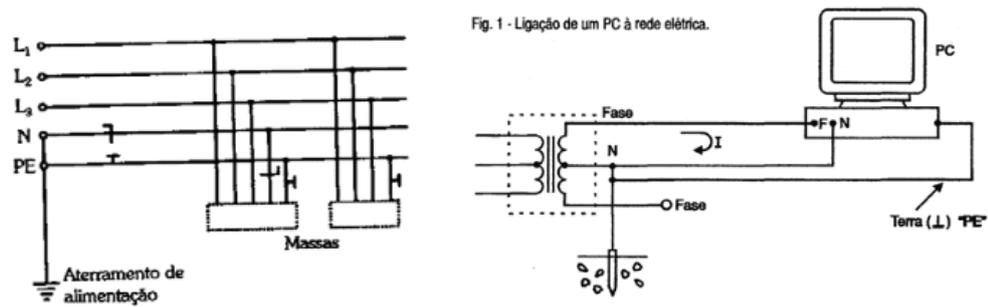
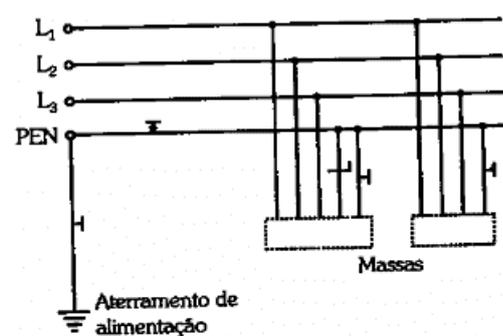


Fig. 1 - Ligação de um PC à rede elétrica.

Fonte: Guimarães, 2024.

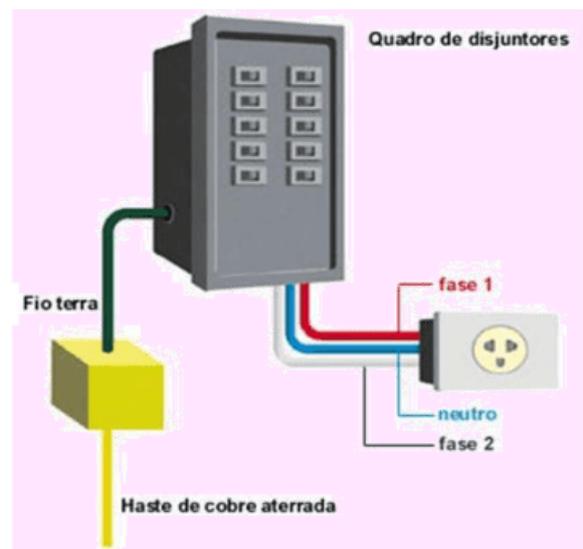
Quando comparado ao sistema TN-C, vê-se que a principal diferença é o condutor neutro e de proteção, transpassados em um único condutor, como o exemplo:

Figura 11: Sistema TN-C.



Fonte: Guimarães, 2024.

Figura 12: Aterramento de ponto de entrega.

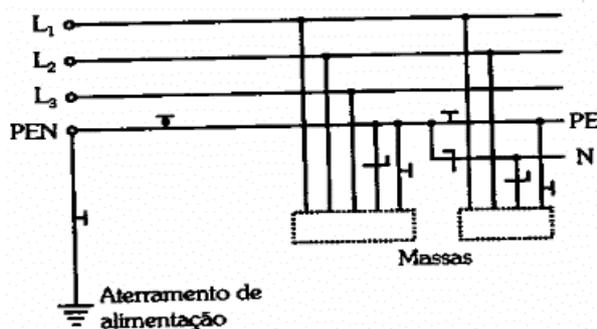


Fonte: Guimarães, 2024.

Vale destacar que, embora esse tipo de sistema seja normalizado, porém, não é visto com bons olhos, uma vez que, o condutor neutro e o fio terra compõem o mesmo condutor.

Há ainda, o sistema TN-C-S, uma versão mista dos sistemas apresentados anteriormente, que combinam condutores neutros e de proteção, em um único conduto, apenas em parte da instalação, como pode ser visto.

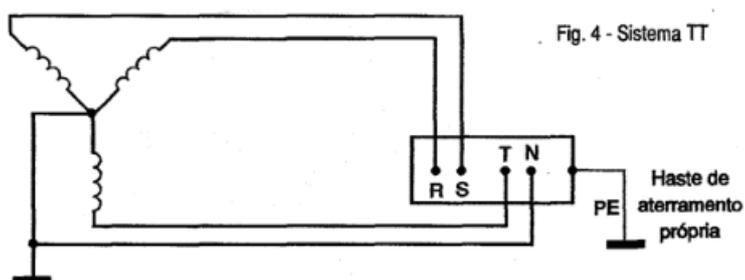
Figura 13: Sistema TN-C-S.



Fonte: Guimarães, 2024.

No esquema TT, tido como o mais eficaz, as correntes de falta direta entre fase e massa são inferiores às correntes de curto-circuito, mas podem ocasionar tensões perigosas. Esse sistema possui um ponto de alimentação com aterramento direto, enquanto as massas da instalação são ligadas a eletrodos de aterramento independente do eletrodo associado ao aterramento da fonte de alimentação (GUIMARÃES, 2024).

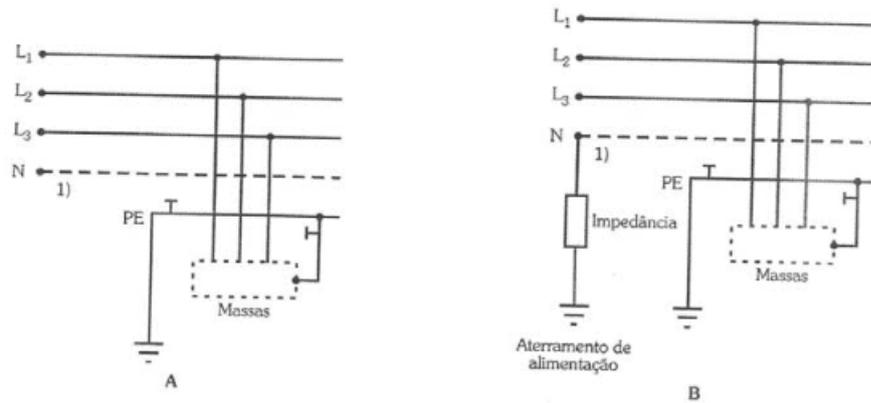
Figura 14: Sistema TT.



Fonte: Guimarães, 2024.

Já no esquema IT, a variação ocorre no fato de que todas as massas são isoladas da terra ou determinada alimentação será aterrada através da impedância, como é possível notar através do esquema abaixo:

Figura 15: Sistema IT.



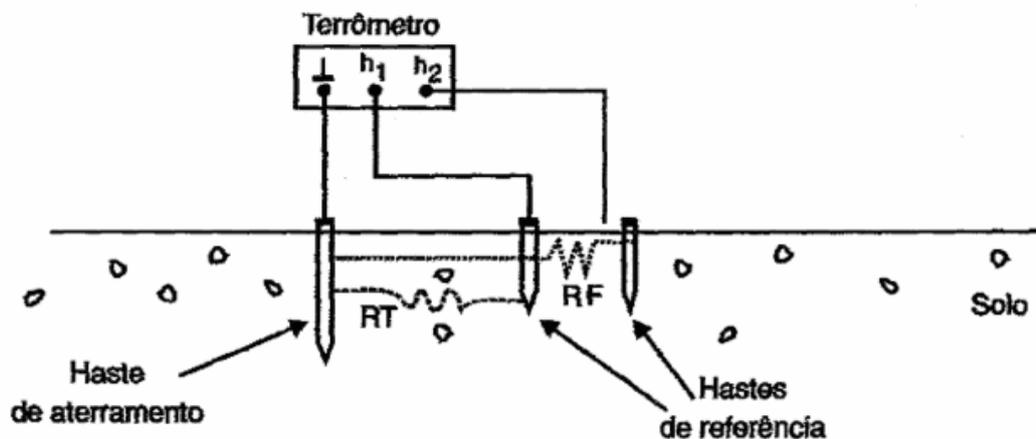
Fonte: Guimarães, 2024.

Somado a estas variações de ligações entre as massas e o sistema de aterramento, os tipos de aterramento também podem dividir-se em aterramentos do tipo Funcional e do tipo Proteção.

A principal diferença entre eles é que, primeiro, tem sua atenção voltada à ligação à terra de um dos condutores, priorizando o correto funcionamento da instalação. Enquanto o segundo, destina sua atenção à proteção de descargas elétricas por meio de contato indireto.

Diante dos modelos apresentados, no momento de escolha de qual sistema de aterramento e de ligação será mais eficaz, é necessário executar um estudo que reúna todas essas informações como os padrões de resistividade do solo, medidos através do terrômetro, bem como comprimento e disposição das hastes no solo, tipo de ligação entre as massas e o aterramento, capacidade dos níveis de tensão envolvidos, entre outras condicionantes.

Figura 16: Funcionamento de um terrômetro.



Fonte: Capelli, 2000.

É importante ressaltar que, apenas a adoção de um sistema de aterramento não será eficiente se não houver as manutenções adequadas, aferidas com periodicidade. O Corpo de Bombeiros do Estado, requer em suas vistorias anuais, laudos de regularidade que atestem a eficiência de um sistema de aterramento em determinados tipos de edificações, reforçando assim a importância de se realizar as manutenções periódicas.

5 DISCUSSÃO

Muitas vezes, um bom sistema de aterramento é negligenciado na maioria das edificações, principalmente residenciais.

A ausência de um sistema de aterramento pode expor a riscos decorrentes das significativas flutuações de tensão, eventos frequentes no sistema de abastecimento de energia elétrica. Essas variações podem ocasionar danificação em máquinas e equipamentos que necessitam de uma fonte de energia ligada à tomada, além de aumentar o perigo de acidentes elétricos, colocando em perigo a vida do usuário.

Considerando que, conforme a natureza das atividades e o porte das edificações amplia, aumenta-se também a complexidade de suas instalações elétricas, advindas da utilização de equipamentos mais sofisticados. Concomitantes a isso, é necessário que os sistemas de proteção também se adaptem e garantam segurança aos usuários.

Há ainda outro agravante, devido à demanda de consumo de energia no entorno da edificação estudada em determinados horários do dia, há picos de sobrecarga ou sub-tensão no fornecimento de energia elétrica, reforçando a necessidade de se examinar o sistema de aterramento durante a energização.

Diante desta necessidade, analisar todas as variáveis que determinam como obter uma resistência de aterramento compatível com a demanda energética utilizada poderá escoar as cargas estáticas geradas pelos equipamentos, bem como, usar a terra como caminho de retorno da corrente no sistema, além de conduzir descargas atmosféricas ao escoamento da terra. É possível, ainda, manter os potenciais gerados pelas correntes de falha dentro de limites de segurança, a fim de evitar a ocorrência de fibrilação.

Posto isto, é possível definir alguns condicionantes como principais para o funcionamento de sistema de aterramento como a baixa indutância, a baixa impedância, conectores que barrem a fuga de tensão.

De acordo com Filho (2002), um sistema de aterramento eficiente requer baixa indutância, alcançada com hastes de alta qualidade, e baixa impedância, obtida pelo tratamento do solo para garantir uma boa condutividade elétrica. Além disso, é essencial o uso de conectores confiáveis, que evitem a fuga de tensão, e a manutenção da umidade do sistema, permitindo o abastecimento de água sempre que necessário.

Pautados nestas condicionantes, a norma ABNT 5410, de tema Instalações elétricas em baixa tensão, aborda em suas subseções, os tipos de sistemas de aterramentos disponíveis e mais amplamente utilizados, considerando também a disposição das hastes, como visto anteriormente.

Deste modo, para especificar qual o tipo de sistema de aterramento ideal para uma edificação, nutrida por uma subestação de 2000 Kva, é necessário aprofundar-se a respeito dos tipos de aterramento com base nos métodos de instalação.

São eles: os esquemas TT, IT e TN, compreendidos Sistema TN-S, TN-C, TN-C-S.

Primeiramente, para discutir os métodos de instalação ressaltam-se os conceitos de terra, massa e neutro.

Para Cappelli (2000), um terminal neutro é a via fornecida pela concessionária de energia elétrica, ao qual, por meio dela, transcreve o retorno da corrente. Já o condutor terra, é o condutor que, em condições normais, não possui corrente elétrica circulante. Por fim, massa são os equipamentos e dispositivos interligados ao circuito elétrico, que “consomem” e “fazem movimentar” a corrente elétrica.

Vale lembrar que o fio terra não pode dispor de nenhuma emenda ou seccionamento, bem como não ser utilizado para transmissão de cargas elétricas ou de informação.

Adiante, é necessário observar o significado das siglas dos Esquemas expostos para compreender seu funcionamento. A primeira letra revela o tipo de alimentação da haste em relação ao solo. Isso quer dizer que, a letra T informa que o ponto está diretamente encravado no solo, enquanto a letra I revela que não há ponto aterrado ou o aterramento será por meio de uma impedância satisfatória.

Em segundo momento, a segunda letra revela como está situada as massas em relação à terra. A letra T, expõe que as hastes estão diretamente aterradas em qualquer ponto que se observe. Com relação a letra N, não há aterramento individualizado, de modo a encontrar-se todas ligadas ao ponto de alimentação aterrado. A letra I, expõe que, há massas isoladas, porém não estão aterradas.

Há ainda as letras S e C, que trazem a informação da forma com que há o aterramento de massa, utilizando o aterramento da fonte de alimentação. Deste modo, o S compreende ao neutro e proteção (PE) em condutos individuais e separados, enquanto a letra C, permite que neutro e proteção utilize um único condutor PEN (GUIMARÃES, 2024).

Para o Esquema TN, a principal característica é sua alimentação ser aterrada, diretamente, de modo que as massas ligar-se-ão a este ponto por meio de condutores de proteção. Neste tipo de esquema, há três modelos alternando-se a disposição do condutor de proteção e o neutro (GUIMARÃES, 2024).

6 CONCLUSÃO

Um sistema de aterramento deve garantir segurança, confiabilidade e conduzir correntes de falta à terra sem causar danos ou choques elétricos, atendendo também aos requisitos funcionais, quando necessário. A eficácia do aterramento depende de fatores como a resistividade do solo, o comprimento e o volume de dispersão dos eletrodos, além da quantidade de hastes conectadas em paralelo.

Diante destas condicionantes, é importante que o operador trace a modelagem do solo ao qual se pretende aplicar a malha de aterramento. O tipo de solo, sua composição, salinidade, temperatura, granulometria e compactidade, por exemplo, são imprescindíveis para determinar a faixa de resistividade em ohm.

Adiante, a disposição das hastes aterradas ao solo também são pauta de análise do profissional técnico para determinação do sistema de aterramento. Vale lembrar que, as hastes, são tidos como os principais eletrodos.

Há de considerar também, que o tipo de ligação entre as massas (demanda de equipamentos e dispositivos) e as hastes, também devem ser observadas. Elas poderão estar dispostas em esquemas TT, IT e TN. Este último, ainda pode dividir-se C, S e C-S, ao passo que utilizam os condutores de proteção e neutro em um mesmo condutor ou não.

Outro fator a ser observado pelo profissional técnico, que se torna uma condicionante para a eficiência de um sistema de aterramento, são os níveis de tensão e principalmente, a periodicidade das medições do sistema. O equipamento geralmente utilizado nas medições é o terrômetro e o analisador de energia, para cálculo de demanda.

REFERÊNCIAS

ALVES, PATRICK RAMON GOMES. **“Análise teórica e experimental do sistema de aterramento de subestação 69KV”**. Pub. em 2020. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/56355/3/2020_tcc_prgalves.pdf > . Acesso em: 13 de novembro de 2023.

ÁVILA, VALMIR ASSIS SOUZA DE. **“Avaliação do risco de choque elétrico em descidas de aterramento em redes de distribuição por meio da medição dos potenciais de toque e passo”**. Pub. em 2019. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/6135/TCC%20Valmir%20Assis%20Souza%20de%20%C3%81vila.pdf?sequence=1&isAllowed=y> > . Acesso em: 13 de novembro de 2023.

CARDIM, IGOR. **“Brasil é o país com maior incidência de raios no mundo”**. Pub. em 21 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2022-01/brasil-e-o-pais-com-maior-incidencia-de-raios-no-mundo> > . Acesso em: 13 de novembro de 2023.

CAPELO, EDUARDO; JUCÁ, CAIO. **“Resistividade do solo: entenda tudo sobre!”**. Publicado em fevereiro de 2020. Portal Geoscan, 2020. Disponível em: <https://www.firegas.com.br/> > Acesso em 25 de outubro de 2023.

CAPELLI, Alexandre. **“Aterramento elétrico”**. Publicado em fevereiro de 2000. Portal Geoscan, 2020. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/iei_aterramento-eletrico.pdf > Acesso em 25 de outubro de 2024.

FIREGAS. **“Sistema contra descargas atmosféricas”**. Palhoça, 2011. Disponível em: <https://www.geoscan.com.br/blog/resistividade-do-solo/> > Acesso em 25 de outubro de 2023.

FLUKE. **“Medição da Resistividade do solo: por que se deve determinar a resistividade do solo?”**. Palhoça, 2011. Disponível em: <https://www.fluke.com/pt-br/saiba-mais/blog/aterramento/resistividade-do-solo> > Acesso em 25 de outubro de 2023.

GUIMARÃES, PABLO. **“Tipos de aterramento”**. Disponível em: <https://www.pabloguimaraes-professor.com.br/post/tipos-de-aterramento> > Acesso em 25 de outubro de 2024.

NBR 5410/2004. **“Instalações elétricas de Baixa Tensão”**. Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR 7117/2012. **“Parâmetros do solo para Projetos de aterramentos elétricos”**. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

OLIVEIRA, MAISA LAILA DE FÁTIMA. **“Estudos de aterramentos elétricos em baixas frequências utilizando método sem malha”**. Publicado em 2016, dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica UFSJ e CEFET- MG .Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgel/107-2016-12-09-DissertacaoMaisaOliveira.pdf>> . Acesso em 13 de novembro de 2023.

OLIVEIRA, WELTON SILVA DE. **“Metodologia para dimensionar um sistema de aterramento elétrico um estudo de caso”**. Publicado em 2018,.Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgel/107-2016-12-09-DissertacaoMaisaOliveira.pdf>> . Acesso em 13 de novembro de 2023.

PINHEIRO, TIAGO FIGUEIRA LEÃO. **Sistemas de Aterramento em Baixa Tensão**. 2013. 89 f.TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006066.pdf> . Acesso em: 10 de outubro de 2023.

RIBAS, RONAN MOREIRA. **Estudo da resistividade do solo e dimensionamento de malha de aterramento**. 2023. 89 f.TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Ouro Preto, 2023. Disponível em: https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/5439/1/MONOGRAFIA_EstudoResistividadeSolo.pdf> . Acesso em: 10 de outubro de 2023.

VISACRO, S. FILHO. **“Aterramentos elétricos”**. São Paulo: Artliber Editora, 2016.

ANEXOS

LISTA DE SÍMBOLOS E MEDIDAS

Cm: Centímetros, unidade de medida;

K: Kelvin, unidade de temperatura;

KV: Kilovolt, unidade de tensão elétrica;

kWh: Kilowatthora, unidade de consumo de energia elétrica;

m: Metro, unidade de média;

M²: Metro quadrado, unidade de área;

MWh: Megawatthora, unidade de consumo de energia elétrica;

W: Watts;