

# Estratégias sustentáveis para minimizar os impactos socioambientais das linhas de distribuição

**Tema:** Linhas de Distribuição até 138 Kv aéreas e subterrâneas

**Autores:** Tiago Vieira

**Co-Autores:** -

**Empresa:** Celesc Distribuição S.A

---

## Resumo

O trabalho detalha como a aplicação de postes metálicos em linhas de distribuição e transmissão de energia podem gerar economias significativas de tempo e dinheiro. Através de comparativos e estudos de caso, são apresentadas as vantagens de postes metálicos em termos de acessibilidade urbana, redução de custos em aplicações específicas, impacto ambiental, economia com fundações e eficiência em serviços de urgência.

## 1. Introdução

A crescente urbanização e a escassez de espaço têm dificultado a concepção de linhas de distribuição, exigindo soluções inovadoras e sustentáveis.

Este trabalho visa exemplificar as mudanças no setor e apresentar novas opções mais vantajosas, tanto técnica quanto financeiramente, para a concepção de novos projetos de linhas de distribuição.

O objetivo geral deste estudo é apresentar estratégias sustentáveis para minimizar os impactos socioambientais das linhas de distribuição. Para atingir esse objetivo, serão abordados os seguintes objetivos específicos: Apresentar o desenvolvimento histórico do setor, incluindo torres metálicas e postes de concreto. Analisar as novidades no setor, como os postes metálicos. Comparar os custos de produção, transporte e aplicação final de diferentes tipos de postes. Verificar a viabilidade de cada solução em projetos específicos, considerando as particularidades de cada local.

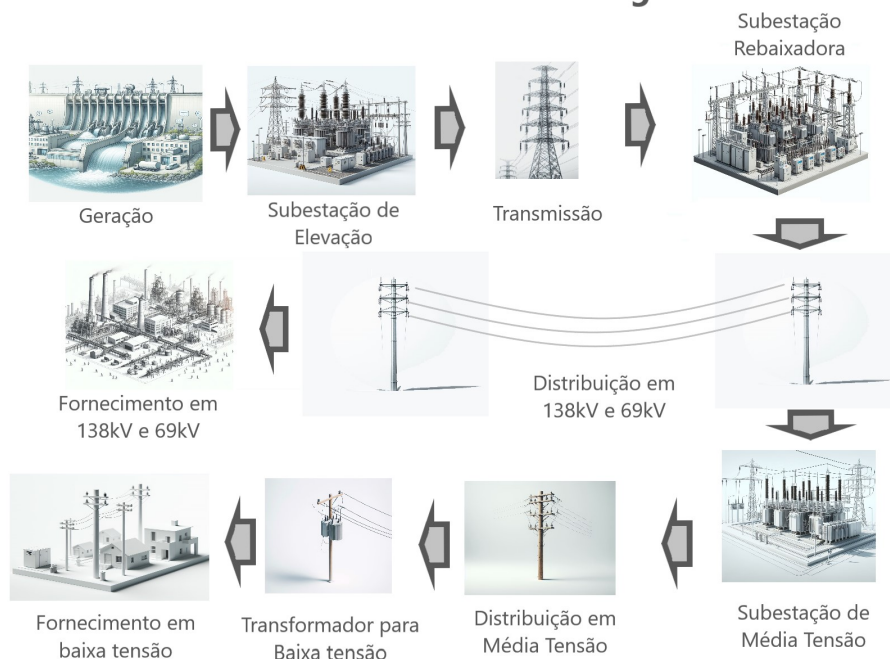
## 2. Desenvolvimento

Contexto das Linhas de Distribuição

A área a tratar neste projeto é a de distribuição em 138 kV e 69 kV, exemplificada na Figura 1 – Caminhos da Energia.

Figura 1 - Caminhos da energia

## Caminhos da Energia



Fonte: Colagem do Autor, imagens geradas com auxílio de IA.

Inicialmente, as instalações elétricas eram radiais, utilizando postes de madeira, com o aumento da demanda e a regulamentação pela ANEEL (Celesc, 2024), surgiram as distribuidoras estaduais e o iniciasse o uso de torres metálicas treliçadas. A madeira foi gradualmente sendo substituída devido a problemas como queimadas e limitações de carga (LS postes, 2024).

A escassez e o preço do aço levaram ao uso de postes de concreto, que evoluíram para suportar maiores alturas e cargas, mas ainda apresentavam restrições devido ao peso e diâmetro. Nos últimos anos, postes monotubulares metálicos foram introduzidos, oferecendo vantagens construtivas e de espaço, tornando-se uma opção superior em vários quesitos para linhas de distribuição.

### Concepção de um projeto

Na concepção de um projeto de Linha de distribuição logo depois do traçado ser definido é preciso a avaliar o que é mais vantajoso financeiramente e ambientalmente (Celesc, 2018) embasados em (Governo Federal, 1981) e (CONAMA, 1986), a premissa básica é o menor custo com o menor impacto ambiental possível. Nos custos referentes a fundações além das cargas verticais, são avaliadas as cargas dos ventos, que tornam as fundações muito parecidas independente do peso da estrutura. (Anunciação, Carneiro, Santos, & Possari, 2023). Em comparação de poste com torre treliçada temos a diminuição da quantidade de fundações, sendo que em torres autoportantes são necessários quatro pés e o poste apenas uma fundação, nesse caso a economia financeira é baixa, mas tem uma economia de tempo de execução.

Visando encontrar a melhor solução para o acesso é pensado na inclinação e na quantidade de curvas, com isso em mãos podemos chegar a uma conclusão mais precisa como mostra o comparativo da Tabela 1 – Comparativo de acessos.

Tabela 1 – Comparativo de acessos



|          | Tipo   | Volume de material | Área de corte de vegetação | Solução                       |
|----------|--|--------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Acesso 1 | 1. Lateral da pista de rolagem                 | 80 m <sup>3</sup>  | 0 m <sup>2</sup>           | Poste metálico ou de concreto |
| Acesso 2 | 2. Pastagem                                    | 160 m <sup>3</sup> | 0 m <sup>2</sup>           | Poste metálico ou de concreto |
| Acesso 3 |  | 215 m <sup>3</sup> | 0 m <sup>2</sup>           | Torre metálica                |
| Acesso 4 | 3. Sem inclinação com vegetação                | 160 m <sup>3</sup> | 800 m <sup>2</sup>         | Poste metálico ou de concreto |
| Acesso 5 |  | 215 m <sup>3</sup> | 1.076 m <sup>2</sup>       | Torre metálica                |
| Acesso 6 | 4. Inclinado com vegetação e curvas acentuadas | 160 m <sup>3</sup> | 800 m <sup>2</sup>         | Poste metálico                |
| Acesso 7 |  | 400 m <sup>3</sup> | 1.100 m <sup>2</sup>       | Poste de concreto             |
| Acesso 8 |  | 215 m <sup>3</sup> | 1.076 m <sup>2</sup>       | Torre metálica                |

Fonte: Levantamento feito pelo autor com estudo de casos, 2024

Na Tabela 1 o Tipo 4 o acesso 6 e 7 tem uma diferença de 15% em corte na vegetação devido a angulação que um poste de concreto precisa a mais em curvas, com essa angulação a aplicação de material também aumenta em 42% em referência ao poste metálico. No caso do acesso 8 os custos com acesso são menores, mas entra a questão das fundações, comentada no tópico anterior. Nos tipos 1 e 2 temos apenas a diferença na área de praça, que deve ser avaliada junto com os outros fatores. No tipo 3 os postes ocupam menores áreas de corte de vegetação tendo vantagem sobre as torres treliçadas, mas que dependendo do caso não devem ser descartadas.

Os postes de concreto enfrentam uma barreira para o transporte da fábrica até o canteiro de obras, pois para cargas grandes é necessária uma autorização especial, batedores de carga, pagamento de taxas extras por peso e horários de transporte, tudo isso seguindo as exigências da ANTT (Governo Federal, 2001) e órgãos competentes, podendo um transporte de poste de concreto levar até três vezes mais tempo que os postes metálicos.

Os postes metálicos se mostram menos custosos quando se trata de transporte a piquete, onde é feito o transporte da estrutura do canteiro até onde será instalado. Na figura 2 e 3 temos um comparativo entre os tamanhos dos postes metálicos e de concreto no transporte.

Figura 2- Caminhão com poste metálico





Fonte: Acervo pessoal do autor  
Figura 3 - Caminhão com poste de concreto



Fonte: Acervo pessoal do autor  
Tambem foi feito um comparativo com os tempos de transporte a piquete pelos respectivos pesos, como mostra a tabela 2 – comparativo de tempo por peso

Tabela 2 – Comparativo de tempo por peso



|        | Tipo              | peso    | Tamanho dos módulos | Acesso         | Tempo de chegada | tempo de instalação | tempo de cura |
|--------|-------------------|---------|---------------------|----------------|------------------|---------------------|---------------|
| Caso 1 | Poste metálico    | 10 ton. | 3 x 10 mts          | ingreme        | 1 hora           | 2 horas             | 0 h           |
| Caso 2 |                   |         |                     | sem inclinação | 1 hora           | 2 horas             | 0 h           |
| Caso 3 | Poste de concreto | 8 ton.  | 1 x 10 mts          | ingreme        | 4 horas          | 3 horas             | 72 horas      |
| Caso 4 |                   | 30 ton. | 1 x 20 mts          | sem inclinação | 2 horas          | 3 horas             | 72 horas      |
|        | 3 Cruzetas        | 3 ton.  | Só caso 3 e 4       |                | 30 minutos       |                     |               |

Fonte: Levantamento feito pelo autor com estudo de casos, 2024

No estudo de caso levou-se em consideração postes com as mesmas especificações, notando que os resultados são de um tempo total de instalação muito reduzido para os postes metálicos, mesmo em acessos sem inclinação.

Já nos postes em concreto pode ser necessário o apoio de outros equipamentos, como na figura 3 – Caminhão com poste de concreto. Além de que a depender do acesso pode acontecer mais corte em vegetações e o terreno pode não ter a firmeza necessária e acontecer como na figura 4 – caminhão atolado com poste, atrasando ainda mais a conclusão do serviço.

Figura 4 – caminhão atolado com poste



Fonte: Acervo pessoal do autor, 2023

Ainda falando sobre a tabela 2 – comparativo de tempo por peso, o poste de concreto tem a desvantagem de que é necessário chumbar as cruzetas, que nada mais é do que aplicar um composto de Cimento Portland, agregados minerais beneficiados, aditivos especiais e fluidificantes (PROTEC , 2024) chamado graute onde é feito a conexão do poste com a cruzeta (Figura 5 – Cruzeta de concreto) (ABNT, 2004), essa conexão exige uma caixa arredondada por baixo da cruzeta que se torna bem difícil de executar, e isso deve ser feito com o poste içado, o que torna o alinhamento de cruzeta um serviço perigoso e complicado, além de moroso já que o tempo de cura do graute leva em torno de 3 dias para obter 35 MPa (PROTEC , 2024), já nos poste em aço não é necessário chumbar as cruzetas, somente parafusa-las, com isso nos casos de desligamento de rede o serviço tem um impacto menor para a sociedade, já que não é necessário esperar o tempo de cura para ancorar os cabos.

Figura 5 - Cruzeta de concreto



Fonte: Acervo pessoal do Autor, 2024

Em seguida, é preciso estimar a altura da estrutura, pensando principalmente no meio ambiente as linhas de distribuição tem aumentado consideravelmente as alturas cabo solo, para evitar cortes na vegetação como mostram as Figuras 6 e 7.

Figura 6 – Faixa de domínio com corte de vegetação





Fonte: Acervo pessoal do autor  
Figura 7 – Faixa de domínio sem corte de vegetação





Fonte: acervo pessoal do autor

Mas para isso acontecer deve ser avaliado algumas questões como as apresentadas na Tabela 3 – Comparativo de altura de estruturas.

Tabela 3 – Comparativo de altura de estruturas

| Tipo   |                   | Altura total | Altura útil | peso     | Tamanho da base |
|--------|-------------------|--------------|-------------|----------|-----------------|
| Caso 1 | Poste de concreto | 30           | 18          | 19000 kg | Ø 1200 mm       |
| Caso 2 | Poste metálico    |              | 18          | 7706 kg  | Ø 750 mm        |
| Caso 3 | Torre treliçada   |              | 21          | 12398 kg | 11x11 mt        |
| Caso 4 | Poste de concreto | 50           | 37          | 40000 kg | Ø 1450 mm       |
| Caso 5 | Poste metálico    |              | 37          | 16100 kg | Ø 1050 mm       |
| Caso 6 | Torre treliçada   |              | 39          | 17558 kg | 13x13 mt        |

Fonte dos dados: base histórica Centrais Elétricas de Santa Catarina e catálogo comercial (Steelmast, 2023)

Como pode ser visto na comparação nos casos 1 e 4 os guindastes para içamento e o transporte são mais caros, devido ao peso elevado. Já nos casos 3 e 6 o peso não influencia tanto, pois a torre treliçada é transportada em partes, porém, a torre necessita de quatro fundações e a área que sua base ocupa é maior do que a dos casos 1, 2, 4 e 5. Guindaste maior vai dispende de mais material no acesso e mais área desmatada pois se trata de um equipamento maior isso já considerando o tamanho total do modulo citado acima.

Fazendo uma totalização mensurada de equipe, além custos indiretos (Aluguel, luz, agua, internet, equipe de engenharia, etc.). O comparativo da Tabela 4 – comparativo de custos de içamento vai tratar de horas trabalhadas.

Tabela 4 - Comparativo de custos de içamento

| Método            |                    | tempo de pré montagem | tempo de içamento | tempo de pós montagem | tempo de cura | tempo de guindaste | tempo total      |
|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|---------------|--------------------|------------------|
| Poste de concreto | Guindaste 120 ton. | 4 horas               | 2 horas           | 4 horas               | 72 horas      | 12 horas           | 4 dias e 2 horas |
| Poste metálico    | Guindaste 80 ton.  | 4 horas               | 2 horas           | N/A                   | N/A           | 2 horas            | 6 horas          |
| Torre treliçada   | Guindaste 50 ton.  | N/A                   | 40 horas          | N/A                   | N/A           | 40 horas           | 5 dias           |
| Torre treliçada   | Manual             | N/A                   | 80 horas          | N/A                   | N/A           | N/A                | 10 dias          |

Fonte: (PROTEC , 2024) e Levantamentos do autor.

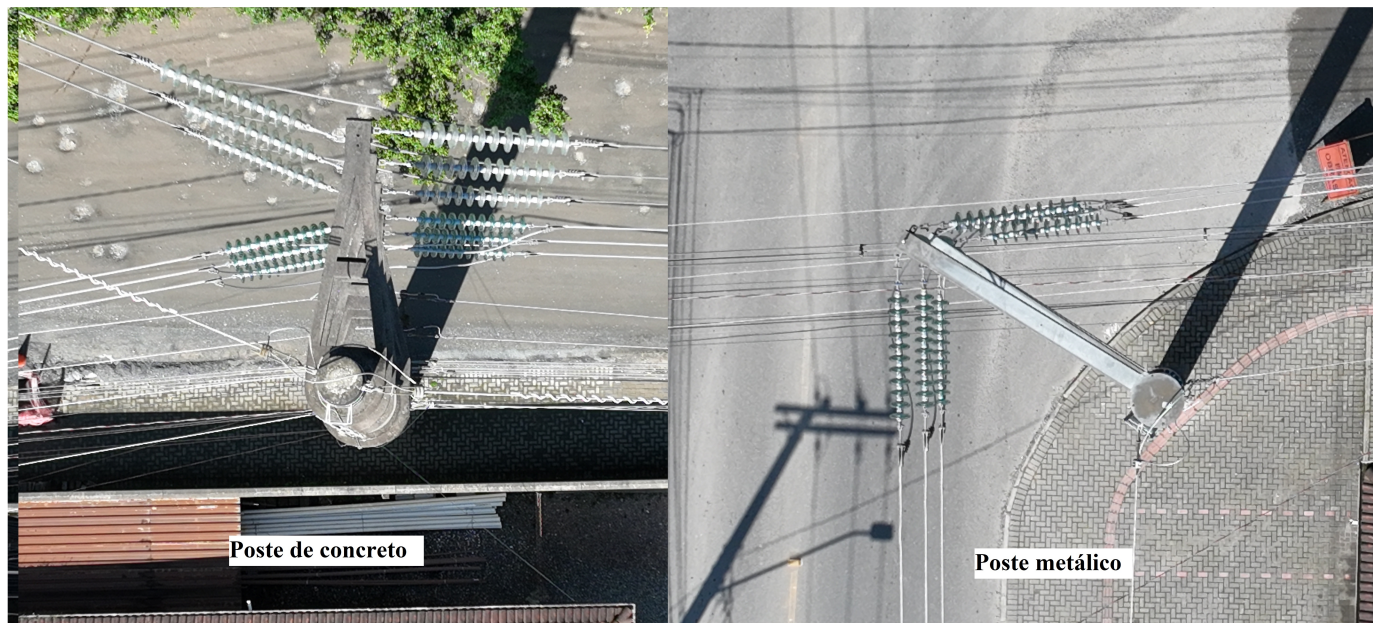
Lembro que os custos de guindaste e de pessoal são variados, dependendo da região e do momento da execução, mas considerando o tempo total de montagem, o poste em aço tem uma vantagem imensa sobre os outros modelos, já no custo de guindaste as torres treliçadas tem mais economia. Mesmo assim, devido ao tempo total, o poste metálico se torna mais vantajoso.

A acessibilidade, também muito avaliada em linhas de transmissão, entra em casos onde a calçada não tem a uma sobra de espaço para a instalação, diferente do que acontece em avenidas planejadas, tornando a área de ocupação um problema para a população.



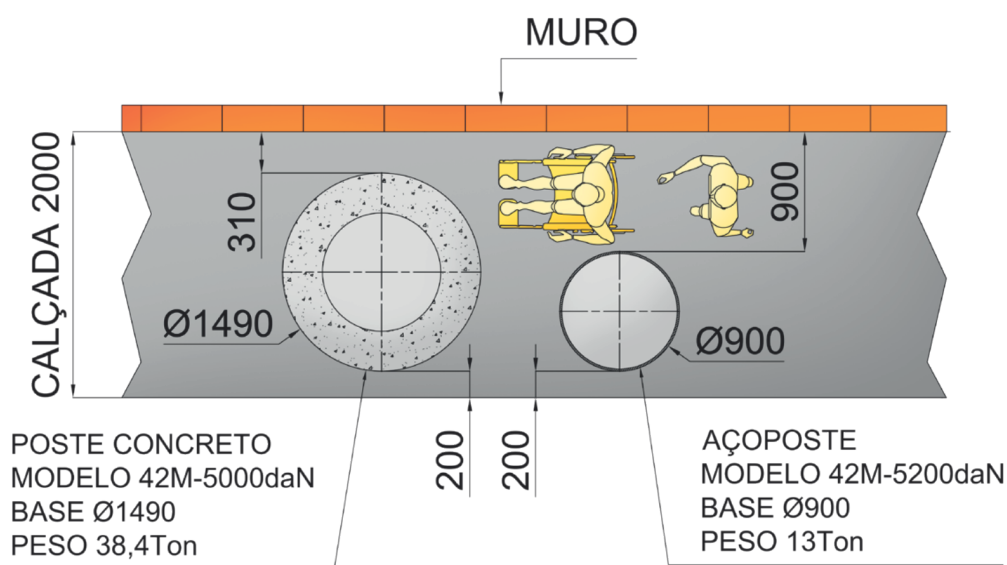
Nos casos onde linhas entravam cidade a dentro, no passado, cidades se formavam ao redor das torres treliçadas. Hoje com a tecnologia dos postes metálicos, podemos facilmente diminuir o diâmetro do poste, adequando-o a calçada. Na Figura 8 temos um comparativo entre o diâmetro de base de um poste de concreto e um metálico, colocados lado a lado. Na figura 9 um trecho do catalogo da Steelmast, onde compara as bases (Steelmast, 2023).

Figura 8 – comparativo entre poste metálico e poste de concreto



Fonte: Acervo pessoal do autor

Figura 9 – comparativo de diâmetro de base



Fonte Catálogo Steelmast (Steelmast, 2023)

Além desse problema os postes de concreto não conseguem atingir uma boa altura sem aumentar a base e isso agrava ainda mais o problema das calçadas.

Já nos postes metálicos, conseguiu-se uma base reduzida de postes de 31 metros de altura e base de 60cm como na figura 10 – Poste metálico com base reduzida.

Figura 10 - Poste metálico com base reduzida



Fonte: Acervo pessoal do autor, 2024

Também é possível a produção de postes com alturas e cargas de topo maiores, dependendo da necessidade conforme é apresentado no catálogo da Steelmast (Steelmast, 2023).

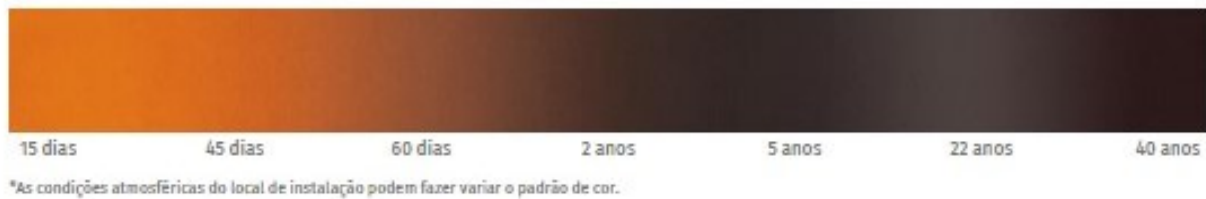
O lançamento dos cabos com alturas elevadas exige uma grande força tarefa para executar, visando que os cabos são pesados geram entraves na execução, são usados drones para o lançamento de cabos e aramidas para lançamento sobre as redes de média tensão, tornando possível o aumento da altura das estruturas sem comprometer a execução.

#### Pontos de atenção

Hoje no mercado, temos alguns tipos de aço para aplicação em linhas de distribuição, um deles é o aço corten, esse aço é de aspecto ferroso, muito usado em esculturas ao ar livre, devido a sua duração, um dos pontos fracos dele é o aquecimento, podendo chegar até 70 graus e o aspecto visual, pois dá a impressão de enferrujado como mostra a figura 11 – Escala de cores do aço corten.

Figura 11 – Escala de cores do aço corten

## PROCESSO DE FORMAÇÃO DA PÁTINA



Fonte: Catalogo Steelmast (Steelmast, 2023)

Esse aço não é recomendado para áreas litorâneas, nessas regiões recomenda-se o aço galvanizado- (Steelmast, 2023), que tem um aspecto melhor, e tem sido mais usado devido ao seu aspecto e sua reflexão ao sol, mantendo a temperatura um pouco mais baixa.

### 3. Conclusão

Utilizar postes metálicos em linhas de distribuição tem se tornado cada vez mais comum devido às suas características construtivas. Eles oferecem vantagens no transporte, no içamento, na fundação reduzida, na montagem facilitada, no tempo de montagem reduzido, na altura alcançada, na carga máxima suportada, na durabilidade e nos métodos construtivos mais eficientes e rápidos, entre outras vantagens. São produtos superiores com preços próximos às soluções já existentes, mas deve-se avaliar situações onde outras soluções sejam mais viáveis, ficando a análise a cargo do projetista. Deve-se considerar o poste metálico como uma solução com eficiência comprovada, mas não a única solução. Definitivamente, usar essa solução nos casos supracitados para evitar cortes de vegetação excessivos, melhorar a acessibilidade e, principalmente, economizar no conjunto global da obra, assim diminuindo os custos de implantação, é uma grande vantagem no projeto.

### 4. Referências bibliográficas

ABNT. (1985). NBR 5422/1985. *Projetos de Linhas Aéreas*. Brasil.

ABNT. (Maio de 2004). NBR 14931 . *Execução de estruturas de concreto - Procedimento* . Brasil.

Anunciação, M. C., Carneiro, G. R., Santos, P. V., & Possari, D. C. (2023). Avaliação da transferência de esforços na fundação de poste de concreto utilizado em rede de energia elétrica. *REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMIA LATINOAMERICANA*, 27586-27587.

*Autodesk*. (outubro de 2024). Fonte: autocad: <https://www.autodesk.com/br/products/autocad/>

Celesc. (Maio de 2018). Instrução Normativa I-452.0003. *PROCEDIMENTOS PARA O LEVANTAMENTO DE ASPECTOS*. Florianopolis, Santa Catarina, Brasil.

*Celesc*. (18 de 09 de 2024). Fonte: Celesc - História: <https://www.celesc.com.br/home/historia>

CONAMA. (Fevereiro de 1986). Resolução 001/1986. Brasil.

DJI. (outubro de 2024). *DJI enterprise*. Fonte: <https://enterprise.dji.com/pt-br/mavic-3-enterprise>

Governo Federal. (Agosto de 1981). Lei Federal - Planalto 6938/1981. *Política Nacional do Meio Ambiente*. Brasil.

Governo Federal. (Junho de 2001). Lei 10.233. *LEI 10.233, DE 5 DE JUNHO DE 2001*. Brasil.

*LS postes*. (2024). Fonte: <https://lspostes.com.br/a-evolucao-dos-postes-da-madeira-aos-metais/>

PROTEC . (09 de 2024). *PROTEC Brasil*. Fonte: PROTEC Argamassas Especiais: <https://www.protecbrasil.com/fispq/fichatecnica/protecgraute500.pdf>

Steelmast. (2023). *Steelmast - Catálogo Postes de Aço*. Fonte: steelmast: [https://www.steelmast.com.br/uploads/catalogos/00021\\_Catalogo\\_Postes\\_de\\_Aco\\_3bfc8.pdf](https://www.steelmast.com.br/uploads/catalogos/00021_Catalogo_Postes_de_Aco_3bfc8.pdf)