



Editora  
**Solução**  
a solução para o seu concurso!



# PETROBRAS

## ENGENHARIA DE EQUIPAMENTOS - ELÉTRICA

- ▶ Língua Portuguesa
- ▶ Língua Inglesa
- ▶ Conhecimentos Específicos - Bloco I
- ▶ Conhecimentos Específicos - Bloco II
- ▶ Conhecimentos Específicos - Bloco III

INCLUI QUESTÕES GABARITADAS

COM BASE NO  
ÚLTIMO EDITAL



### BÔNUS

ÁREA DO  
**CONCURSEIRO**

- **Português:** Ortografia, Fonologia, Acentuação Gráfica, Concordância, Regência, Crase e Pontuação.
- **Informática:** Computação na Nuvem, Armazenamento em Nuvem, Intranet, Internet, Conceitos, Protocolos e Segurança da informação.

**41**  
**ANOS**  
A SOLUÇÃO PARA O SEU CONCURSO



# AVISO IMPORTANTE:

## Este é um Material de Demonstração

Este arquivo é apenas uma amostra do conteúdo completo da Apostila.

Aqui você encontrará algumas páginas selecionadas para que possa conhecer a qualidade, estrutura e metodologia do nosso material. No entanto, **esta não é a apostila completa.**

### POR QUE INVESTIR NA APOSTILA COMPLETA?

- ✖ Conteúdo totalmente alinhado ao edital
- ✖ Teoria clara, objetiva e sempre atualizada
- ✖ Questões gabaritadas
- ✖ Diferentes práticas que otimizam seus estudos

Ter o material certo em mãos transforma sua preparação e aproxima você da **APROVAÇÃO.**

Garanta agora o acesso completo e aumente suas chances de aprovação:  
<https://www.editorasolucao.com.br/>



# PETROBRAS

PETROBRAS - PETRÓLEO BRASILEIRO S.A

Engenharia de  
Equipamentos- Elétrica

**DE ACORDO COM O ÚLTIMO EDITAL N.º 1 –  
PETROBRAS/PSP RH 2021, DE 15 DE DEZEMBRO  
DE 2021**

CÓD: SL- 056FV-26  
7908433291633

## Língua Portuguesa

|                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Compreensão e interpretação de textos de gêneros variados .....                                                                                                                       | 7  |
| 2. Reconhecimento de tipos e gêneros textuais .....                                                                                                                                      | 7  |
| 3. Domínio da ortografia oficial .....                                                                                                                                                   | 14 |
| 4. Domínio dos mecanismos de coesão textual.....                                                                                                                                         | 16 |
| 5. Emprego de elementos de referência, substituição e repetição, de conectores e de outros elementos de sequenciação textual .....                                                       | 20 |
| 6. Emprego de tempos e modos verbais. Emprego das classes de palavras.....                                                                                                               | 21 |
| 7. Domínio da estrutura morfosintática do período. Relações de coordenação entre orações e entre termos da oração. Relações de subordinação entre orações e entre termos da oração ..... | 31 |
| 8. Emprego dos sinais de pontuação .....                                                                                                                                                 | 34 |
| 9. Concordância verbal e nominal .....                                                                                                                                                   | 37 |
| 10. Regência verbal e nominal.....                                                                                                                                                       | 38 |
| 11. Emprego do sinal indicativo de crase.....                                                                                                                                            | 41 |
| 12. Colocação dos pronomes átonos .....                                                                                                                                                  | 42 |
| 13. Reescrita de frases e parágrafos do texto. Reorganização da estrutura de orações e de períodos do texto. Reescrita de textos de diferentes gêneros e níveis de formalidade .....     | 43 |
| 14. Significação das palavras.....                                                                                                                                                       | 44 |
| 15. Substituição de palavras ou de trechos de texto .....                                                                                                                                | 48 |

## Língua Inglesa

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Compreensão de textos escritos em língua inglesa .....                         | 65 |
| 2. Itens gramaticais relevantes para o entendimento dos sentidos dos textos ..... | 66 |

## Conhecimentos Específicos - Bloco I

### Engenharia de Equipamentos - Elétrica

|                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Teoria eletromagnética .....                                                                                                                       | 119 |
| 2. Circuitos elétricos – CC e CA (monofásicos e trifásicos).....                                                                                      | 123 |
| 3. Máquinas elétricas: transformador, máquina síncrona, motor de indução e máquina de corrente contínua .....                                         | 126 |
| 4. Análise de sistemas elétricos: valores por unidade (p.u.), componentes simétricas, modelagem dos elementos, faltas simétricas e assimétricas ..... | 133 |

## Conhecimentos Específicos - Bloco II

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica ..... | 143 |
| 2. Acionamentos e controles elétricos.....                       | 146 |
| 3. Instalações elétricas: baixa e média tensão.....              | 149 |
| 4. Aterramento de sistemas e de segurança.....                   | 151 |
| 5. Proteção de sistemas elétricos .....                          | 154 |
| 6. Medidas elétricas.....                                        | 159 |
| 7. Eletrônica analógica e digital .....                          | 162 |
| 8. Eletrônica de Potência .....                                  | 168 |

## Conhecimentos Específicos - Bloco III

|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Cálculo diferencial, integral (univariável e multivariável) e vetorial .....                                                                         | 181 |
| 2. Equações diferenciais ordinárias.....                                                                                                                | 193 |
| 3. Álgebra Linear. Sistemas de equações lineares, matrizes e determinante, transformações lineares.....                                                 | 198 |
| 4. Sistemas de controle: Transformada de Laplace, funções de transferência, sistemas de 1ª e 2ª ordem, malha aberta e malha fechada, estabilidade ..... | 206 |
| 5. Probabilidade e estatística .....                                                                                                                    | 214 |
| 6. Termodinâmica: leis, aplicações e ciclos térmicos .....                                                                                              | 226 |
| 7. Fenômenos de transporte e mecânica dos fluidos .....                                                                                                 | 228 |
| 8. Bombas, Compressores e Turbinas (a gás e a vapor) .....                                                                                              | 237 |

# LÍNGUA PORTUGUESA

## COMPREENSÃO E INTERPRETAÇÃO DE TEXTOS DE GÊNEROS VARIADOS

Compreender um texto nada mais é do que analisar e decodificar o que de fato está escrito, seja das frases ou de ideias presentes. Além disso, interpretar um texto, está ligado às conclusões que se pode chegar ao conectar as ideias do texto com a realidade.

A compreensão básica do texto permite o entendimento de todo e qualquer texto ou discurso, com base na ideia transmitida pelo conteúdo. Ademais, compreender relações semânticas é uma competência imprescindível no mercado de trabalho e nos estudos.

A interpretação de texto envolve explorar várias facetas, desde a compreensão básica do que está escrito até as análises mais profundas sobre significados, intenções e contextos culturais. No entanto, Quando não se sabe interpretar corretamente um texto pode-se criar vários problemas, afetando não só o desenvolvimento profissional, mas também o desenvolvimento pessoal.

### Busca de sentidos

Para a busca de sentidos do texto, pode-se extrair os tópicos frasais presentes em cada parágrafo. Isso auxiliará na compreensão do conteúdo exposto, uma vez que é ali que se estabelecem as relações hierárquicas do pensamento defendido, seja retomando ideias já citadas ou apresentando novos conceitos.

Por fim, concentre-se nas ideias que realmente foram explicitadas pelo autor. Textos argumentativos não costumam conceder espaço para divagações ou hipóteses, supostamente contidas nas entrelinhas. Deve-se atentar às ideias do autor, o que não implica em ficar preso à superfície do texto, mas é fundamental que não se criem suposições vagas e inespecíficas.

### Importância da interpretação

A prática da leitura, seja por prazer, para estudar ou para se informar, aprimora o vocabulário e dinamiza o raciocínio e a interpretação. Ademais, a leitura, além de favorecer o aprendizado de conteúdos específicos, aprimora a escrita.

Uma interpretação de texto assertiva depende de inúmeros fatores. Muitas vezes, apressados, descuidamo-nos dos detalhes presentes em um texto, achamos que apenas uma leitura já se faz suficiente. Interpretar exige paciência e, por isso, sempre releia o texto, pois a segunda leitura pode apresentar aspectos surpreendentes que não foram observados previamente.

Para auxiliar na busca de sentidos do texto, pode-se também retirar dele os tópicos frasais presentes em cada parágrafo, isso certamente auxiliará na apreensão do conteúdo exposto. Lembre-se de que os parágrafos não estão organizados, pelo

menos em um bom texto, de maneira aleatória, se estão no lugar que estão, é porque ali se fazem necessários, estabelecendo uma relação hierárquica do pensamento defendido; retomando ideias já citadas ou apresentando novos conceitos.

Concentre-se nas ideias que de fato foram explicitadas pelo autor: os textos argumentativos não costumam conceder espaço para divagações ou hipóteses, supostamente contidas nas entrelinhas. Devemos nos ater às ideias do autor, isso não quer dizer que você precise ficar preso na superfície do texto, mas é fundamental que não criemos, à revelia do autor, suposições vagas e inespecíficas.

Ler com atenção é um exercício que deve ser praticado à exaustão, assim como uma técnica, que fará de nós leitores proficientes.

### Diferença entre compreensão e interpretação

A compreensão de um texto envolve realizar uma análise objetiva do seu conteúdo para verificar o que está explicitamente escrito nele. Por outro lado, a interpretação vai além, relacionando as ideias do texto com a realidade. Nesse processo, o leitor extrai conclusões subjetivas a partir da leitura.

## RECONHECIMENTO DE TIPOS E GÊNEROS TEXTUAIS

O estudo dos tipos e gêneros textuais é fundamental para a compreensão e produção de textos em diversas situações comunicativas, sendo um tema recorrente em provas de concursos públicos. Ao compreender esses conceitos, o candidato adquire a capacidade de interpretar de forma mais eficaz os diferentes textos que encontrará, além de aprimorar sua habilidade de redigir conforme as exigências de cada situação.

Os tipos textuais referem-se a estruturas mais amplas e fixas que caracterizam a forma como o conteúdo é apresentado, como o narrativo, descritivo, dissertativo-argumentativo, expositivo e injuntivo. Já os gêneros textuais são as variadas manifestações desses tipos, adaptando-se ao contexto social, à finalidade e ao meio de comunicação, como notícias, editoriais, cartas de opinião, entre outros.

### TIPOS TEXTUAIS: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os tipos textuais são modelos de estrutura e organização que orientam a maneira como um texto é construído, determinando sua função comunicativa e as estratégias linguísticas empregadas em sua elaboração. Esses tipos são considerados padrões relativamente estáveis que definem a forma e o propósito do texto, orientando o autor e o leitor sobre como a mensagem será apresentada.

Ao todo, temos cinco tipos textuais clássicos, que aparecem com frequência em questões de concursos públicos e que são fundamentais para a compreensão da estrutura e organização dos textos: o descritivo, o injuntivo, o expositivo, o dissertativo-argumentativo e o narrativo. Cada um desses tipos textuais possui características próprias que influenciam a maneira como o texto é organizado, e a identificação dessas características é essencial para a interpretação e produção de textos de acordo com as demandas específicas de cada contexto.

#### ► Tipo Textual Descritivo

O tipo descritivo é voltado para a criação de uma imagem detalhada de um objeto, pessoa, lugar, situação ou sentimento. O objetivo principal é permitir que o leitor visualize ou experimente o que está sendo descrito, utilizando recursos linguísticos que enfatizam as características sensoriais e perceptivas.

##### Características principais:

- Uso frequente de adjetivos, locuções adjetivas e orações adjetivas para caracterizar o objeto descrito.
- A descrição pode ser objetiva, quando o autor busca apresentar os detalhes de forma imparcial, ou subjetiva, quando há a inclusão de impressões e sentimentos pessoais.
- O texto é marcado por uma estrutura estática, sem progressão temporal.
- Exemplos de gêneros textuais descritivos: anúncios classificados, cardápios, biografias, manuais e relatos de viagem.

#### ► Tipo Textual Injuntivo

O tipo injuntivo, também conhecido como instrucional, tem como propósito orientar, instruir ou comandar o leitor a realizar uma ação específica. É comum em situações em que é necessário indicar procedimentos, dar instruções ou estabelecer regras.

##### Características principais:

- Uso predominante de verbos no modo imperativo e em formas que expressam obrigação ou instrução (futuro do presente, por exemplo).
- A linguagem é direta e objetiva, com frases curtas e claras.
- A presença de marcas de interlocução, como pronomes e verbos em segunda pessoa, é comum para estabelecer uma relação de diálogo com o leitor.

**Exemplos de gêneros textuais injuntivos:** receitas culinárias, bulas de remédio, manuais de instrução, regulamentos e editais.

#### ► Tipo Textual Expositivo

O texto expositivo tem como principal objetivo informar, esclarecer ou explicar determinado assunto ao leitor. Sua função é apresentar informações de forma clara, imparcial e objetiva, sem a intenção de convencer ou influenciar.

##### Características principais:

- Apresenta uma estrutura clara, com introdução, desenvolvimento e conclusão.

- Uso de linguagem formal, objetiva e impessoal.
- O verbo é empregado predominantemente no presente, e a organização das ideias segue uma sequência lógica e ordenada.

**Exemplos de gêneros textuais expositivos:** enciclopédias, artigos científicos, verbetes de dicionário, palestras e entrevistas.

#### ► Tipo Textual Dissertativo-Argumentativo

O tipo dissertativo-argumentativo é amplamente utilizado em redações de concursos e vestibulares. Seu objetivo é expor ideias, discutir um tema e defender um ponto de vista, utilizando argumentos consistentes e bem estruturados.

##### Características principais:

- Estrutura típica com introdução (apresentação da tese), desenvolvimento (argumentos) e conclusão (reforço ou síntese da ideia principal).
- Presença de elementos que visam convencer o leitor, como citações, dados estatísticos, exemplos e comparações.
- Uso de verbos no presente, em primeira ou terceira pessoa, dependendo do grau de formalidade.
- Exemplos de gêneros textuais dissertativo-argumentativos: artigos de opinião, editoriais, ensaios, resenhas e cartas argumentativas.

#### ► Tipo Textual Narrativo

O tipo narrativo é aquele em que o autor conta uma história, real ou fictícia, envolvendo personagens, um enredo, tempo e espaço. A narrativa envolve a apresentação de eventos que se desenrolam ao longo do tempo, seguindo uma sequência lógica.

##### Características principais:

- Presença de personagens, narrador, enredo, tempo e espaço.
- Uso predominante de verbos no pretérito, que conferem a ideia de acontecimentos já ocorridos.
- Pode adotar diferentes tipos de narrador, como o narrador em primeira pessoa (participa da história) ou o narrador em terceira pessoa (observador ou onisciente).
- Exemplos de gêneros textuais narrativos: contos, romances, fábulas, crônicas e lendas.

#### RELAÇÃO ENTRE OS TIPOS TEXTUAIS E A FUNÇÃO COMUNICATIVA

Os tipos textuais servem como base para a construção de qualquer texto e têm uma função comunicativa que orienta a escolha das estruturas gramaticais, do vocabulário e do estilo de escrita. Por exemplo, ao produzir um texto narrativo, espera-se que haja uma sequência de ações e eventos; ao criar um texto dissertativo-argumentativo, é necessário apresentar e defender uma ideia de forma lógica e coerente.

# LÍNGUA INGLESA

## COMPREENSÃO DE TEXTOS ESCRITOS EM LÍNGUA INGLESA

### Reading Comprehension

Interpretar textos pode ser algo trabalhoso, dependendo do assunto, ou da forma como é abordado. Tem as questões sobre o texto. Mas, quando o texto é em outra língua? Tudo pode ser mais assustador.

Se o leitor manter a calma, e se embasar nas estratégias do Inglês Instrumental e ter certeza que ninguém é cem por cento leigo em nada, tudo pode ficar mais claro.

Vejamos o que é e quais são suas estratégias de leitura:

### Inglês Instrumental

Também conhecido como Inglês para Fins Específicos - ESP, o Inglês Instrumental fundamenta-se no treinamento instrumental dessa língua. Tem como objetivo essencial proporcionar ao aluno, em curto prazo, a capacidade de ler e compreender aquilo que for de extrema importância e fundamental para que este possa desempenhar a atividade de leitura em uma área específica.

### Estratégias de leitura

- **Skimming:** trata-se de uma estratégia onde o leitor vai buscar a ideia geral do texto através de uma leitura rápida, sem apegar-se a ideias mínimas ou específicas, para dizer sobre o que o texto trata.
- **Scanning:** através do scanning, o leitor busca ideias específicas no texto. Isso ocorre pela leitura do texto à procura de um detalhe específico. Praticamos o scanning diariamente para encontrarmos um número na lista telefônica, selecionar um e-mail para ler, etc.
- **Cognatos:** são palavras idênticas ou parecidas entre duas línguas e que possuem o mesmo significado, como a palavra "vírus" é escrita igualmente em português e inglês, a única diferença é que em português a palavra recebe acentuação. Porém, é preciso atentar para os chamados falsos cognatos, ou seja, palavras que são escritas igual ou parecidas, mas com o significado diferente, como "evaluation", que pode ser confundida com "evolução" onde na verdade, significa "avaliação".
- **Inferência contextual:** o leitor lança mão da inferência, ou seja, ele tenta adivinhar ou sugerir o assunto tratado pelo texto, e durante a leitura ele pode confirmar ou descartar suas hipóteses.

▪ **Reconhecimento de gêneros textuais:** são tipo de textos que se caracterizam por organização, estrutura gramatical, vocabulário específico e contexto social em que ocorrem. Dependendo das marcas textuais, podemos distinguir uma poesia de uma receita culinária, por exemplo.

▪ **Informação não-verbal:** é toda informação dada através de figuras, gráficos, tabelas, mapas, etc. A informação não-verbal deve ser considerada como parte da informação ou ideia que o texto deseja transmitir.

▪ **Palavras-chave:** são fundamentais para a compreensão do texto, pois se trata de palavras relacionadas à área e ao assunto abordado pelo texto. São de fácil compreensão, pois, geralmente, aparecem repetidamente no texto e é possível obter sua ideia através do contexto.

▪ **Grupos nominais:** formados por um núcleo (substantivo) e um ou mais modificadores (adjetivos ou substantivos). Na língua inglesa o modificador aparece antes do núcleo, diferente da língua portuguesa.

▪ **Afixos:** são prefixos e/ou sufixos adicionados a uma raiz, que modifica o significado da palavra. Assim, conhecendo o significado de cada afixo pode-se compreender mais facilmente uma palavra composta por um prefixo ou sufixo.

▪ **Conhecimento prévio:** para compreender um texto, o leitor depende do conhecimento que ele já tem e está armazenado em sua memória. É a partir desse conhecimento que o leitor terá o entendimento do assunto tratado no texto e assimilará novas informações. Trata-se de um recurso essencial para o leitor formular hipóteses e inferências a respeito do significado do texto.

O leitor tem, portanto, um papel ativo no processo de leitura e compreensão de textos, pois é ele que estabelecerá as relações entre aquele conteúdo do texto e os conhecimentos de mundo que ele carrega consigo. Ou mesmo, será ele que poderá agregar mais profundidade ao conteúdo do texto a partir de sua capacidade de buscar mais conhecimentos acerca dos assuntos que o texto traz e sugere.

Não se esqueça que saber interpretar textos em inglês é muito importante para ter melhor acesso aos conteúdos escritos fora do país, ou para fazer provas de vestibular ou concursos.

**ITENS GRAMATICAIS RELEVANTES PARA O ENTENDIMENTO DOS SENTIDOS DOS TEXTOS**

Dentre os muitos tópicos gramaticais da língua inglesa, alguns se fazem primordiais para a compreensão textual e a contextualização da comunicação no idioma. Os tempos verbais são as principais gramáticas a serem estudadas para uma melhor compreensão do idioma por completo. Ao realizar a interpretação de um texto, deve-se levar o tempo verbal em consideração para que se possa contextualizar o momento ao qual a fala se refere. Confira a seguir.

**Simple present**

O *simple present* ou o presente simples é marcado por dois verbos auxiliares específicos DO e DOES. A conjugação verbal no tempo presente da língua inglesa é simples e se divide entre grupos de sujeitos. No infinitivo, ou seja, quando terminados em “ar”, “er”, “ir” no português, o verbo leva “to” em inglês, veja a seguir.

- Comer – to eat
- Beber – to drink
- Andar – to walk

Todos os verbos no presente mantêm uma conjugação básica, muito mais simples que a do português para cada sujeito. Basta retirar o “to” do infinitivo para serem conjugados com os sujeitos *I, you, we, they* e *you* (plural). Veja:

- I eat – Eu como
- You eat – Você come/ Tu comes
- We eat – Nós comemos
- They eat – Eles comem
- You eat – Vocês comem/ Vós comeis

No caso dos pronomes na terceira pessoa (*he, she* e *it*), acrescenta-se ao verbo o *s* conjuga-los adequadamente no tempo presente; para saber quando usar casa partícula, é necessário atentar-se ao final de cada verbo. Veja:

- She speaks Spanish.
- My brother enjoys watching movies.
- Anne visits her family on weekends

A grande maioria dos verbos recebem a terminação em *s* no inglês, em especial os terminados em sons consonantais de *p, t, k* ou *f* ou sons vogais. Mas encontramos algumas exceções também em que devemos acrescentar *es* ou *ies* ao final do verbo, no caso de verbos terminados em *y*, em *ch*, em *sh*, em *x*, em *s* ou em *z*.

Em verbos a terminação consoante + *y*, acrescenta-se o “*ies*”. Confira alguns exemplos de verbos que se encaixam nesta regra.

- To study – She studies math. (Ela estuda matemática)
- To try – He tries to practice sports. (Ele tenta praticar esportes)

- To fry – John fries potatoes in oil. (John fritar batatas no óleo)
- To copy – Lucy copies the text. (Lucy copia o texto)
- To reply – He replies with a text. (Ele responde com uma mensagem)

Há, porém, uma exceção para a regra do “*y*”. Em verbos que seguem a ordem de consoante, vogal e consoante (cvc) em sua terminação, acrescenta-se apenas o “*s*”. Confira:

- To play – She plays the guitar. (Ela toca violão)
- To stay – It stays there (Fica lá)
- To enjoy – He enjoys playing the piano. (Ele gosta de tocar o violão)

Verbos terminados em *ch, sh, s, z* ou *x*, terminam “*es*”. Observe:

- To touch – He touches his nose. (Ele toca seu nariz)
- To press – Mary presses the button. (Maria aperta o botão)
- To buzz – The noise buzzes across the room. (O barulho zumba pela sala)
- To crash – The bus crashes against the wall (O ônibus bate contra o muro)
- To fix – The man fixes the sink. (O homem conserta a pia)

Observe que apenas no caso dos pronomes em terceira pessoa (*he, she, it*), o verbo se modificou. Nos demais sujeitos o verbo mantém sua forma original do infinitivo.

Há ainda o uso dos verbos auxiliares DO e DOES em frases negativas e interrogativas no presente simples do inglês. E, assim como a conjugação verbal, os auxiliares são divididos em dois grupos de acordo com os sujeitos:

- DO para *I, You, We, They* e *You* (plural).
- DOES para *He, She* e *It*.

Na negativa, o verbo auxiliar do ou does é somado ao not (não), podendo sofrer uma contração, comum da linguagem informal.

- Do not = don't
- Does not = doesn't

Sendo assim, no presente acrescentam-se estes auxiliares ao modo negativo para formular uma frase negativa. O verbo que o segue, porém, retorna ao seu estado primário (infinitivo sem “to”) em todos os casos quando as frases estão na forma negativa. Veja:

- You do not enjoy this song. / You don't enjoy this song (Você não gosta desta canção)
- She does not understand English / She doesn't understand English. (Ela não entende inglês)

Em frases interrogativas os verbos auxiliares do presente são postos no início da frase e o verbo retorna para seu estado infinitivo sem o “to”. Confira:

- Do you enjoy watching TV? (Você gosta de assistir TV?)

# CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS - BLOCO I

## TEORIA ELETROMAGNÉTICA

### Análise Vetorial e Eletrostática

A eletrostática é o alicerce da teoria eletromagnética, focando no estudo de campos elétricos produzidos por distribuições de carga que não variam com o tempo. Para o engenheiro eletricitista, este estudo transcende a física de partículas, sendo essencial para o projeto de isoladores, capacitores, cabos de alta tensão e para a compreensão de fenômenos como a rigidez dielétrica e o efeito corona.

### Ferramental Matemático: Operadores e Teoremas de Campo

A descrição dos campos elétricos exige o uso de operadores diferenciais vetoriais. O comportamento de um campo em um ponto do espaço é definido por sua divergência e seu rotacional:

**Operador Divergente ( $\nabla \cdot$ ):** Mede a densidade de fluxo que emana de um ponto. Pela Lei de Gauss na forma diferencial ( $\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_v$ ), entendemos que as fontes do campo elétrico são as cargas elétricas ( $\rho_v$ ).

**Operador Rotacional ( $\nabla \times$ ):** Na eletrostática, o campo elétrico é conservativo, o que implica que  $\nabla \times \mathbf{E} = \mathbf{0}$ . Fisicamente, isso significa que o trabalho realizado para mover uma carga em um caminho fechado é nulo.

**Teorema da Divergência:** Permite converter integrais de volume em integrais de superfície, facilitando o cálculo de fluxos totais através de superfícies fechadas (fronteiras de componentes).

### Lei de Gauss e o Vetor Densidade de Fluxo Elétrico

Enquanto a Lei de Coulomb é útil para cargas pontuais, a Lei de Gauss é a ferramenta de engenharia para lidar com simetrias (esférica, cilíndrica ou plana). Ela estabelece que o fluxo elétrico total através de uma superfície fechada (superfície gaussiana) é igual à carga líquida envolvida por essa superfície:

$$\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = Q_{int}$$

O vetor  $\mathbf{D}$  (densidade de fluxo elétrico ou deslocamento elétrico) é independente das propriedades do meio material, relacionando-se com o campo elétrico  $\mathbf{E}$  através da permissividade

do meio:  $\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}$ . Em meios anisotrópicos,  $\epsilon$  deixa de ser um escalar e torna-se um tensor, alterando a direção das linhas de fluxo em relação ao campo.

### Potencial Elétrico e as Equações de Poisson e Laplace

O potencial elétrico ( $V$ ) é uma grandeza escalar que simplifica a análise de sistemas complexos. O campo elétrico é o gradiente negativo do potencial  $\mathbf{E} = -\nabla V$ . Ao combinar esta relação com a Lei de Gauss, obtemos a **Equação de Poisson**:

$$\nabla^2 V = -\frac{\rho_v}{\epsilon}$$

Em regiões desprovidas de carga ( $\rho_v = 0$ ), como o espaço entre as placas de um capacitor ou o dielétrico de um isolador, a expressão simplifica-se para a **Equação de Laplace** ( $\nabla^2 V = 0$ ). Resolver estas equações diferenciais sob condições de contorno específicas é o método padrão para determinar a distribuição de tensões e o estresse elétrico em equipamentos de potência.

### Dielétricos e Condições de Contorno

Materiais isolantes (dielétricos) reagem ao campo elétrico através da polarização, onde dipolos atômicos se alinham ao campo, criando um campo interno oposto que reduz a intensidade total. A análise de interfaces entre diferentes meios (como a interface cobre-isolante ou óleo-papel) é regida pelas condições de contorno:

**Continuidade Tangencial:** O componente do campo elétrico paralelo à interface é o mesmo em ambos os materiais.

**Descontinuidade Normal:** A diferença entre os componentes normais do fluxo elétrico é igual à densidade de carga superficial na fronteira. Se não houver carga livre,

O domínio dessas transições é vital para evitar o rompimento da isolamento em pontos de alta concentração de campo elétrico, prevenindo falhas catastróficas em transformadores e barramentos.

### Magnetostática e Interação Magnética

Enquanto a eletrostática lida com cargas em repouso, a magnetostática foca nos campos gerados por cargas em movimento constante, ou seja, **correntes contínuas (DC)**. Este capítulo é o alicerce para entender como a energia elétrica se transforma em força mecânica e como os indutores e transformadores armazenam e transferem energia.

### A Lei de Ampère e a Circulação de Campo

A Lei de Ampère é a contraparte da Lei de Gauss para o magnetismo. Ela afirma que a intensidade do campo magnético ( $H$ ) circulando ao redor de um condutor é diretamente proporcional à corrente elétrica que o atravessa. Para o engenheiro, essa lei permite calcular o campo em geometrias práticas, como o interior de motores ou o redor de cabos coaxiais.

Diferente do campo elétrico, que “nasce” e “morre” em cargas, as linhas de campo magnético são sempre **laços fechados**. Isso decorre da inexistência de monopolos magnéticos (não existe um polo Norte sem um polo Sul isolado).

### Densidade de Fluxo ( $B$ ) e Permeabilidade

O campo magnético gerado pela corrente interage com a matéria de forma distinta. A **Densidade de Fluxo Magnético ( $B$ )** representa a resposta do meio ao campo  $H$ . Em materiais ferromagnéticos (como o aço silício dos núcleos de transformadores), o material “ajuda” a conduzir o fluxo, tornando o campo muito mais intenso.

Essa relação é definida pela permeabilidade magnética ( $\mu$ ). Quando as linhas de fluxo encontram um material com alta permeabilidade, elas tendem a se concentrar dentro dele, o que permite “guiar” o magnetismo para onde ele é necessário, como no entreferro de um motor para gerar torque.

### Circuitos Magnéticos: A Analogia de Ohm

Para simplificar o projeto de máquinas elétricas, utilizamos a analogia entre eletricidade e magnetismo. Em vez de resolvermos equações diferenciais complexas para cada ponto do espaço, tratamos o núcleo de ferro como um “condutor de fluxo”:

**Força Magnetomotriz ( $F$ ):** É o equivalente à tensão (Volts), gerada pelo número de espiras multiplicado pela corrente ( $N \cdot I$ ).

**Fluxo Magnético ( $\phi$ ):** É o equivalente à corrente elétrica (Amperes).

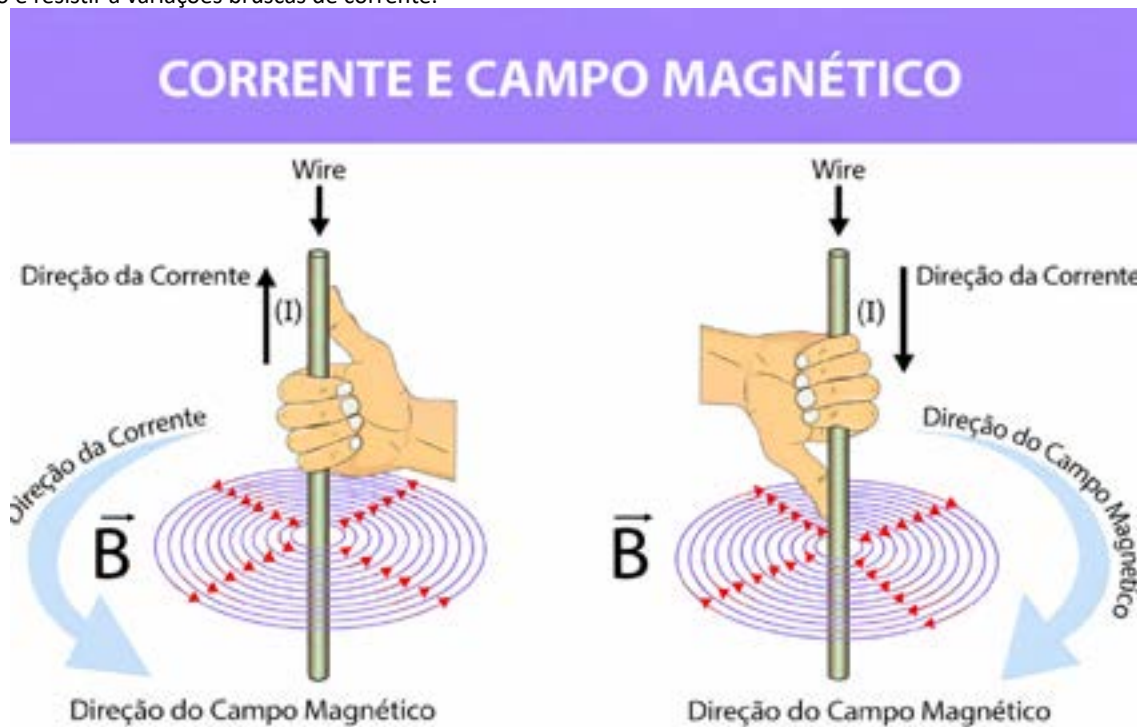
**Relutância ( $R$ ):** É a “resistência” que o material oferece à passagem do fluxo. Materiais como o ferro têm baixa relutância; o ar tem relutância altíssima.

Essa ferramenta é usada para calcular a indutância de enrolamentos e prever perdas por espraio de fluxo em transformadores.

### Força de Lorentz e Indutância

A interação fundamental da magnetostática é a força exercida sobre um condutor percorrido por corrente imerso em um campo magnético. Esta força é o que faz os motores girarem. Simultaneamente, o campo gerado pela própria corrente de um circuito pode “atrapalhar” ou “ajudar” a circulação dessa corrente, fenômeno conhecido como **Indutância**.

A indutância é, essencialmente, a medida da inércia elétrica de um componente: sua capacidade de armazenar energia no campo magnético e resistir a variações bruscas de corrente.



# CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS - BLOCO II

## GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

### ESTRUTURA GERAL DOS SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

Os sistemas elétricos de potência são responsáveis por produzir, transportar e entregar energia elétrica aos consumidores com segurança, confiabilidade e qualidade adequada. Estruturalmente, esses sistemas são organizados em três grandes blocos funcionais: geração, transmissão e distribuição.

De forma simplificada, o fluxo energético segue a sequência:

- Geração nas usinas
- Transmissão em alta tensão
- Distribuição em média e baixa tensão

Essa divisão não é apenas operacional, mas também técnica e econômica. Cada etapa possui características elétricas, níveis de tensão e modelos de análise próprios.

Organização hierárquica do sistema

Os sistemas de potência operam de forma interligada, formando redes complexas compostas por:

- Geradores síncronos
- Transformadores elevadores e abaixadores
- Linhas de transmissão
- Subestações
- Redes de distribuição
- Cargas industriais, comerciais e residenciais

O objetivo principal é garantir o equilíbrio entre geração e consumo em tempo real. Diferentemente de outros sistemas energéticos, a energia elétrica não é facilmente armazenada em grande escala (exceto em casos específicos, como usinas reversíveis e sistemas com baterias). Assim, o sistema deve manter equilíbrio instantâneo entre potência gerada e potência consumida.

#### ► Níveis de tensão e racionalidade técnica

A utilização de diferentes níveis de tensão é fundamental para a viabilidade técnica e econômica do sistema.

A potência elétrica trifásica pode ser expressa como:

$$P = \sqrt{3} V I \cos \varphi$$

Para transmitir grandes potências com menores perdas, eleva-se a tensão, reduzindo-se a corrente. Isso ocorre porque as perdas ôhmicas nas linhas são proporcionais a  $I^2 R$ . Assim, ao reduzir a corrente, reduz-se significativamente a dissipação de potência.

Essa estratégia explica a divisão típica:

- Geração em média tensão (tipicamente entre 6 kV e 25 kV)
- Transmissão em alta ou extra-alta tensão (138 kV, 230 kV, 500 kV ou superiores)
- Distribuição em média tensão (13,8 kV, 23 kV etc.)
- Atendimento final em baixa tensão (127/220 V ou 220/380 V)

#### ► Sistema interligado e confiabilidade

Os sistemas modernos operam de forma interligada, permitindo intercâmbio de energia entre regiões. Essa interligação aumenta:

- Confiabilidade
- Flexibilidade operacional
- Otimização do despacho de geração

Entretanto, também introduz complexidade dinâmica, exigindo estudos de estabilidade transitória, estabilidade de tensão e estabilidade de frequência.

A modelagem global do sistema utiliza representação por barras (nós) e ramos (linhas e transformadores), formando redes analisadas por métodos matriciais baseados em álgebra linear.

### GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: PRINCÍPIOS E TECNOLOGIAS

A geração de energia elétrica baseia-se na conversão de diferentes formas de energia primária em energia elétrica, principalmente por meio da indução eletromagnética.

#### ► Princípio eletromagnético

A base física da geração está na Lei de Faraday da indução:

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}$$

onde  $\Phi$  é o fluxo magnético. A variação temporal do fluxo através de uma espira induz uma força eletromotriz.

Nas usinas, essa variação é obtida por meio da rotação mecânica de um rotor em um campo magnético. O equipamento responsável por essa conversão é o gerador síncrono.

O sistema típico envolve:

- Turbina (fonte de energia mecânica)
- Eixo mecânico
- Gerador elétrico

A potência mecânica fornecida pela turbina é convertida em potência elétrica no estator do gerador.

#### ► Principais fontes de geração

A energia mecânica que aciona o gerador pode ter diversas origens.

##### **Geração hidrelétrica**

Utiliza a energia potencial da água armazenada em reservatórios. A potência hidráulica depende da vazão e da altura de queda. A água movimenta turbinas hidráulicas acopladas ao gerador.

Vantagens incluem alta eficiência e baixo custo operacional. Entretanto, dependem de disponibilidade hídrica e impacto ambiental significativo.

##### **Geração termelétrica**

Baseia-se na queima de combustíveis (gás natural, carvão, biomassa). O calor gerado produz vapor ou gases de combustão que movimentam turbinas.

Pode operar segundo ciclos como:

- Ciclo Rankine (vapor)
- Ciclo Brayton (gás)
- Ciclo combinado

##### **Geração eólica**

Converte energia cinética do vento em energia mecânica por meio de aerogeradores. A potência extraída depende da velocidade do vento e da área varrida pelas pás.

##### **Geração solar fotovoltaica**

Baseia-se no efeito fotovoltaico, no qual a radiação solar gera corrente elétrica em semicondutores. Diferentemente das demais, não utiliza máquina rotativa tradicional.

#### ► Controle e sincronização

Em sistemas interligados, os geradores devem operar sincronizados em frequência, tensão e fase. Antes da conexão à rede, é necessário que:

- A frequência do gerador coincida com a do sistema
- A tensão esteja no mesmo nível
- Haja coincidência de fase

A frequência do sistema elétrico está diretamente ligada à velocidade de rotação do gerador síncrono. Assim, variações de carga afetam a velocidade e exigem atuação dos sistemas de controle primário e secundário.

#### ► Aspectos de eficiência e despacho

O despacho de geração busca atender à demanda com menor custo possível, respeitando limites técnicos e ambientais.

A potência ativa controla o balanço energético do sistema, enquanto a potência reativa influencia os níveis de tensão.

Assim, a geração não envolve apenas produzir energia, mas manter estabilidade, qualidade e confiabilidade da rede.

### **SISTEMAS DE TRANSMISSÃO: ALTA TENSÃO E ESTABILIDADE**

A transmissão de energia elétrica tem como finalidade transportar grandes blocos de potência das usinas geradoras até os centros de carga, frequentemente separados por longas distâncias. A decisão de operar em alta ou extra-alta tensão é consequência direta da análise elétrica das perdas no sistema.

Sabendo que a potência trifásica é dada por  $P = \sqrt{3}VI \cos \varphi$ , para uma potência fixa, elevar a tensão implica reduzir a corrente. Como as perdas resistivas são proporcionais a  $I^2R$ , a redução da corrente diminui significativamente a dissipação térmica nas linhas. Essa é a base técnica da transmissão em níveis como 138 kV, 230 kV e 500 kV.

Do ponto de vista de modelagem, a linha de transmissão é representada por parâmetros distribuídos ao longo de seu comprimento. Ela não é apenas um elemento resistivo, mas apresenta comportamento eletromagnético completo, envolvendo:

- Resistência, associada às perdas por efeito Joule
- Indutância, associada ao campo magnético criado pela corrente
- Capacitância, associada ao campo elétrico entre condutores e solo

Para linhas curtas, utiliza-se modelo concentrado. Para linhas médias, adota-se o modelo  $\pi$ . Em linhas longas, o comportamento é descrito por equações diferenciais que relacionam variações espaciais de tensão e corrente, cuja solução conduz às constantes de propagação e à impedância característica da linha.

A operação do sistema exige estudos de fluxo de potência, cujo objetivo é determinar tensões nodais, ângulos de fase e distribuição de potência ativa e reativa. Trata-se de um problema não linear, resolvido por métodos iterativos baseados em álgebra matricial. A matriz de admitância nodal é o elemento central dessa formulação.

Além do regime permanente, a transmissão deve ser analisada sob o ponto de vista dinâmico. A estabilidade do sistema envolve a capacidade de manter sincronismo entre geradores após perturbações. Pode-se distinguir:

- Estabilidade de frequência, associada ao equilíbrio global entre geração e carga
- Estabilidade de tensão, relacionada ao balanço de potência reativa
- Estabilidade angular, ligada ao sincronismo eletromecânico dos geradores

A estabilidade angular é descrita por equações diferenciais não lineares que representam o movimento do rotor do gerador. Perturbações severas, como curtos-circuitos, podem provocar oscilações eletromecânicas que precisam ser amortecidas para evitar perda de sincronismo.

Portanto, a transmissão não é apenas transporte de energia, mas um sistema eletromecânico dinâmico que exige modelagem matemática avançada e análise de estabilidade.

# CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS - BLOCO III

## CÁLCULO DIFERENCIAL, INTEGRAL (UNIVARIÁVEL E MULTIVARIÁVEL) E VETORIAL

### LIMITES

A definição de limite é empregada para descrever o comportamento de uma função à medida que nos aproximamos de valores específicos. O conceito de limite de uma função desempenha um papel fundamental no cálculo diferencial e em outros ramos da análise matemática, pois é essencial para a definição de derivadas e para compreender a continuidade de funções.

Dizemos que uma função  $f(x)$  tem um limite  $A$  quando  $x \rightarrow a$  ( $\rightarrow$ : tende), isto é,

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = A$$

Se, à medida que  $x$  se aproxima de seu limite, de qualquer forma, sem alcançar o valor  $a$ , o módulo de  $f(x) - A$  torna-se e permanece menor que qualquer valor positivo predefinido, independentemente de quão pequeno seja.

#### Teoremas

1. A soma dos limites de duas ou mais funções da mesma variável é igual ao limite da sua soma.
2. O limite do produto de duas ou mais funções da mesma variável é igual ao produto dos seus limites.
3. O limite do quociente de duas ou mais funções da mesma variável é igual ao quociente dos seus limites, desde que o limite do divisor seja diferente de zero.
4. O limite da raiz positiva de uma função é igual à raiz positiva do limite da função, considerando que esta raiz seja real.

Devemos ter atenção em não supor que

$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$ , pois  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$  depende do comportamento de  $f(x)$  para os valores de  $x$  próximos, mas diferentes de  $a$ , enquanto  $f(a)$  é o valor da função em  $x = a$ .

**Determinando o limite de uma função:**

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow 4} \frac{x-4}{x^2-x-12} &= \lim_{x \rightarrow 4} \frac{x-4}{(x-4)(x+3)} = \lim_{x \rightarrow 4} \frac{1}{x+3} = \lim_{x \rightarrow 4} \frac{1}{7} \\ \lim_{x \rightarrow 3} \frac{x-3}{x^2-9} &= \lim_{x \rightarrow 3} \frac{x-3}{(x+3)(x-3)} = \lim_{x \rightarrow 3} \frac{1}{x+3} = \lim_{x \rightarrow 3} \frac{1}{6} \end{aligned}$$

**Propriedades dos Limites:**

1ª)

$$\lim_{x \rightarrow a} [f(x) \pm g(x)] = \lim_{x \rightarrow a} f(x) \pm \lim_{x \rightarrow a} g(x)$$

O limite da soma é a soma dos limites.

O limite da diferença é a diferença dos limites.

2ª)

$$\lim_{x \rightarrow a} [f(x) \cdot g(x)] = \lim_{x \rightarrow a} f(x) \cdot \lim_{x \rightarrow a} g(x)$$

O limite do produto é o produto dos limites.

3ª)

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{\lim_{x \rightarrow a} f(x)}{\lim_{x \rightarrow a} g(x)}$$

O limite do quociente é o quociente dos limites desde que o denominador não seja zero.

4ª)

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x)^n = \left( \lim_{x \rightarrow a} f(x) \right)^n, n \in \mathbb{N}^*$$

5ª)

$$\lim_{x \rightarrow a} \sqrt[n]{f(x)} = \sqrt[n]{\lim_{x \rightarrow a} f(x)}, n \in \mathbb{N}^* \text{ e } f(x) > 0. (\text{Se } f(x) \leq 0, n \text{ é ímpar.})$$

6ª)

$$\lim_{x \rightarrow a} (\ln f(x)) = \ln \left( \lim_{x \rightarrow a} f(x) \right) \text{ se } \lim_{x \rightarrow a} f(x) > 0$$

7ª)

$$\lim_{x \rightarrow a} \sin(f(x)) = \sin \left( \lim_{x \rightarrow a} f(x) \right)$$

8ª)

$$\lim_{x \rightarrow a} e^{f(x)} = e^{\lim_{x \rightarrow a} f(x)}$$

### Limites Laterais

– Se  $x$  se aproxima de  $a$  por valores maiores que  $a$  ou pela direita de  $a$ , denotamos:

$$\lim_{x \rightarrow a+} f(x) = b$$

Esse limite é denominado limite lateral à direita de  $a$ .

– Se  $x$  se aproxima de  $a$  por valores menores que  $a$  ou pela esquerda de  $a$ , denotamos:

$$\lim_{x \rightarrow a-} f(x) = c$$

Esse limite é designado como limite lateral à esquerda de  $a$ .

O limite de  $f(x)$  para  $x \rightarrow a$  existe se, e somente se, os limites laterais à direita e esquerda são iguais, ou seja:

Se  $\lim_{x \rightarrow a+} f(x) = \lim_{x \rightarrow a-} f(x) = b$ , então  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = b$ .



# GOSTOU DESSE MATERIAL?

**Então não pare por aqui:** a versão **COMPLETA** vai te deixar ainda mais perto da sua aprovação e da tão sonhada estabilidade. Aproveite o **DESCONTO EXCLUSIVO** que liberamos para Você!

**EU QUERO DESCONTO!**