



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

Distribuição de Energia Elétrica

Natureza das cargas

Prof. Lucas S Melo

Maio de 2021

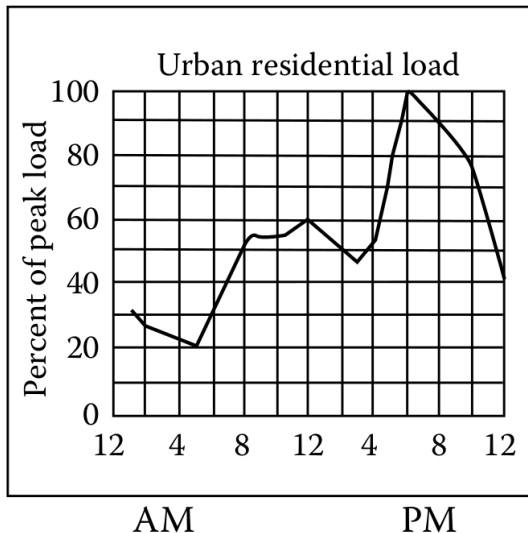
Introdução

Em geral, a **primeira parcela do sistema de distribuição a ser modelada são suas cargas.**

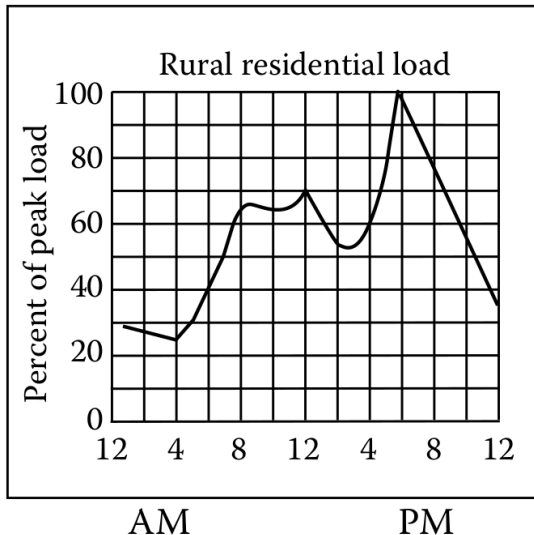
O grande problema aqui é que **a carga no SEP não é fixa** e está em **constante mudança.**

Quanto mais próximo se chega do nível de consumo da energia, mas se distancia uma definição para carga de **regime permanente**, ou seja, quando mais próxima a análise chega do consumidor maior o nível de **variação da carga.**

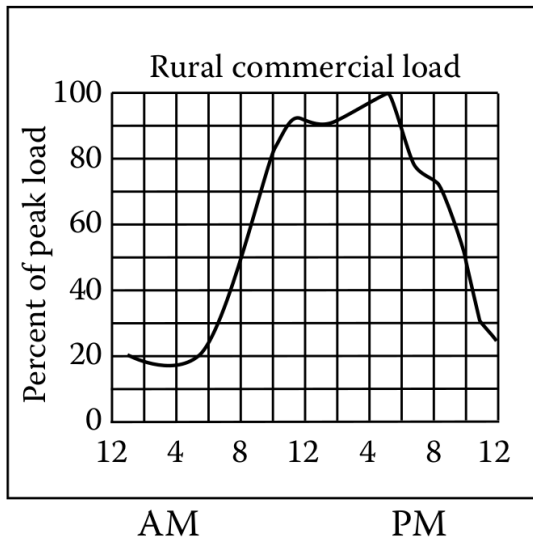
O que se tem é um **comportamento de consumo** que irá depender da **característica do consumidor.**



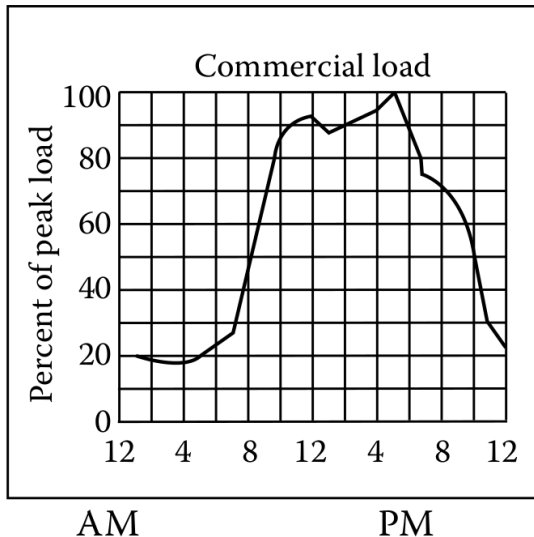
Perfis de Carga



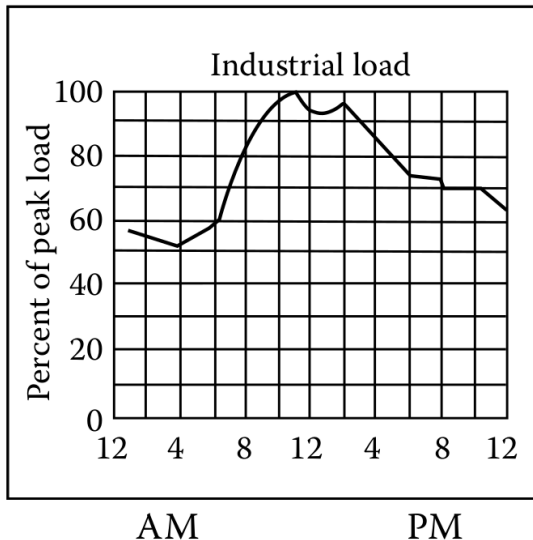
Perfis de Carga



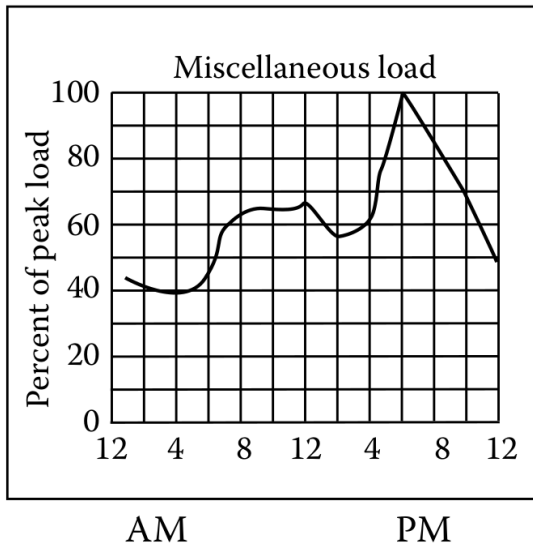
Perfis de Carga



Perfis de Carga

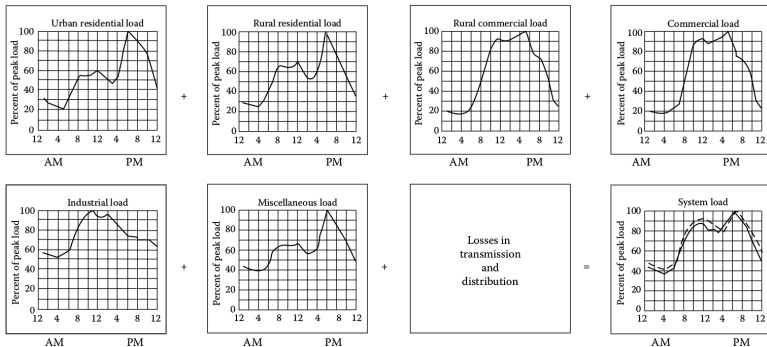


Perfis de Carga

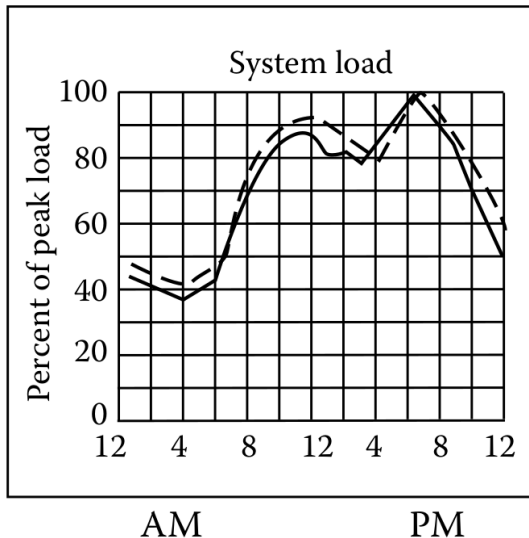


Losses in
transmission
and
distribution

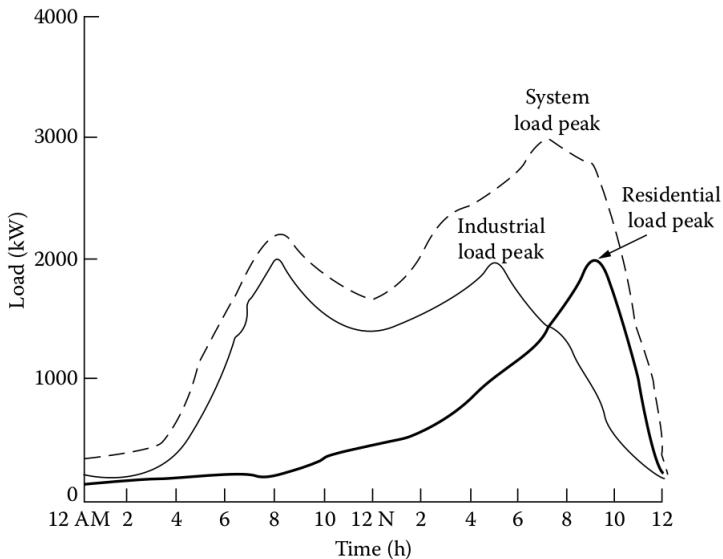
Perfis de Carga



Perfis de Carga



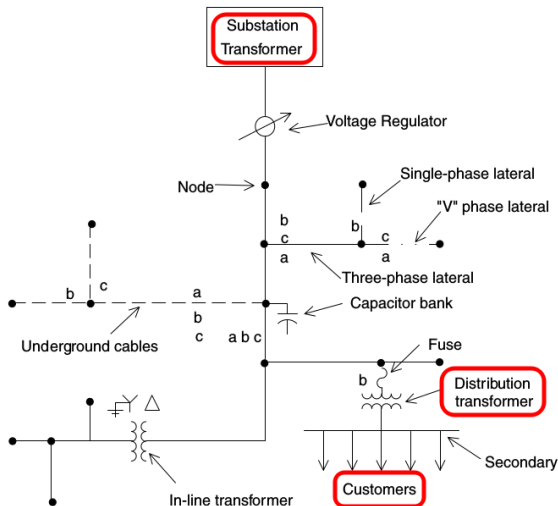
Perfis de Carga



É possível então, analisar as cargas de um sistema de distribuição sob três perspectivas, no sentido **carga->fonte**:

- Carga de um **consumidor individual**;
- Carga conectada a um **transformador de distribuição**;
- Carga consumida por um **alimentador de distribuição**.

Análise de cargas individuais



Análise de cargas individuais

Antes de começarmos é bom recordar alguns conceitos:

Energia Elétrica Ativa

Energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts-hora (kWh).

$$P = S \cdot \cos(\theta) \quad (1)$$

$$E[kWh] = P \cdot \Delta t \quad (2)$$

Energia Elétrica Reativa

Energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kvarh)

$$Q = S \cdot \text{sen}(\theta) \quad (3)$$

$$E[kVArh] = Q \cdot \Delta t \quad (4)$$

Análise de cargas individuais

Fator de Potência

Razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado.

$$fp = \cos(\theta) = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{P}{S} \quad (5)$$

$$fp = \cos(\theta) = \frac{E[kWh]}{\sqrt{E[kWh]^2 + Q[kVarh]^2}} = \frac{E[kWh]}{E[VAh]} \quad (6)$$

Análise de cargas individuais: Definições

Para analisarmos cargas de consumidores individualmente, as definições apresentados a seguir são importantes:

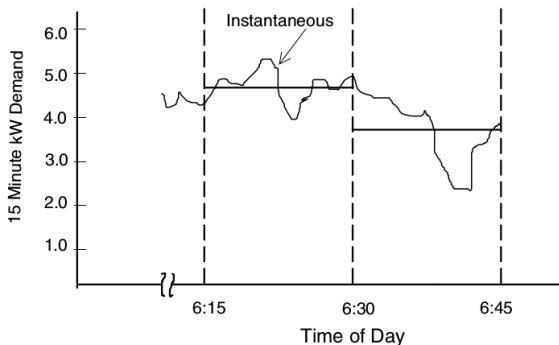
Demanda: É a carga nos terminais receptores, tomada em valor médio num determinado período de tempo. A carga pode ser representada por potências ativa, reativa e aparente, medida em períodos usuais de 10min ou 15min.

Demanda máxima: É a maior de todas as demandas que ocorreram num período específico de tempo.

Análise de cargas individuais

Carga instantânea, em kW, de um consumidor varia durante dois intervalos consecutivos de tempo de 15 minutos, em termos instantâneos e médios –

Efeito de um Processo de Integração.



Análise de cargas individuais: Definições

Definições encontradas nas normas da Enel.

Demanda

Média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em **quilowatts (kW)** e **quilovolt-ampère-reactivo (kVAr)**, respectivamente.

Análise de cargas individuais: Definições

Definições encontradas nas normas da Enel.

Demanda Contratada

Demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em **quilowatts (kW)**.

Análise de cargas individuais: Definições

Definições encontradas nas normas da Enel.

Carga Instalada

Soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em **quilowatts (kW)**.

Potência Instalada

Soma das potências nominais dos transformadores instalados na unidade consumidora e em condições de entrar em funcionamento, expressa em **quilovolt-ampère (kVA)**.

Análise de cargas individuais: Definições

Nota!

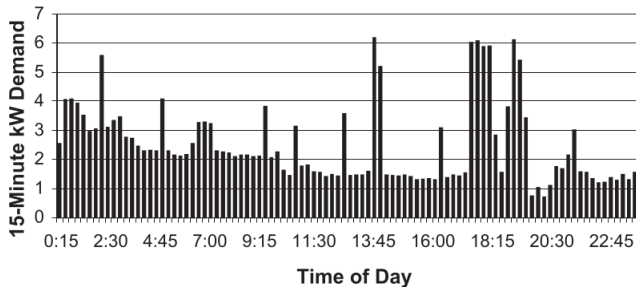
A unidade utilizada para descrever uma carga pode ser, em tese, qualquer uma.

Quando se utiliza a **unidade kW**, tem-se por intenção trabalhar, de modo complementar, com a **energia consumida** ou **fornecida**.

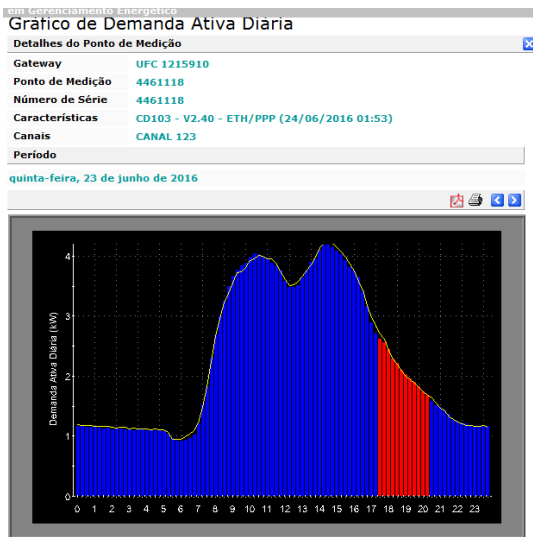
A **unidade kVA**, em geral, é associada aos conceitos de **perdas** ou ainda **potência nominal**.

As relações entre as unidades seguem os padrões das relações que regem as redes e sistemas elétricos

Análise de cargas individuais



Análise de cargas individuais



Análise de cargas individuais

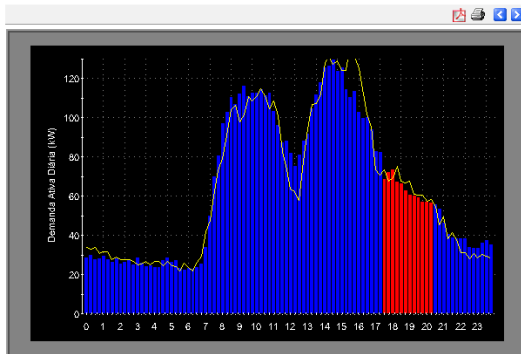
Gráfico de Demanda Ativa Diária

Detalhes do Ponto de Medição

Gateway	UFC 9001955
Ponto de Medição	5398709
Número de Série	5398709
Características	CD103 - V2.40 - ETH/PPP (12/07/2016 03:18)
Canaís	CANAL 123

Período

sexta-feira, 8 de julho de 2016



Análise de cargas individuais: Definições

Uma vez que a unidade utilizada para definir a característica de um consumidor mostrado é na forma de kW, é possível, calcular a energia em kWh consumida durante um determinado período de tempo.

$$E_t = \frac{\sum_{i=1}^N D_i[kW]}{60} \cdot \Delta t \quad (7)$$

Em que Δt é o intervalo de tempo em minutos e $D_i[kW]$ é a demanda em cada intervalo de tempo i . A energia é dada em kWh.

Exemplo, para curvas de carga diárias como as mostradas anteriormente, teríamos:

$$E_t = \frac{\sum_{i=1}^{96} D_i^{15min}[kW]}{4} \quad (8)$$

Análise de cargas individuais: Definições

Demanda Média: É a razão entre a energia consumida pelo intervalo de tempo considerado.

$$D_{med} = \frac{\text{energia [kWh]}}{\text{intervalo de tempo [h]}} \quad (9)$$

Exemplo: A energia consumida em **um dia (24h)** por um consumidor x foi de 58,96kWh, logo:

$$D_{med} = \frac{58,96}{24} = 2,46 \text{ kW} \quad (10)$$

Ou

$$D_{med} = \frac{\sum_{i=1}^N D_i [\text{kW}]}{60 \cdot 24} \cdot \Delta t = \frac{\sum_{i=1}^N D_i [\text{kW}]}{1440} \cdot \Delta t \quad (11)$$

Análise de cargas individuais: Definições

Fator de demanda: É a razão entre demanda máxima e carga instalada e dá uma indicação de quanto da instalação está sendo utilizada no momento em que a demanda máxima é atingida.

$$f_{dm} = \frac{D_{max}}{S_{instalada}} \quad (12)$$

Fator de Carga: É definido como a razão entre demanda média e demanda máxima. Ele dá uma indicação de quão bem o sistema é utilizado. O fator de carga ótimo seria 1,0.

$$f_c = \frac{D_{med}}{D_{max}} \quad (13)$$

Análise de cargas individuais: Definições

Fator de utilização: É a razão entre demanda máxima e potência nominal de um determinado equipamento, por exemplo um transformador. Dá uma indicação da taxa de utilização desse equipamento.

$$f_u = \frac{D_{max}}{S_{nominal}} \quad (14)$$

Analise de cargas individuais: Exercício computacional

Com o arquivo de dados fornecido, determine para cada uma das curvas:

- As curva de carga em formato barras;
- O consumo de energia diário e mensal;
- A demanda máxima diária;
- O instante da demanda máxima;
- A demanda média;
- O fator de carga;

Para o conjunto de cargas:

- A demanda máxima não coincidente;
- A demanda máxima diversificada e o seu horário;
- O fator de diversidade para o conjunto de curvas de carga.

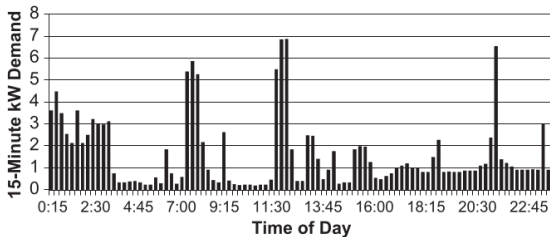
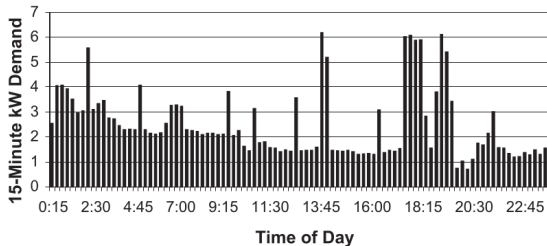
Analise de cargas em transformadores

Um transformador de distribuição irá atender, em geral, diversos consumidores. **Cada consumidor terá um padrão de consumo** e as demandas máximas ocorrerão, naturalmente em diferentes horários do dia.

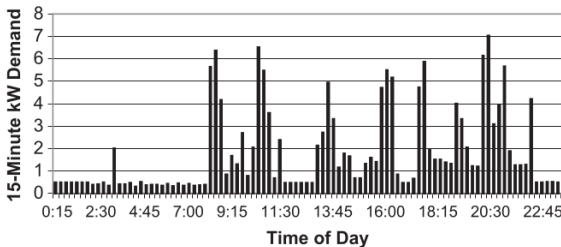
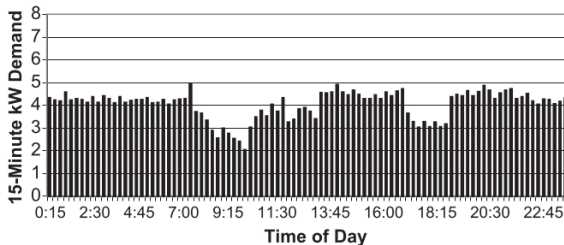
Dessa forma a demanda máxima de um conjunto de consumidores será usualmente menor que o somatório das demandas máximas individuais.

A esse aspecto do sistema elétrico chamamos de **diversidade de cargas**.

Analise de cargas em transformadores



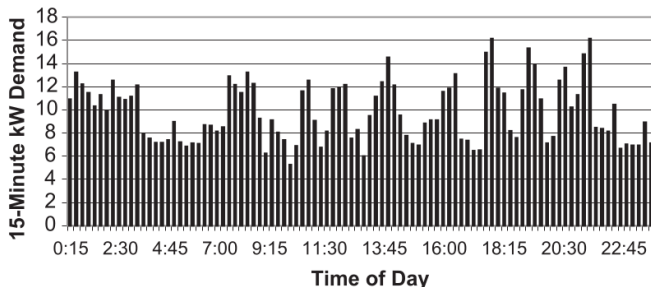
Análise de cargas em transformadores



Analise de cargas em transformadores

Demanda diversificada: É a soma, ponto a ponto, das curvas de demanda de cada uma das cargas conectadas em um mesmo ponto de distribuição.

$$D_{div}(t) = \sum_{i=1}^n D_i(t) \quad (15)$$

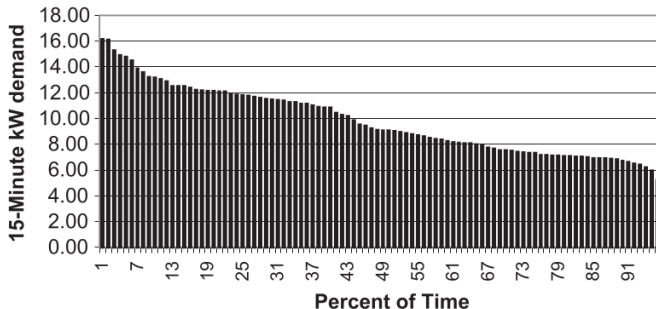


Analise de cargas em transformadores

Uma **curva de duração de carga** pode ser desenvolvida para o transformador de distribuição. Classificando em **ordem decrescente** a demanda do transformador compõe-se a curva de duração de carga.

Na Figura a curva de duração da carga representa a demanda em kW de 15 minutos versus a porcentagem de tempo em que o transformador opera em uma demanda específica ou acima dela.

Por exemplo, a curva de duração da carga mostra que o transformador opera com uma demanda de 15 minutos de 12 kW ou mais em 22% do tempo. *Esta curva pode ser usada para determinar se um transformador precisa ser substituído devido a uma condição de sobrecarga.*



Análise de cargas em transformadores

Demanda máxima diversificada: É o ponto máximo da curva de demanda diversificada;

$$D_{max-div} = \max \left\{ \sum_{i=1}^n D_i(t) \right\} \quad (16)$$

Demanda máxima não coincidente: É a soma das demandas máximas individuais de cada uma das cargas que cooperam para a curva de demanda diversificada.

$$D_{max-nao-coinc} = \sum_{i=1}^n \max \{D_i(t)\} \quad (17)$$

Análise de cargas em transformadores

Fator de Diversidade: É a razão entre demanda máxima não coincidente e demanda diversificada máxima.

$$fd = \frac{D_{max-nao-coincidente}}{D_{max-diversificada}} \quad (18)$$

A ideia em aplicar-se o fator de diversidade é simples:

“Sabendo o fator de diversidade e as demanda máximas individuais de um certo grupo de consumidores é possível obter-se a demanda máxima diversificada”.

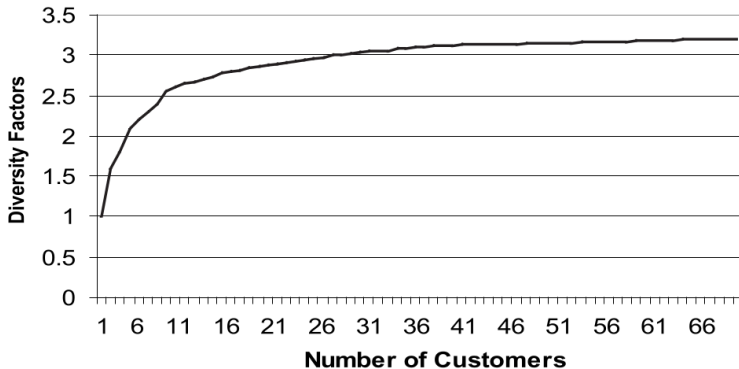
Analise de cargas em transformadores

A grande dificuldade aqui é que **esse valor varia de acordo com o número de consumidores, o tipo de carga e nível de tensão.**

Por exemplo:

N	DF	N	DF	N	DF	N	DF	N	DF	N	DF	N	DF
1	1.0	11	2.67	21	2.90	31	3.05	41	3.13	51	3.15	61	3.18
2	1.60	12	2.70	22	2.92	32	3.06	42	3.13	52	3.15	62	3.18
3	1.80	13	2.74	23	2.94	33	3.08	43	3.14	53	3.16	63	3.18
4	2.10	14	2.78	24	2.96	34	3.09	44	3.14	54	3.16	64	3.19
5	2.20	15	2.80	25	2.98	35	3.10	45	3.14	55	3.16	65	3.19
6	2.30	16	2.82	26	3.00	36	3.10	46	3.14	56	3.17	66	3.19
7	2.40	17	2.84	27	3.01	37	3.11	47	3.15	57	3.17	67	3.19
8	2.55	18	2.86	28	3.02	38	3.12	48	3.15	58	3.17	68	3.19
9	2.60	19	2.88	29	3.04	39	3.12	49	3.15	59	3.18	69	3.20
10	2.65	20	2.90	30	3.05	40	3.13	50	3.15	60	3.18	70	3.20

Analise de cargas em transformadores



Resumo das definições para estudo da natureza das cargas

1. Demand

- Load averaged over a specific period of time
- Load can be kW, kvar, kVA, or A
- Must include the time interval
- Example: the 15-minute kW demand is 100 kW

2. Maximum Demand

- Greatest of all demands that occur during a specific time
- Must include demand interval, period, and units
- Example: the 15-minute maximum kW demand for the week was 150 kW

Resumo das definições para estudo da natureza das cargas

3. Average Demand

- The average of the demands over a specified period (day, week, month, etc.)
- Must include demand interval, period, and units
- Example: the 15-minute average kW demand for the month was 350 kW

4. Diversified Demand

- Sum of demands imposed by a group of loads over a particular period
- Must include demand interval, period, and units
- Example: the 15-minute diversified kW demand in the period ending at 9:30 was 200 kW

Resumo das definições para estudo da natureza das cargas

5. Maximum Diversified Demand

- Maximum of the sum of the demands imposed by a group of loads over a particular period
- Must include demand interval, period, and units
- Example: the 15-minute maximum diversified kW demand for the week was 500 kW

6. Maximum Noncoincident Demand

- For a group of loads, the sum of the individual maximum demands without any restriction that they occur at the same time
- Must include demand interval, period, and units
- Example: the maximum noncoincident 15-minute kW demand for the week was 700 kW

Resumo das definições para estudo da natureza das cargas

7. Demand Factor

- Ratio of maximum demand to connected load

8. Utilization Factor

- Ratio of the maximum demand to rated capacity

9. Load Factor

- Ratio of the average demand of any individual customer or group of customers over a period to the maximum demand over the same period

10. Diversity Factor

- Ratio of the maximum noncoincident demand to the maximum diversified demand

11. Load Diversity

- Difference between maximum noncoincident demand and the maximum diversified demand

Alocação de cargas em transformadores

Métodos de alocação de carga em transformadores de distribuição:

- Aplicando fatores de diversidade;
- Realizando levantamento de carga.

Análise de cargas em transformadores

Aplicando fatores de diversidade: Essa opção pode ser utilizada quando já se dispõe de tabelas de fator de diversidade, e dos valores de demanda máxima individual.

Basta então calcular a **demanda máxima não coincidente**, com base nos valores de demanda máxima individual dos consumidores, e aplicar o correspondente fator de diversidade para encontrar a demanda máxima diversificada:

$$D_{max-diversificada} = \frac{D_{max-nao-coinc}}{fd} \quad (19)$$

A demanda máxima diversificada será o valor de carga alocada para esse transformador.

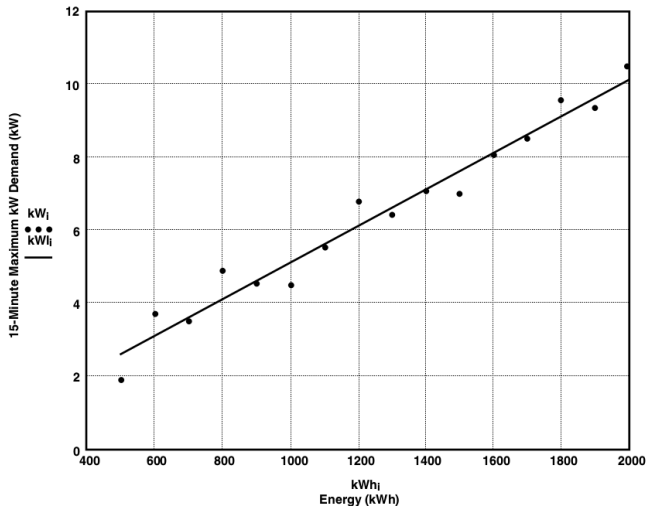
Analise de cargas em transformadores

Realizando levantamento de carga: Para este método é necessário instalar medidores em consumidores com características similares e registrar seus valores de consumo (kWh) e demanda máxima e então aplicar uma regressão linear nos dados.

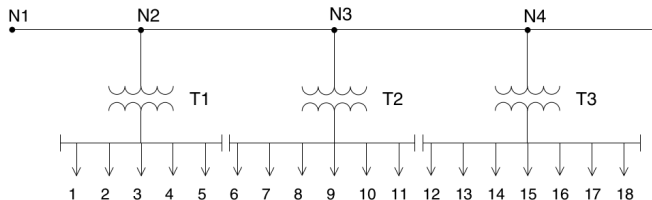
Em seguida, monta-se a tabela de fatores de diversidade do sistema em questão.

Com a equação obtida da regressão linear é possível encontrar os valores de demanda máxima para outros consumidores e utilizando a tabela de fatores de diversidade, encontra-se o valor de demanda máxima diversificada para cada transformador.

Análise de cargas em transformadores



Exemplo de aplicação



Depois de aplicar regressão linear nos dados de consumo vs. demanda máxima, obtém-se a equação:

$$D_{max} = 0,008 \cdot E_{cons} + 0,2 \quad (20)$$

Exemplo de aplicação

TRANSFORMER T1

Customer	#1	#2	#3	#4	#5
kWh	1523	1645	1984	1590	1456
kW	12.4	13.4	16.1	12.9	11.9

TRANSFORMER T2

Customer	#6	#7	#8	#9	#10	#11
kWh	1235	1587	1698	1745	2015	1765
kW	10.1	12.9	13.8	14.2	16.3	14.3

TRANSFORMER T3

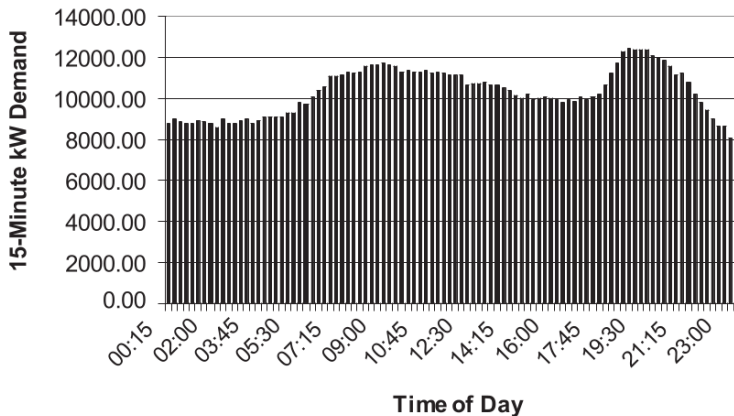
Customer	#12	#13	#14	#15	#16	#17	#18
kWh	2098	1856	2058	2265	2135	1985	2103
kW	17.0	15.1	16.7	18.3	17.3	16.1	17.0

Exemplo de aplicação

N	DF	N	DF	N	DF	N	DF	N	DF	N	DF	N	DF
1	1.0	11	2.67	21	2.90	31	3.05	41	3.13	51	3.15	61	3.18
2	1.60	12	2.70	22	2.92	32	3.06	42	3.13	52	3.15	62	3.18
3	1.80	13	2.74	23	2.94	33	3.08	43	3.14	53	3.16	63	3.18
4	2.10	14	2.78	24	2.96	34	3.09	44	3.14	54	3.16	64	3.19
5	2.20	15	2.80	25	2.98	35	3.10	45	3.14	55	3.16	65	3.19
6	2.30	16	2.82	26	3.00	36	3.10	46	3.14	56	3.17	66	3.19
7	2.40	17	2.84	27	3.01	37	3.11	47	3.15	57	3.17	67	3.19
8	2.55	18	2.86	28	3.02	38	3.12	48	3.15	58	3.17	68	3.19
9	2.60	19	2.88	29	3.04	39	3.12	49	3.15	59	3.18	69	3.20
10	2.65	20	2.90	30	3.05	40	3.13	50	3.15	60	3.18	70	3.20

Analise de cargas em alimentadores

A curva de demanda de um alimentador de distribuição tem um perfil bem mais suave que a curva de demanda de por exemplo um consumidor individual ou um transformador de distribuição:



Analise de cargas em alimentadores

A análise de alimentadores de distribuição irá depender da disponibilidade de dados pela concessionária de energia.

Para uma análise detalhada ser realizada, **todos os transformadores** de distribuição devem ser representados.

Quando isso ocorre, é necessário alocar carga em cada um dos transformadores.

Análise de cargas em alimentadores

Para os transformadores que atendem um consumidor individual (Grupo A), o valor alocado para a demanda do transformador é a **demanda contratada** por esse consumidor.

Mas e para os transformadores de distribuição que atendem dezenas de consumidores, **quais os valores de demanda devem ser utilizados?**

Analise de cargas em alimentadores

O método para realizar alocação de carga em alimentadores o método mais utilizado é a utilização de fatores de alocação de acordo com:

- *Demanda máxima do alimentador vs. Potência nominal do alimentador;*
- *Demanda máxima do alimentador vs. Consumo diário de energia;*
- *Demanda máxima do alimentador vs. Consumo mensal de energia.*

Em seguida será estudada a abordagem especificada pela Enel Distribuição Ceará na suas normas e procedimentos padrões.

Analise de cargas em alimentadores

Demanda Máxima medida no alimentador: Este método consiste em, dado uma medida de potência entregue pelo alimentador, dividir-se esta potência entre todos os transformadores de distribuição do alimentador, proporcionalmente a suas potências.

$$AF = \frac{D_{medida}}{S_{total-do-alim}} \quad (21)$$

Em que AF é o fator de alocação e a demanda de cada transformador pode ser determinada por:

$$D_{transf} = AF \cdot S_{transf} \quad (22)$$

Exemplo de aplicação

Se adotarmos que a demanda medida na saída do alimentador for $92,8 \text{ kW}$ e que a potência dos transformadores T_1 , T_2 e T_3 são respectivamente, 25 kVA , $37,5 \text{ kVA}$ e 50 kVA . Utilizando o método da máxima demanda medida, aloque cargas em cada um dos transformadores.

Qual metodologia a ser utilizada?

A aplicação de cada um dos métodos irá depender do tipo de análise a ser realizada.

Para estimativa de demanda máxima de um transformador de distribuição, os método de **fatores de diversidade / levantamento de carga** e de **gerenciamento de transformadores** são os mais indicados.

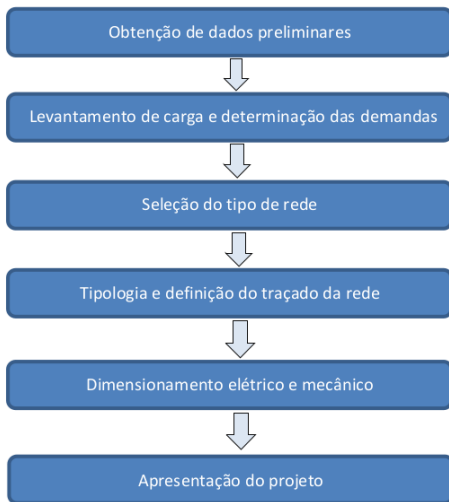
Esses métodos, porém, não são indicados quando se quer realizar a análise do alimentador completo, pois resultaria em uma demanda diversificada máxima bem acima da real.

Para o propósito de análise de alimentadores os métodos de **fatores de alocação** são os que apresentam os melhores resultados.

Metodologia descrita pela Enel-Ceará na ET-285

Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas de Média e Baixa Tensão

Metodologia descrita pela Enel-Ceará na ET-285



Rede de baixa tensão

- Processo por medição;
- Processo estimativo;
- Processo computacional;
- Demanda estimada por poste.

Rede de média tensão

- Processo por medição;
- Processo estimativo;

Medição em rede de baixa tensão

As medições devem ser efetuadas no horário considerado de carga máxima.

As medições nos transformadores devem ser efetuadas conforme as áreas predominantes a seguir:

- Residenciais;
- Comerciais;
- Heterogêneas;
- Sazonalidade;
- Homogêneas.

Medição em rede de baixa tensão - Áreas homogêneas

Medição em 40% dos transformadores da área de estudo. A demanda média por consumidor deve ser calculada conforme equação:

$$D_{media-cons} = \frac{\sum D_{medida-trafo}}{N_{cons}} [kVA] \quad (23)$$

Em que:

$D_{med-cons}$: demanda média por consumidor em kVA;

$\sum D_{medida-trafo}$: somatório das demandas dos transformadores medidos em kVA;

N_{cons} : número de consumidores ligados à rede de BT servidos pelos transformadores.

Medição em rede de baixa tensão - Áreas homogêneas

As medições devem ser efetuadas simultaneamente na saída dos transformadores.

O **valor máximo da demanda por transformador** deve ser determinado por.

$$D_{medida-trafo} = \frac{(I_a \cdot V_a + I_b \cdot V_b + I_c \cdot V_f)}{1.000} [kVA] \quad (24)$$

Em que:

I_a, I_b, I_c : Correntes medidas nas fases A, B e C;

V_a, V_b, V_c : Tensões medidas entre as fases a, b e c e neutro, em volts;

Medição em rede de baixa tensão - Medições em consumidores não residenciais e residenciais

- **consumidores não residenciais:** os consumidores não residenciais que apresentam demanda significativa, tais como oficinas, serrarias etc., devem ser medidos individualmente;
- **demaís consumidores não residenciais,** tais como pequenos bares, lojas etc., devem ser considerados como consumidores nível B de acordo com a Tabela 2.

Metodologia descrita pela Enel-Ceará na ET-285

Medição em rede de baixa tensão - Medições em consumidores não residenciais e residenciais

Número de Consumidores do Circuito	Classe de Consumidores							
	EDCE / EDGO				EDRJ			
	Nível "A"	Nível "B"	Nível "C"	Nível "D"	Nível "A"	Nível "B"	Nível "C"	Nível "D"
1 a 5	0,356	0,992	2,251	3,794	1,0	1,6	2,6	4,0
6 a 10	0,344	0,913	2,094	3,601	0,9	1,4	2,2	3,4
11 a 15	0,333	0,833	1,936	3,408	0,8	1,2	1,9	3,0
16 a 20	0,321	0,754	1,780	3,216	0,7	1,1	1,7	2,6
21 a 25	0,310	0,674	1,622	3,023	0,6	0,9	1,5	2,3
26 a 30	0,298	0,595	1,465	2,830	0,5	0,9	1,4	2,1
31 a 35	0,287	0,516	1,307	2,637	0,5	0,8	1,3	2,0
36 a 40	0,275	0,436	1,150	2,445				
41 ou mais	0,264	0,357	0,993	2,252	0,5	0,8	1,3	2,0
Nível "A" – Consumo médio entre 0-79 kWh								
Nível "B" – Consumo médio entre 80-220 kWh								
Nível "C" – Consumo médio entre 221-500 kWh								
Nível "D" – Consumo médio > 500kWh								

Tabela 2 - Demanda Diversificada em kVA

Medição em rede de baixa tensão - Medições em consumidores não residenciais e residenciais

- **Consumidores residenciais** devem ter suas demandas médias calculadas de acordo com a seguinte equação:

$$D_{cons-resid} = D_{max-trafo} - \frac{\sum D_{cons-n-res}}{F_{div}} [kVA] \quad (25)$$

Em que:

$D_{cons-resid}$: demanda dos consumidores considerados residenciais em kVA;

$D_{max-trafo}$: demanda máxima medida do transformador;

$\sum D_{cons-n-res}$: somatório das demandas máximas dos consumidores não residenciais em kVA;

F_{div} : fator de diversidade característico do grupo de consumidores de acordo com as Tabelas 3 e 4;

Medição em rede de baixa tensão - Medições em consumidores não residenciais e residenciais

Elementos dos sistemas entre os quais os fatores de diversidade são considerados	Fatores de Diversidade			
	Carga Residencial	Carga Comercial	Consumidores Generalizados	Grandes Consumidores
Entre consumidores individuais	2,00	1,46	1,45	-
Entre transformadores	1,30	1,30	1,35	1,05
Entre alimentadores	1,15	1,15	1,15	1,85
Entre subestações	1,10	1,10	1,10	1,10
Dos consumidores para os transformadores	2,00	1,46	1,44	-
Dos consumidores para o alimentador	2,60	1,90	1,95	1,15
Dos consumidores para a subestação	3,00	2,18	2,24	1,32
Dos consumidores para a estação geradora	3,29	2,40	2,46	1,45

Tabela 3 - Fatores de Diversidade para Consumidores Urbanos

Quantidade de Consumidores	Quantidade de Carga	Fator de Diversidade
1	1	100 %
1	Diversas	85 %
Diversos	Diversas	70 %

Tabela 4 - Fator de Diversidade para Consumidores Rurais

Medição em rede de baixa tensão - Medições em consumidores não residenciais e residenciais

A **demanda média de cada consumidor** considerado residencial deve ser calculada conforme equação:

$$D_{med-cons} = \frac{\sum D_{cons-resid}}{N_{cons-res}} \quad (26)$$

Em que:

$\sum D_{cons-resid}$: somatório das demandas dos consumidores considerados como residenciais, em kVA;

$N_{cons-res}$: Número de consumidores considerados residenciais.

Processo estimativo em rede de baixa tensão - Áreas com consumidores não residenciais e residenciais

a) Consumidores Residenciais: para a estimativa da demanda dos consumidores residenciais devem ser adotados os valores individuais de demanda diversificada em kVA, correlacionando o número e o nível de consumidores no circuito, de acordo com a Tabela 2.

Processo estimativo em rede de baixa tensão - Áreas com consumidores não residenciais e residenciais

b) Consumidores não Residenciais: para a estimativa da demanda dos consumidores não residenciais podem ser utilizados dois métodos, conforme disponibilidade de dados existentes.

– 1o Método: a estimativa dos valores da demanda para consumidores em função da carga total instalada, ramo de atividade e simultaneidade de utilização dessas cargas, deve ser determinado como se segue:

$$D_{cons-n-res} = \frac{C_{inst} \cdot F_{dem}}{F_p} [kVA] \quad (27)$$

$D_{cons-n-res}$: Demanda dos consumidores não residenciais;

C_{inst} : Carga instalada em [kW];

F_{dem} : Fator de demanda típico, conforme Anexo B;

F_p : Fator de potência considerado.

Processo estimativo em rede de baixa tensão - Áreas com consumidores não residenciais e residenciais

– 2o Método: A estimativa da demanda deve ser realizada com base no consumo extraído dos dados de faturamento. É prudente que se tome a média do consumo dos consumidores em um período de tempo de 3 (três) meses. O cálculo deve ser realizado conforme equação:

$$D_{cons-n-res} = \frac{Cons_{med}}{730 \cdot FC \cdot FP} [kVA] \quad (28)$$

$D_{cons-n-res}$: Demanda dos consumidores não residenciais;

$Cons_{med}$: Consumo médio do consumidor;

FC : Fator de carga típico, de acordo com Anexo B;

FP : Fator de potência considerado.

Rede de média tensão - Método estimativo

a) **tronco de alimentadores:** a estimativa da demanda máxima deve ter como base os resultados obtidos na demanda máxima dos ramais, segundo o que prescreve o processo estimativo para ramais de alimentadores, indicado abaixo na alínea “b”);

b) **ramais de alimentadores:** a estimativa da demanda máxima de ramais deve ser feita através da demanda máxima, obtida na saída da subestação e rateando esta demanda proporcionalmente à capacidade nominal dos transformadores, de acordo com as Equações:

$$FD = \frac{D_{ma}}{P_{trafo}} \quad (29)$$

FD : Fator de demanda médio do alimentador;

D_{ma} : Demanda máxima do alimentador;

P_{trafo} : Somatório das potências nominais dos transformadores, em kVA.

Rede de média tensão - Método estimativo

$$DT_d = FD \cdot P_{trafo} \quad (30)$$

DT_d : Demanda do transformador de distribuição para qualquer potência nominal, em kVA.

Rede de média tensão - Método estimativo

c) **consumidores ligados em MT:** a demanda deve ser obtida através da carga instalada do consumidor aplicando-se um fator de demanda típico, segundo sua atividade, expressa no Anexo B.

Exemplo 1: Atendimento em área rural ou urbana, nível C, a 15 unidades consumidoras já edificadas.

Resolução

De acordo com a Tabela 2, a demanda diversificada é de 1,936 kVA por consumidor.

$$D_{cons} = 15 \times 1,936 = 29,04kVA \quad (31)$$

Fator de crescimento de 1,276.

$$D_{total} = D_{cons} \times 1,276 + 3 \times \frac{(0,070 + 0,014)}{0,92} = 37,32kVA \quad (32)$$

Transformador escolhido de 45kVA.

Exemplo 2: Atendimento a loteamento, nível B, com 110 lotes sem unidade consumidora edificada.

Resolução

De acordo com a Tabela 2, a demanda diversificada é 0,357 kVA por consumidor.

$$D_{cons} = 110 \times 0,357 = 39,27kVA \quad (33)$$

Como as unidades ainda não estão edificadas não se deve utilizar o fator de crescimento.

$$D_{total} = D_{cons} + 32 \times \frac{(0,070 + 0,014)}{0,92} = 42,19kVA \quad (34)$$

Transformador a ser instalado deve ser de 45 kVA.