

## 2

### Patamar de Carga de Energia

#### 2.1

##### Definição

Uma série de carga de energia normalmente encontra-se em uma base temporal, ou seja, a cada unidade dessa base tem-se uma informação da série. Considerando uma base horária ou semi-horária, cada 24 ou 48 unidades de informação, em um dia, dão origem à curva de carga diária. Os patamares de carga de energia são agregações da carga de energia em intervalos horários, e estes são pré-estabelecidos com o objetivo de simplificar a quantidade de informações utilizadas nas análises e procedimentos de fenômenos que ocorrem na operação de sistemas elétricos. .

A tabela 2 apresenta os horários de ocorrência dos patamares de carga de energia leve, média e pesada ao longo de uma semana, nos períodos com e sem horário de verão. Esta tabela é utilizada no setor elétrico há muitos anos [16], e foi concebida com base em estudos realizados por técnicos do setor elétrico brasileiro.

Tabela 2 – Intervalos dos Patamares

Patamar de Carga	Sem Horário de Verão		Com Horário de Verão	
	2ª feira à Sábado	Domingo e Feriado	2ª feira à Sábado	Domingo e Feriado
LEVE	00:00 às 06:59	00:00 às 16:59 22:00 às 23:59	00:00 às 06:59	00:00 às 17:59 23:00 às 23:59
MEDIA	07:00 às 17:59 21:00 às 23:59	17:00 às 21:59	07:00 às 18:59 22:00 às 23:59	18:00 às 22:59
PESADA	18:00 às 20:59		19:00 às 21:59	

A curva de carga diária representa o comportamento da sociedade, em termos do consumo de energia. No Subsistema Sudeste/Centro Oeste, por exemplo, é possível observar questões bastante relevantes que possuem relação direta com os patamares, tais como:

- As cargas mais baixas do dia na madrugada, quando diminui a utilização de energia elétrica nas residências;

- O aumento da carga no início da manhã (por volta das 8 horas), quando a maioria das pessoas está saindo para o trabalho;
- Outro aumento da carga quando começa a entrar a iluminação pública, no início da noite;
- O pico de energia após a entrada da iluminação pública e utilização da energia nas residências;

Além disso, eventos culturais, esportivos e sociais também têm influência sobre as curvas de carga, como, por exemplo:

- O início, o intervalo e o fim de um jogo de futebol da seleção do Brasil em uma partida de copa do mundo;
- Um final de novela de grande audiência;
- O deslocamento da curva de carga no horário de ponta do sistema na entrada e saída do horário de verão.

Questões como essas são estudadas através das curvas de carga e também podem ser levadas em conta quando se estiver pensando na previsão dos patamares de carga. A figura 2 apresenta um exemplo de curva de carga e alguns detalhes que podem ser observados quanto aos patamares de carga na mesma.

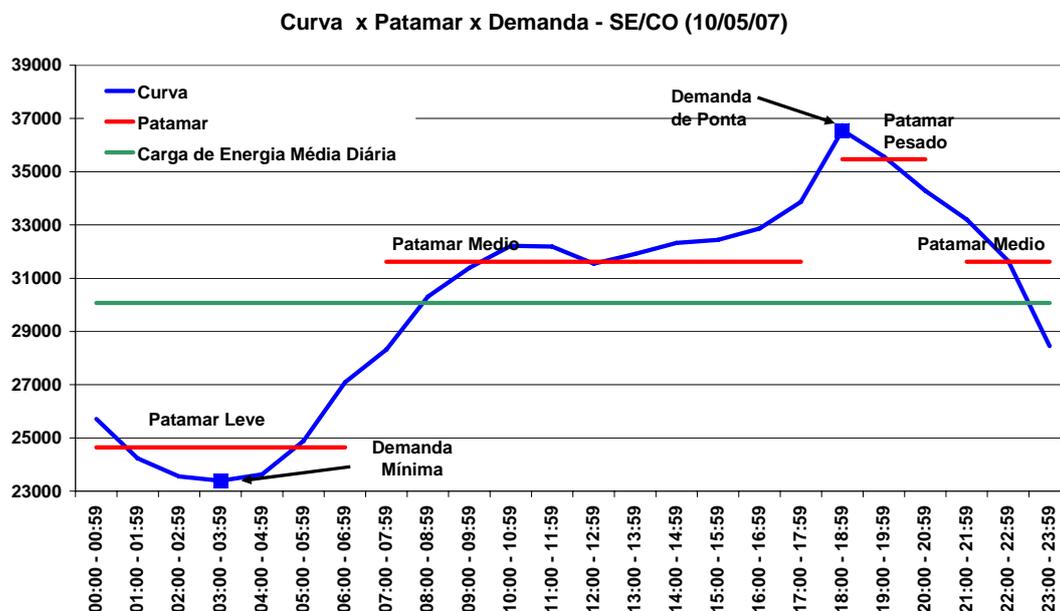


Figura 2 – Curva de Carga Diária e Tipos de Agregação da Carga

Pela tabela 2 e o exemplo apresentado na, nota-se claramente que os intervalos dos patamares foram definidos levando-se em conta os “níveis” da curva de carga durante o dia, ou seja, o patamar leve quando a carga é mais baixa, o patamar de media, quando a carga atinge “níveis” médios, e o patamar de pesada, quando os níveis são mais elevados.

Dispondo das informações de energia diária medidas o cálculo do patamar de carga diário é feito de forma bem simples:

1. Verificam-se todas as ocorrências de carga dentro dos intervalos de cada patamar;
2. Calcula-se a média aritmética dessas ocorrências para cada patamar de carga de energia.

Dessa forma, são obtidos os valores verificados diários dos patamares de carga de energia leve, média e pesada. Um exemplo gráfico dos valores dos patamares para um dia útil, com a curva de carga da figura 3, pode ser visto na figura 4.

Esta dissertação faz uso desses 3 valores verificados que irão compor as 3 séries de patamares de carga.

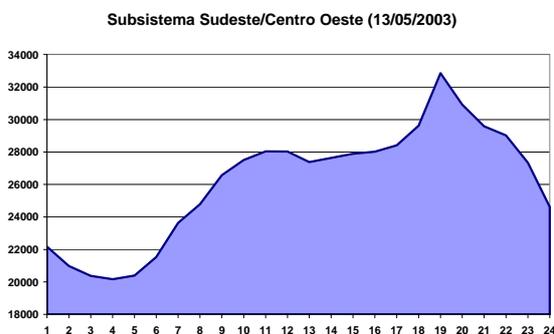


Figura 3 – Curva de Carga

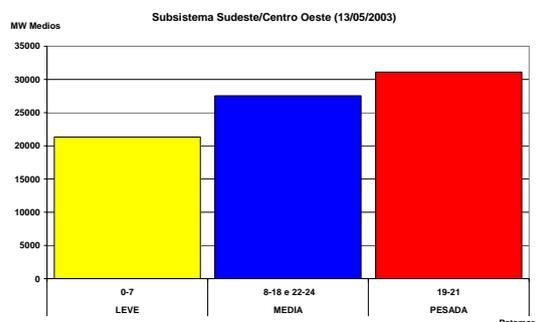


Figura 4 – Patamares de Carga

## 2.2

### Cálculo de Patamares

Os patamares de carga  $k(k=1, 2, \dots, K)$  estão relacionados a um intervalo temporal ( $I$ ) de um período (dia, semana ou mês) do ano e são calculados para um subconjunto de instantes de tempo ( $T$ ) desse intervalo.

Assim, o valor de um patamar de carga  $k$ , qualquer, é calculado através de uma função que tem como argumento os instantes de tempo\* pertencentes ao subconjunto do intervalo  $I$  para o patamar  $k$ . Essa função não é definida nos instantes de tempo que não pertençam a esse subconjunto, para o patamar em questão. Cada patamar  $k$  terá o seu próprio subconjunto no intervalo  $I$ .

Seja, por exemplo,  $I=[t_1, t_z]$ , o intervalo temporal de interesse e  $T_{k,I} = \{t_j, t_{j+1}, t_{j+2}, t_n, t_{n+1}, t_q, t_x\}$ , ( $t_1 < t_j, t_x \leq t_z$ ) o subconjunto de  $I$  onde o patamar  $k$  está definido. O valor do patamar  $k$  no intervalo  $I$ , denotado por  $P_k(I)$ , pode ser obtido por:

$$P_k(I) = f(t_j, t_{j+1}, t_{j+2}, t_n, t_{n+1}, t_q, t_x),$$

onde  $f(t)$  é a função que realiza o cálculo desejado.

O intervalo temporal utilizado neste trabalho é o diário, representado por  $D_{d,a}$ , onde  $d=1,2,\dots,366$  é o dia referente ao ano “a”. Para outros intervalos temporais consulte a referência [3].

A função  $f(t)$  é a média aritmética dos valores de carga verificada nos instantes de tempo do subconjunto  $T_{k,D_{d,a}}$ , e o valor de  $P_k(D_{d,a})$  é dado por:

$$P_k(D_{d,a}) = \frac{\sum_{t \in T_{k,D_{d,a}}} c(d,t)}{|T_{k,D_{d,a}}|}$$

onde:

a – ano de interesse

---

\* Geralmente, o instante de tempo,  $t$ , está relacionado com um valor médio de carga de um período de tempo em uma curva de carga de energia diária verificada. Por exemplo, para um período de meia hora, tem-se:  $t=1 \Rightarrow$  carga média entre 0h e 0,5h;  $t=2 \Rightarrow$  carga média entre 0,5h e 1h e assim por diante.

$d$  – dia considerado do ano  $a$

$D_{d,a}$  – intervalo do dia  $d$

$k=1,2,\dots,K$  – patamar considerado

$T_k, D_{d,a}$  – subconjunto dos instantes de tempo de  $D_{d,a}$  para o patamar  $k$

$t$  – instante de tempo pertencente a  $T_k, D_{d,a}$

$c(d,t)$  – carga verificada no instante  $t$  do dia  $d$

$P_k(D_{d,a})$  – patamar de carga  $k$  para  $D_{d,a}$

$|T|$  - tamanho do conjunto  $T$ , definido como o número de elementos do conjunto.

Segue um exemplo para o cálculo dos patamares de carga, considerando a curva de carga para um dia  $d=95$  de um ano  $a$  qualquer, e que este dia é uma sexta-feira fora do horário de verão, e que o número de patamares  $K=3$  (leve=1, média=2 e pesada=3). Daí, utilizando a tabela 2, os patamares para esse dia seriam obtidos de:

$$P_1(D_{95,a}) = \frac{\sum_{t \in T_{1,D_{95,a}}} c(95,t)}{|T_{1,D_{95,a}}|} = \frac{c(95,1) + c(95,2) + \dots + c(95,7)}{7};$$

$$P_2(D_{95,a}) = \frac{\sum_{t \in T_{2,D_{95,a}}} c(95,t)}{|T_{2,D_{95,a}}|} = \frac{c(95,8) + c(95,9) + \dots + c(95,18) + c(95,22) + \dots + c(95,24)}{14};$$

$$P_3(D_{95,a}) = \frac{\sum_{t \in T_{3,D_{95,a}}} c(95,t)}{|T_{3,D_{95,a}}|} = \frac{c(95,19) + c(95,20) + c(95,21)}{3};$$

## 2.3

### Séries

A análise realizada neste trabalho é feita considerando séries temporais [seção 0] de patamares de carga diária, e conforme explicado anteriormente serão 3 (três) as séries de carga: a leve, a média e a pesada.

O estudo de caso de que trata este trabalho está baseado na série temporal de patamares de carga do Subsistema Sudeste/Centro-Oeste brasileiro. Os dados históricos

(01/01/2003 a 24/01/2008) utilizados foram cedidos pelo ONS, na base horária, e estes foram agregados em patamares de carga usando o algoritmo indicado na seção 0.

A figura 5 apresenta uma amostra das séries dos patamares de carga leve, média e pesada.

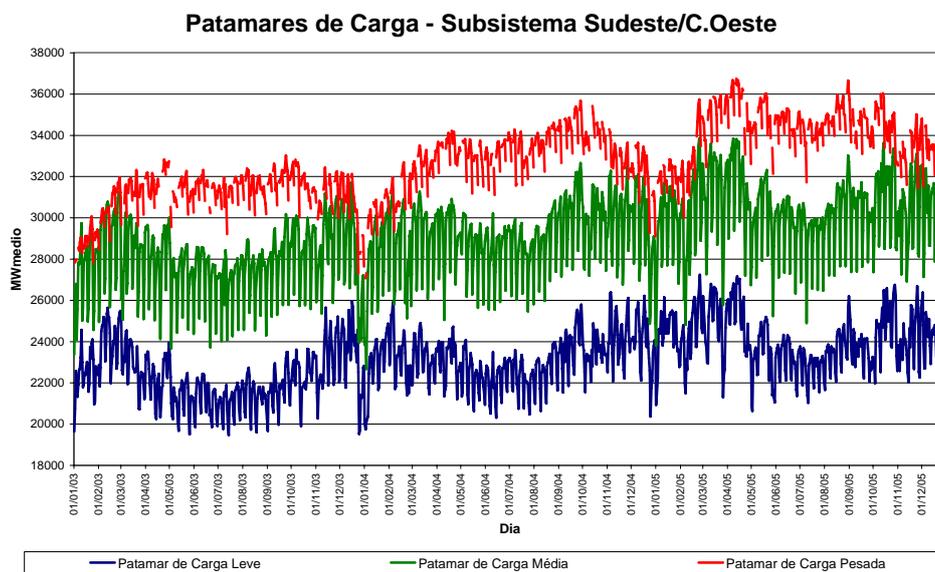


Figura 5 – Patamares de Carga Leve, Média e Pesada (01/01/2003 até 31/12/2005)

Em relação às três séries apresentadas na figura 5 é possível realizar algumas análises somente observando a mesma e verificando algumas características, tais como:

- O comportamento semelhante entre os patamares;
- O crescimento anual das três séries, bem como suas sazonalidades;
- No patamar de carga pesada, as falhas, que indicam as ocorrências de feriados e domingos, onde este patamar não é definido;
- A redução de nível nos patamares de carga leve e média nos feriados e domingos;
- Os diferentes níveis dos patamares de carga.

Uma constatação importante que os dados nos mostram é que o dia da semana e a ocorrência de feriados são de grande importância na avaliação de um modelo de previsão para as séries dos patamares de carga.

Além da série de carga horária, também a série de temperatura horária foi fornecida para o mesmo horizonte da série de carga. Como este trabalho analisa o comportamento das séries de patamares de carga, para verificar o comportamento das

mesmas em relação às variações de temperatura, foi necessário selecionar alguns valores representativos dessa variável para se tentar estabelecer alguma relação com as informações de patamares diários. O que foi feito neste sentido, foi estabelecer para cada informação de patamar de carga diário quais eram as temperaturas máxima, mínima e média diária correspondente.

A figura 6 apresenta o gráfico das temperaturas mínima, média e máxima diária (entre 01/01/2003 e 31/12/2005) associadas às séries de patamares de carga.

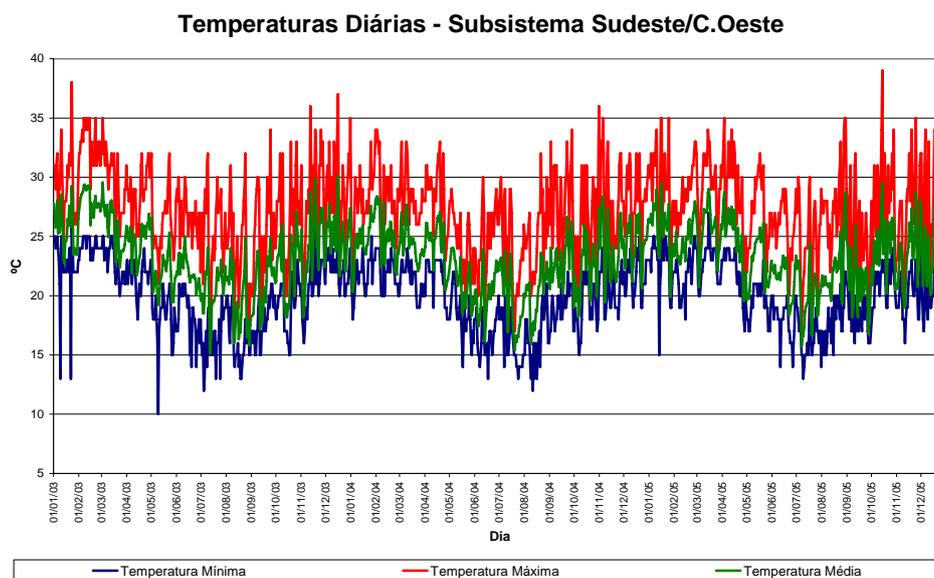


Figura 6 – Temperaturas Mínima, Máxima e Média (01/01/2003 até 31/12/2005)

Da mesma forma que no caso dos patamares de carga, é possível realizar algumas análises somente observando o gráfico das temperaturas verificadas neste intervalo de tempo, tais como:

- O comportamento semelhante entre as temperaturas;
- Não há crescimento anual das três séries, mas há um comportamento sazonal no ano;
- Os níveis mais baixos das temperaturas no meio do ano, bem como as temperaturas mais elevadas no final e no início dos anos. Essas temperaturas mais elevadas, praticamente, combinam com o período de ocorrência do horário de verão brasileiro;

Outra informação referente à carga que é utilizada nesse trabalho é a carga global diária, definida por:

$$c_T(d) = \frac{\sum_{t \in D_{d,a}} c(d,t)}{|D_{d,a}|}$$

Essas informações formam o conjunto de dados a ser utilizado no procedimento de previsão desenvolvido nesse trabalho e descrito no capítulo 0.