

DIMENSIONAMENTO NORMAS IEEE 485 (2010) E NBR 15254 (2005)

PATRICIO RODOLFO IMPINNISI
rodolfo@lactec.org.br



institutos **lactec**
BORN INNOVATIVE

ÍNDICE

- 1. CLASSIFICAÇÃO DAS CARGAS**
- 2. DIAGRAMA DE DESCARGA**
- 3. DESCARGAS A POTÊNCIA CONSTANTE**
- 4. DIMENSIONAMENTO**
- 5. EXEMPLO DE CÁLCULO**

CLASSIFICAÇÃO DAS CARGAS

As **cargas momentâneas** são consideradas como **cargas de 1 minuto**. Se **há varias**, devem ser **somadas** caso não se possa estabelecer a sequencia. Caso se estabeleça a sequencia deve ser tomado o **maior valor** dentro do minuto e atribuído a todo o minuto.

As cargas podem ser a **potência constante**, ~~resistência constante~~ ou **corrente constante**.

Carga aleatória: é adicionada no ponto mais crítico do **diagrama de carga** (perfil das correntes e sua duração).

Contínuas

- Iluminação
- Inversores
- Motores de operação contínua
- Sistemas de comunicação
- Etc.

Não contínuas (maiores a 1 minuto)

- Sistemas de emergência (motores de bombas)
- Motores para ventilação de emergência
- Sistemas de proteção contra incêndios
- Motores de válvulas
- Etc.

Não contínuas (inferiores a 1 minuto) “momentâneas”

- Operação de chaveamento
- Partida de motores
- Etc.

Aleatórias

DIAGRAMA DE DESCARGA

Exemplo:

L1: 40 A por 3 h – descarga contínua;

L2: 280 A por 1 minuto – descarga momentânea, correspondente a 5 s de corrente de partida anterior à descarga L3;

L3: 60 A a partir do 1º minuto até o 120º minuto - descarga não contínua;

L4: 100 A a partir do 30º minuto até o 120º minuto - descarga não contínua;

L5: 80 A a partir do 30º minuto até o 60º minuto - descarga não contínua;

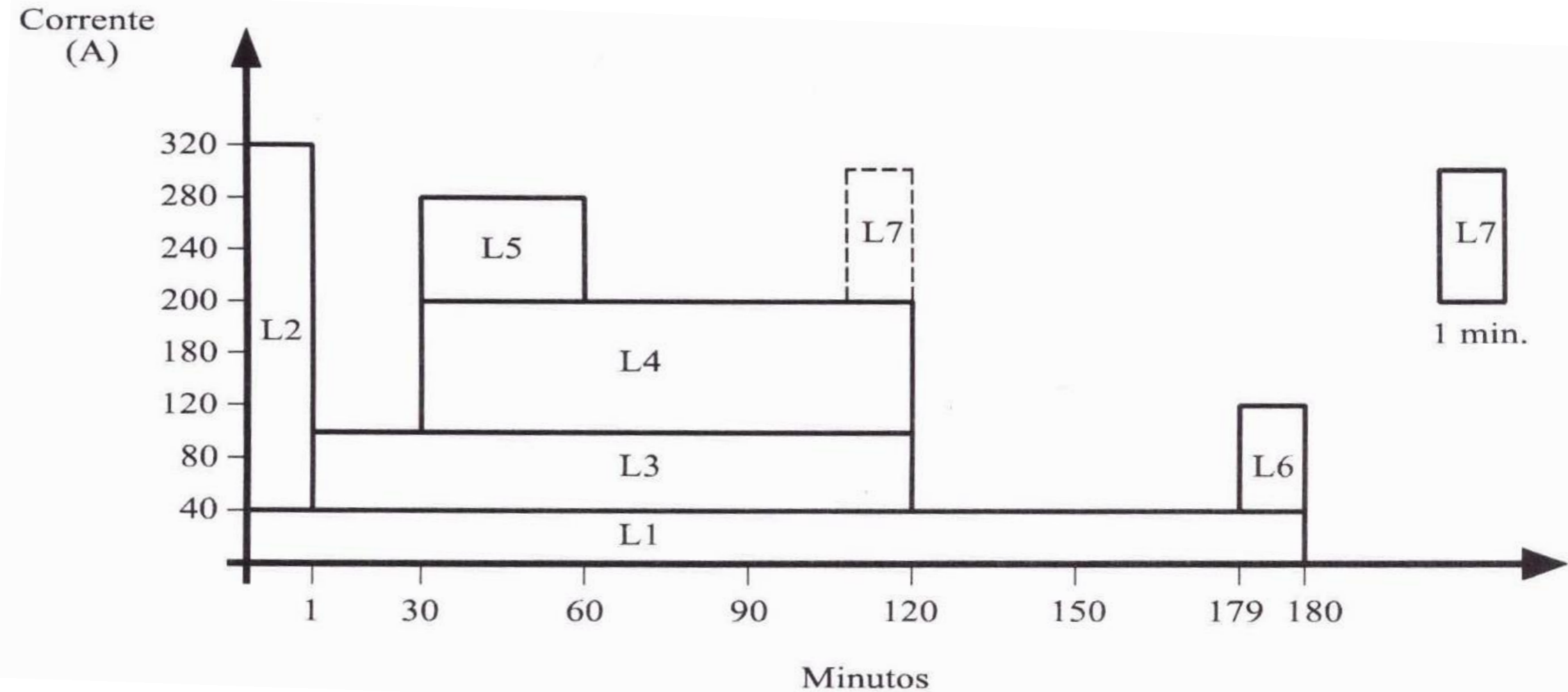
L6: 80 A no último minuto - descarga momentânea, correspondendo a uma sequência conhecida conforme segue:

40 A nos primeiros 5 s;

80 A nos próximos 10 s;

30 A nos próximos 20 s;

L7: 100 A por 1 min - descarga aleatória, consistindo em quatro descargas momentâneas de 25 A que podem ocorrer a qualquer tempo durante o perfil de descarga. Portanto, é assumido que elas todas ocorram simultaneamente.



O diagrama acima foi feito para o caso de corrente constante.

E se as informações forem para potencia constante? Como traduzir em corrente constante?

POTÊNCIA CONSTANTE

a) Exemplo para intensidade moderada de descarga: Uma bateria de 24 elementos opera numa tensão nominal de 48 V com uma tensão mínima de descarga de 42 V e queda de tensão de 2 V entre a bateria e o consumidor. Um consumo à potência constante de 5.000 W descarrega a bateria a uma intensidade de corrente máxima de aproximadamente 116 A conforme o seguinte cálculo:

$$I_{média} = \frac{P}{V_{média}}$$

$$a) I_{média} = \frac{5000}{\frac{48 + 42}{2} - 2} = 116 A$$

b) Exemplo para elevadas intensidades de descarga: Uma bateria de 180 elementos opera numa tensão nominal de 360 V com uma tensão mínima de descarga de 297 V e queda de tensão de 3 V entre a bateria e o consumidor. Um consumo à potência constante de 240.000 W descarrega a bateria a uma intensidade de corrente inferior a 816 A conforme o seguinte cálculo:

$$I_{máxima} = \frac{P}{V_{mínima}}$$

$$b) I_{máxima} = \frac{240.000}{297-3} = 816 A$$

Conhecendo o valor da corrente determinado em a) e b), deve-se determinar a capacidade nominal da bateria em Ah utilizando a curva do **fator K** ou tabelas de descarga fornecidas pelo fabricante.

Vamos ver agora uma lista de fatores que devem ser considerados ao escolher uma tecnologia de baterias (e dentro desta tecnologia um fabricante específico)...

FATORES PARA ESCOLHA DA BATERIA



- a) características físicas: dimensão, peso, material do vaso, interligações e disposição dos terminais;
- b) vida planejada da instalação;
- c) vida útil projetada da bateria;
- d) frequência e profundidade de descargas;
- e) temperatura ambiente prevista para operação e condições ambientais da instalação;
- f) facilidades de manutenção das baterias (reguladas por válvula e/ou ventiladas);
- g) espaço disponível para instalação;
- h) resistência do piso em função do peso da bateria;
- i) compatibilidade com o retificador quanto à limitação de corrente e tensões de flutuação e carga;
- j) características de recarga;
- k) requisitos de manutenção;
- l) requisitos de montagem observando-se as recomendações do fabricante;
- m) requisitos de ventilação;
- n) características sísmicas.

DIMENSIONAMENTO

Tensão máxima como limitante

Neste caso o número de elementos deve ser limitado pela tensão necessária para efetuar a carga sem exceder a tensão máxima permitida do sistema.

$$N = \frac{V_{m\acute{a}x}}{V_{carga}}$$

em que:

N - Número de elementos da bateria

V_{max} - Tensão máxima permitida pelo sistema

V_{carga} - Tensão de carga por elemento da bateria

Exemplo:

Para um sistema de 125 V que opera com tensão máxima de 137,5 V e com tensão de carga de 2,33 V por elemento, o número de elementos (em série) que a bateria deveria ter é:

$$N = \frac{137,5}{2,33} = 59,01$$

DIMENSIONAMENTO

Tensão mínima como limitante

Para uma bateria com tensão mínima de descarga determinada pela tensão mínima admissível do sistema, o número de elementos deve ser adequado á tensão final da descarga conforme a equação:

em que:

$$N = \frac{V_{mín}}{V_{final}}$$

N - Número de elementos da bateria

$V_{mín}$ - Tensão mínima permitida pelo sistema

V_{final} - Tensão final de descarga por elemento da bateria

Exemplo:

Para um sistema de 125 V que opera com tensão mínima admissível de 106,25 V, considerando a tensão final de descarga por elemento (da bateria) de 1,75 V, o número de elementos (em série) que a bateria deveria ter é:

$$N = \frac{106,25}{1,75} = 60,71$$

Optando-se por 60 elementos, a tensão final de descarga deve ser 1,77 V por elemento. Optando-se por 61 elementos a tensão final de descarga deve ser 1,74 V por elemento. **Ao arredondar** o número de elementos **os cálculos devem ser corrigidos** (tensões de flutuação, carga e final de descarga).

DIMENSIONAMENTO

Efeito da temperatura

A capacidade (assim com a vida cíclica e outras características de operação da bateria) é afetada pela temperatura. No caso da capacidade, ela deve ser corrigida por um fator F_t segundo:

$$F_t = \frac{1}{1 + \lambda(T - 25)}$$

em que:

F_t - fator de correção pela temperatura T

λ - coeficiente empírico com valor 0,006 para descargas por tempos superiores a 1 h e valor 0,01 para descargas por tempos iguais ou inferiores a 1 h.

T - temperatura de operação da bateria em graus Celsius

DIMENSIONAMENTO



Efeito do envelhecimento (degradação)

Caso seja necessário que a bateria atenda plenamente o perfil de carga até o fim da sua vida útil (considerando o fator de 80% como o fim da vida útil), deve ser utilizado um fator de correção por envelhecimento de 25%.

Fator de segurança

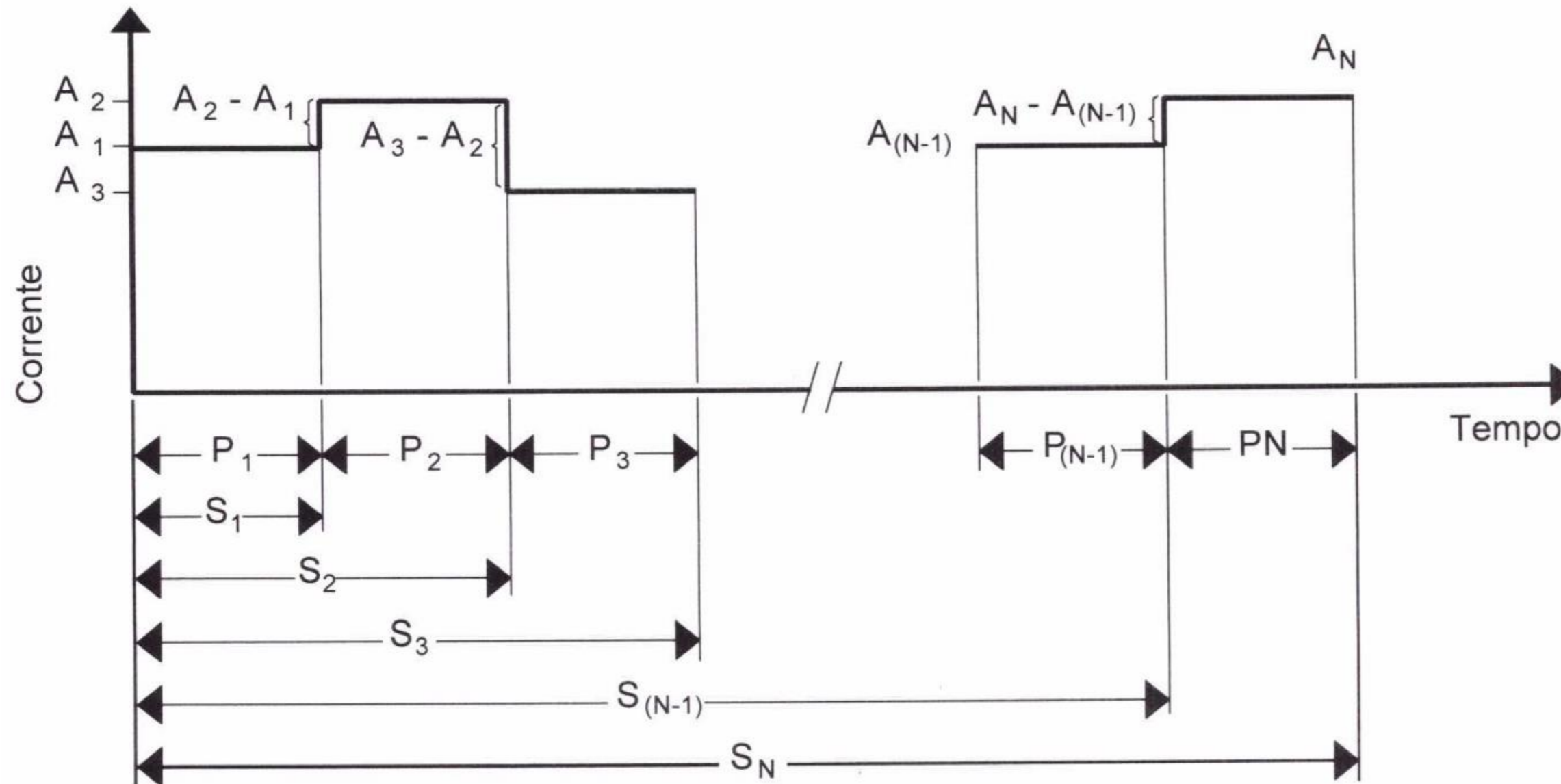
É prudente inserir uma margem para atender imprevistos ou imponderáveis da ordem de 10-15% (normas internacionais).

Vamos ver agora como dimensionar o elemento...

DIMENSIONAMENTO

Metodologia

A partir do perfil de descarga se determinam as correntes nas diferentes seções



A primeira seção (S_1) corresponde ao primeiro período com corrente 320 A (P_1) do perfil de carga utilizado.

Conhecendo a corrente desse período se aplica o fator K (neste caso K_1) para essa corrente e assim se calcula a capacidade para esse período:

$$C_1 = A_1 \times K_1$$

Para a segunda seção, a capacidade é calculada assumindo-se que a corrente requerida no primeiro período (A_1) continua ao longo do segundo período (pelo tempo $t_1 + t_2$). Este novo tempo determina um novo K_1' . A capacidade assim calculada é corrigida pela diferença das correntes ($A_2 - A_1$) pelo tempo do segundo período. Novamente se utilizam os fatores K (agora K_1', K_2) para considerar as correntes aplicadas, ou seja:

$$C_2 = A_1 \times K_1' + (A_2 - A_1) \times K_2$$

E assim sucessivamente até o final do perfil.

Lembrando que as cargas aleatórias são adicionadas ao final, no local mais crítico.

DIMENSIONAMENTO

Metodologia

Para o correto dimensionamento **é necessário conhecer o fator K**. Como inicialmente desconhecemos o valor da capacidade, é necessário fazer uma primeira aproximação (para iniciar o cálculo) do fator K. A partir do cálculo com esse fator K arbitrário será escolhido o fator K adequado (método iterativo).

A equação a seguir resume a metodologia de cálculo:

$$C_d = \max \sum_{P=1}^{P=N} (A_P - A_{P-1}) K_t$$

em que:

C_d – capacidade dimensionada

S_N – seção analisada com os primeiros N períodos

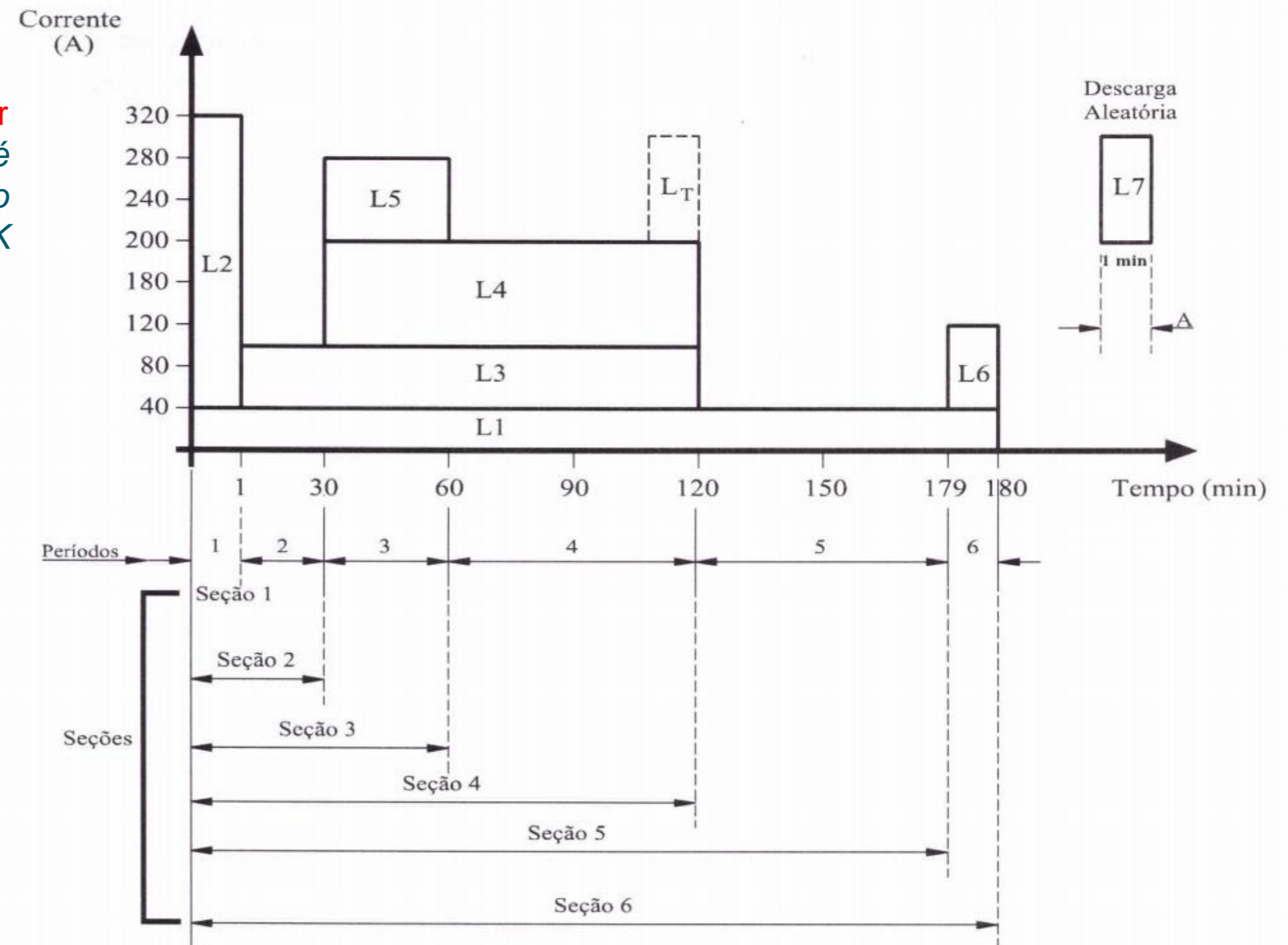
P – período analisado

N – número de seções

A_p – corrente requerida (Ampères) para o período P

t – tempo do início do período P até o fim da seção S

K_t – fator de capacidade para o tempo t



EXEMPLO DE CÁLCULO

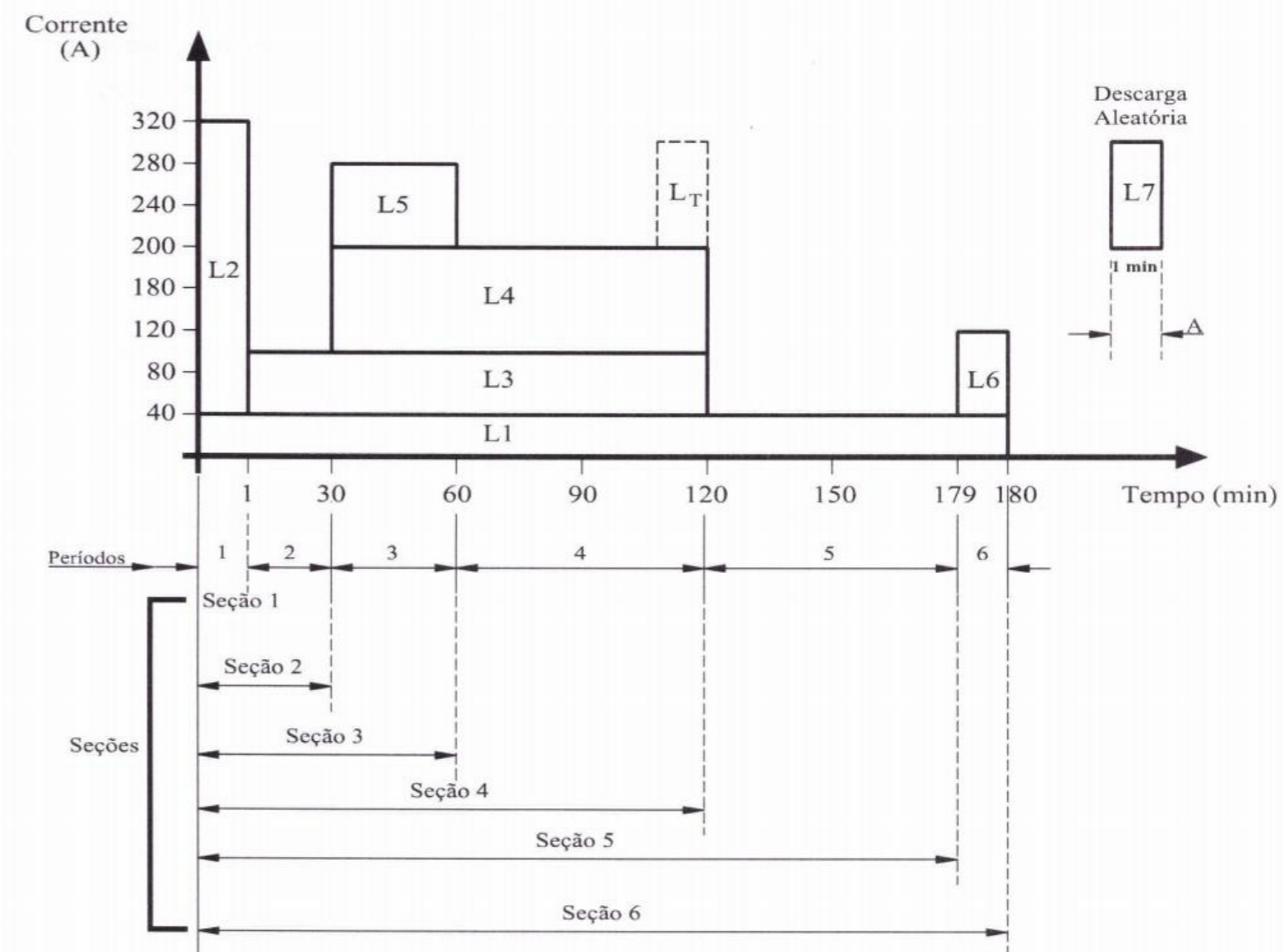
Observação

Pela metodologia descrita, se a corrente para o período P+1 for superior à corrente para o período P, então a seção S=P+1 deve requerer um elemento maior do que a seção S=P. Conseqüentemente, os cálculos para a seção P podem ser omitidos.

Exemplo de cálculo

Dimensionamento da bateria para o perfil de descarga da figura

| Período | Cargas | Corrente total [A] | Duração [min] |
|---------|-------------------|--------------------|---------------|
| 1 | L_1+L_2 | 320 | 1 |
| 2 | L_1+L_3 | 100 | 29 |
| 3 | $L_1+L_3+L_4+L_5$ | 280 | 30 |
| 4 | $L_1+L_3+L_4$ | 200 | 60 |
| 5 | L_1 | 40 | 59 |
| 6 | L_1+L_6 | 120 | 1 |
| A | L_7 | 100 | 1 |



EXEMPLO DE CÁLCULO

Com o auxílio da Tabela (ou da Figura) e da equação $C_d = \max \sum_{P=1}^{P=N} (A_P - A_{P-1}) K_t$

se encontra a capacidade requerida (que é a maior das somatórias)

| Período | Cargas | Corrente total [A] | Duração [min] |
|---------|--|--------------------|---------------|
| 1 | L ₁ +L ₂ | 320 | 1 |
| 2 | L ₁ +L ₃ | 100 | 29 |
| 3 | L ₁ +L ₃ +L ₄ +L ₅ | 280 | 30 |
| 4 | L ₁ +L ₃ +L ₄ | 200 | 60 |
| 5 | L ₁ | 40 | 59 |
| 6 | L ₁ +L ₆ | 120 | 1 |
| A | L ₇ | 100 | 1 |

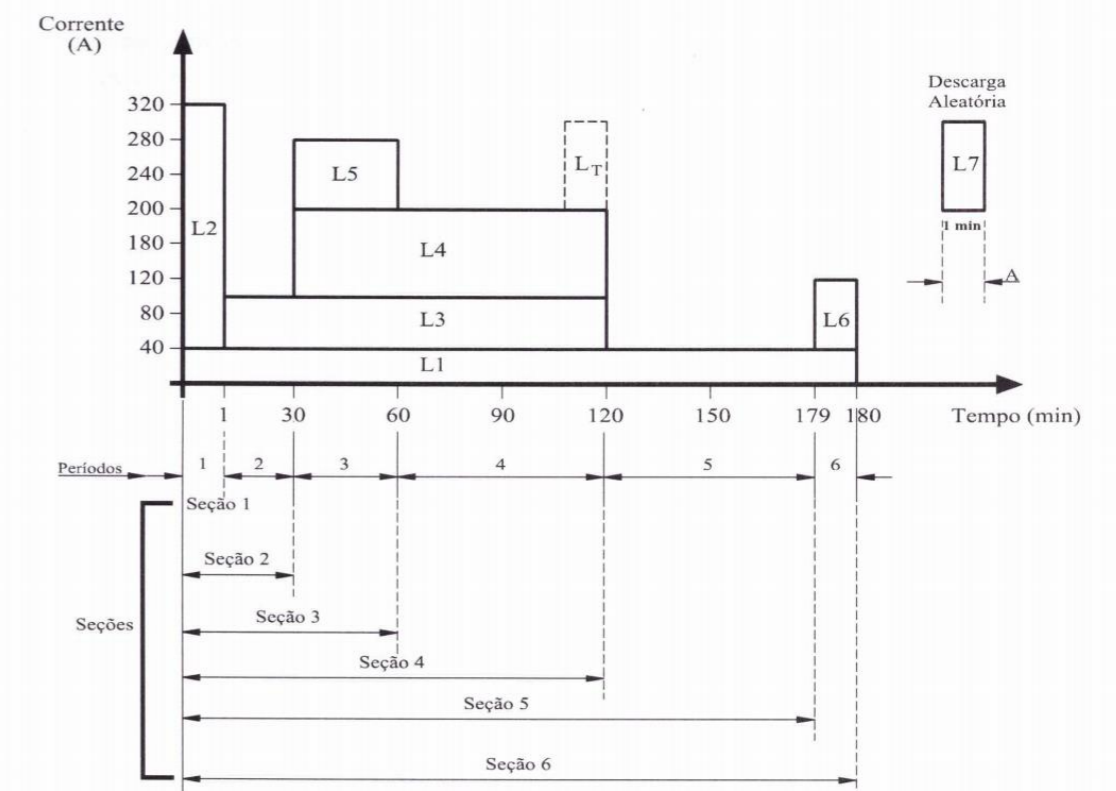
Primeira seção:

A₁ = 320 A, logo A₁ - A₀ = 320 A

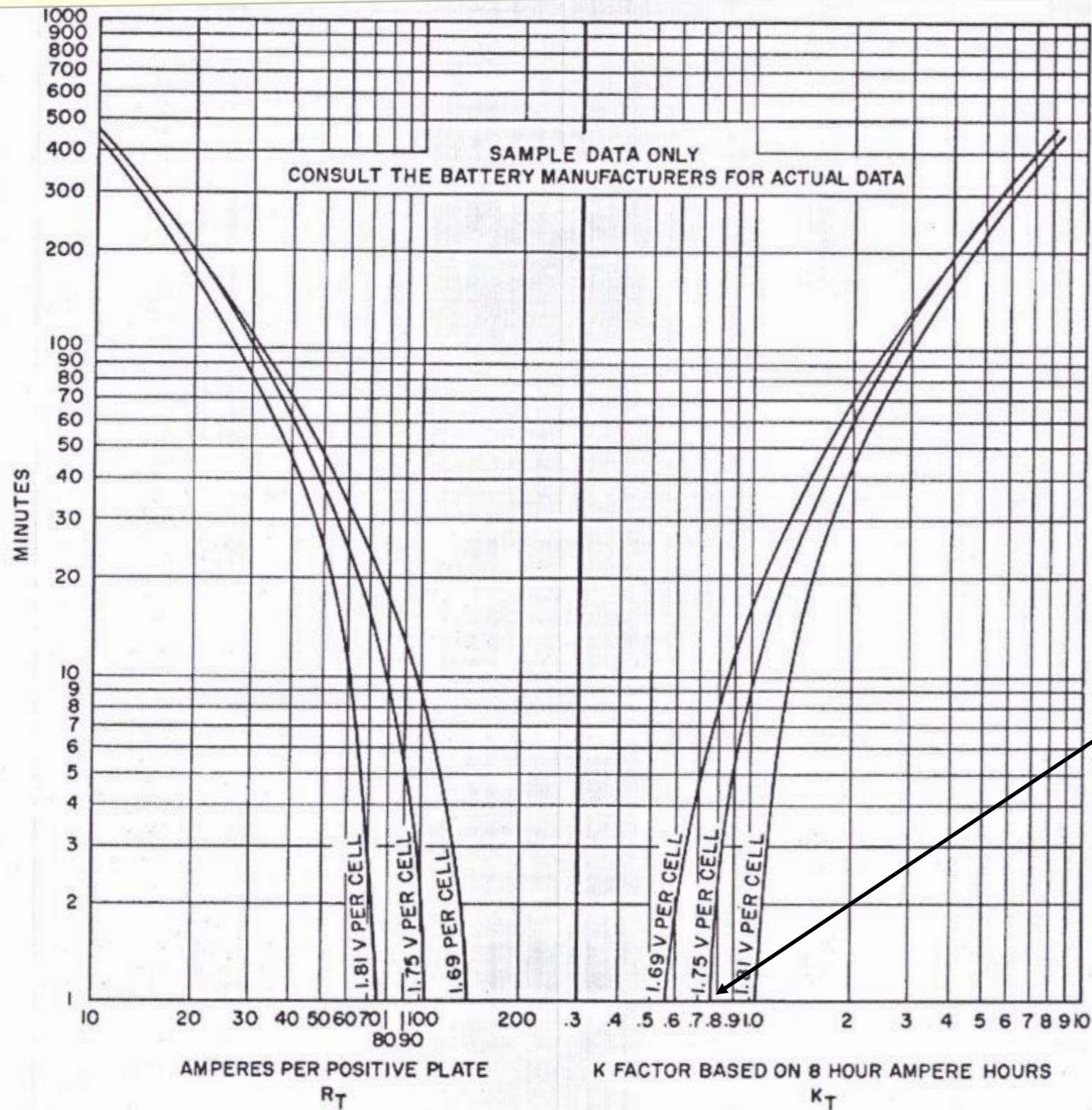
Tempo t = 1 min

Para calcular a capacidade C₁ falta o fator K₁

C₁ = 320 x K₁



EXEMPLO DE CÁLCULO



Fator K para esta tecnologia, para 1 minuto de descarga e para tensão final de descarga de 1,75 V por célula:

$$K = 0,77$$

EXEMPLO DE CÁLCULO

Com o auxílio da Tabela (ou da Figura) e da equação $C_d = \max \sum_{P=1}^{P=N} (A_P - A_{P-1}) K_t$

se encontra a capacidade requerida (que é a maior das somatórias)

| Período | Cargas | Corrente total [A] | Duração [min] |
|---------|--|--------------------|---------------|
| 1 | L ₁ +L ₂ | 320 | 1 |
| 2 | L ₁ +L ₃ | 100 | 29 |
| 3 | L ₁ +L ₃ +L ₄ +L ₅ | 280 | 30 |
| 4 | L ₁ +L ₃ +L ₄ | 200 | 60 |
| 5 | L ₁ | 40 | 59 |
| 6 | L ₁ +L ₆ | 120 | 1 |
| A | L ₇ | 100 | 1 |

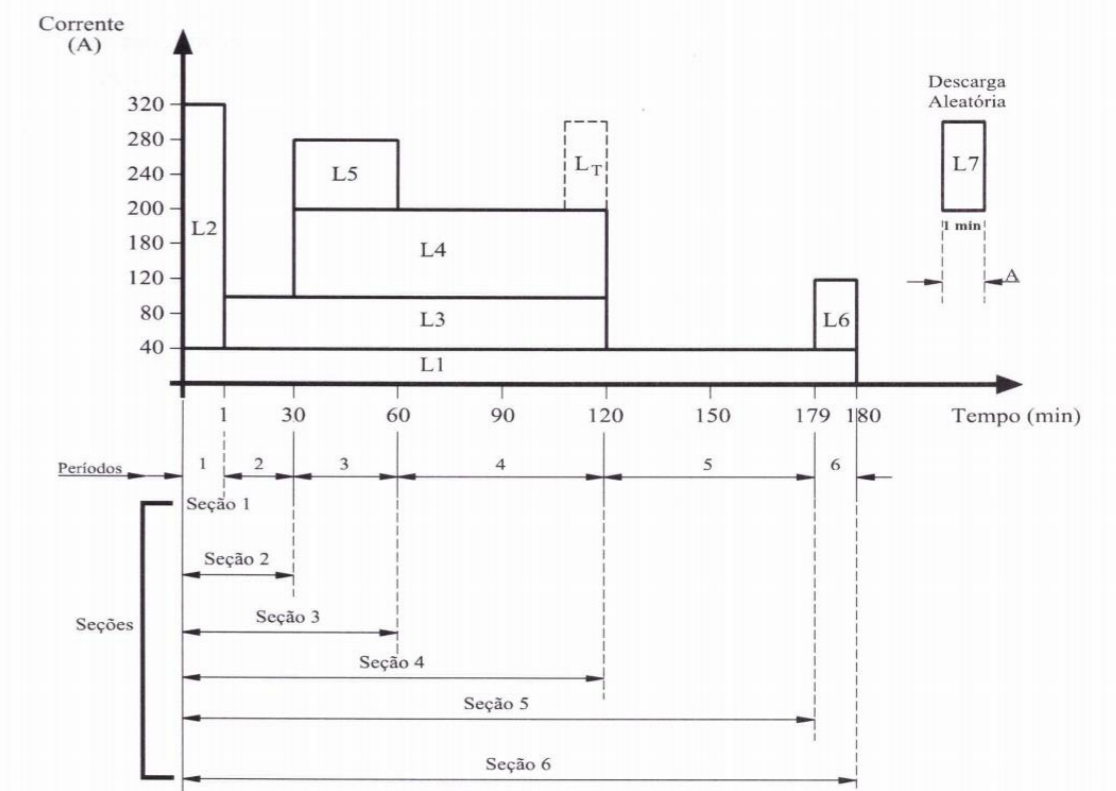
Primeira seção:

A₁ = 320 A, logo A₁ - A₀ = 320 A

Tempo t = 1 min

Para calcular a capacidade C₁ utilizamos o fator K₁ = 0,77

C₁ = 320 x 0,77 = 246,4 Ah



EXEMPLO DE CÁLCULO

Segunda seção: A corrente no terceiro período é maior! Não precisa calcular a segunda seção.

Terceira seção:

Parte 1. $A_1 = 320$ A, logo $A_1 - A_0 = 320$ A

Tempo $t = 1+29+30 = 60$ min

$K_1 = 2$

$C_1 = 320 \times 2 = 640$ Ah

Parte 2. $A_2 = 100$ A, logo $A_2 - A_1 = -220$ A

Tempo $t = 29+30 = 59$ min

$K_2 = 2$

$C_2 = -220 \times 2 = -440$ Ah

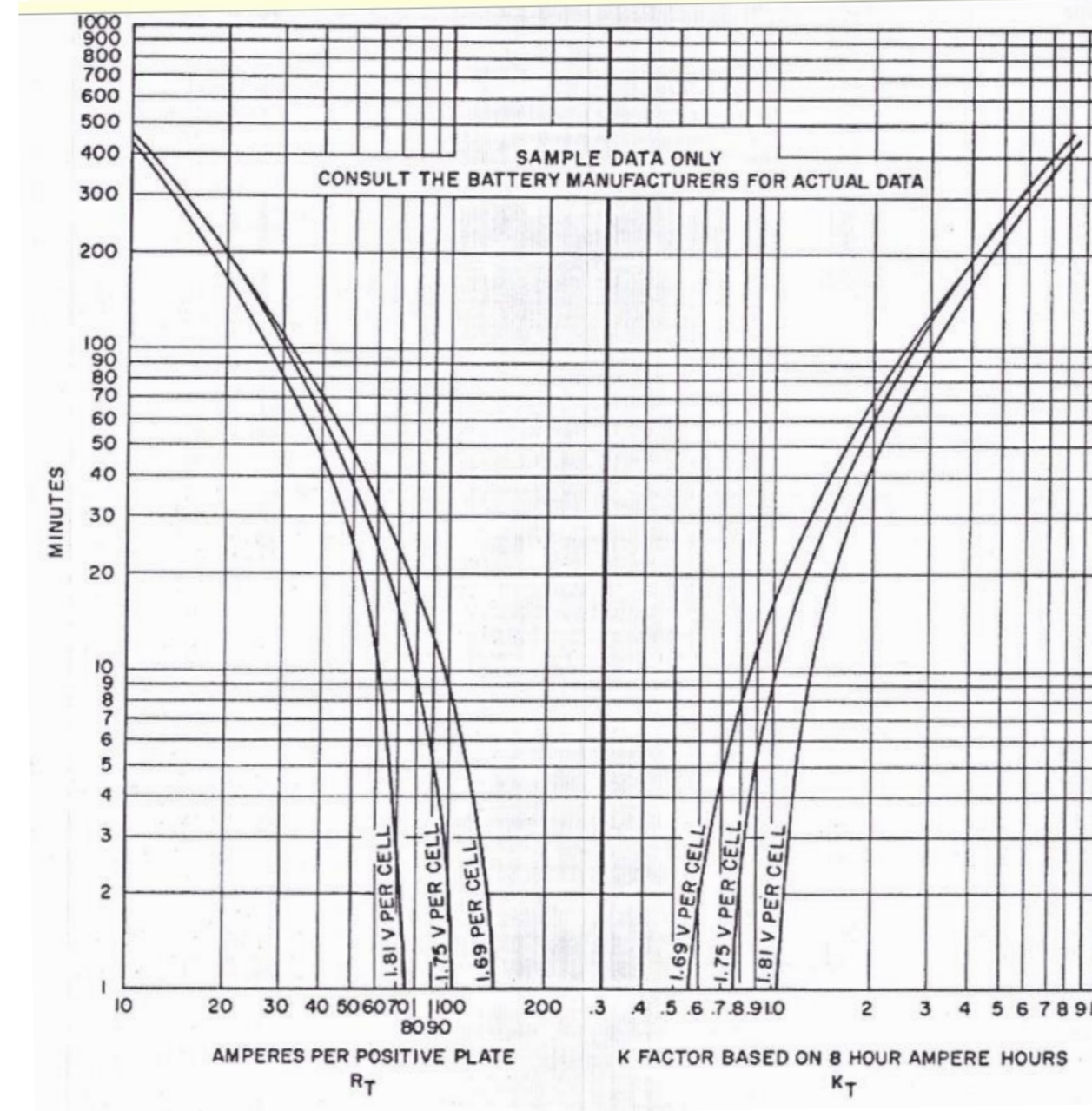
Parte 3. $A_3 = 280$ A, logo $A_3 - A_2 = 180$ A

Tempo $t = 30 = 30$ min

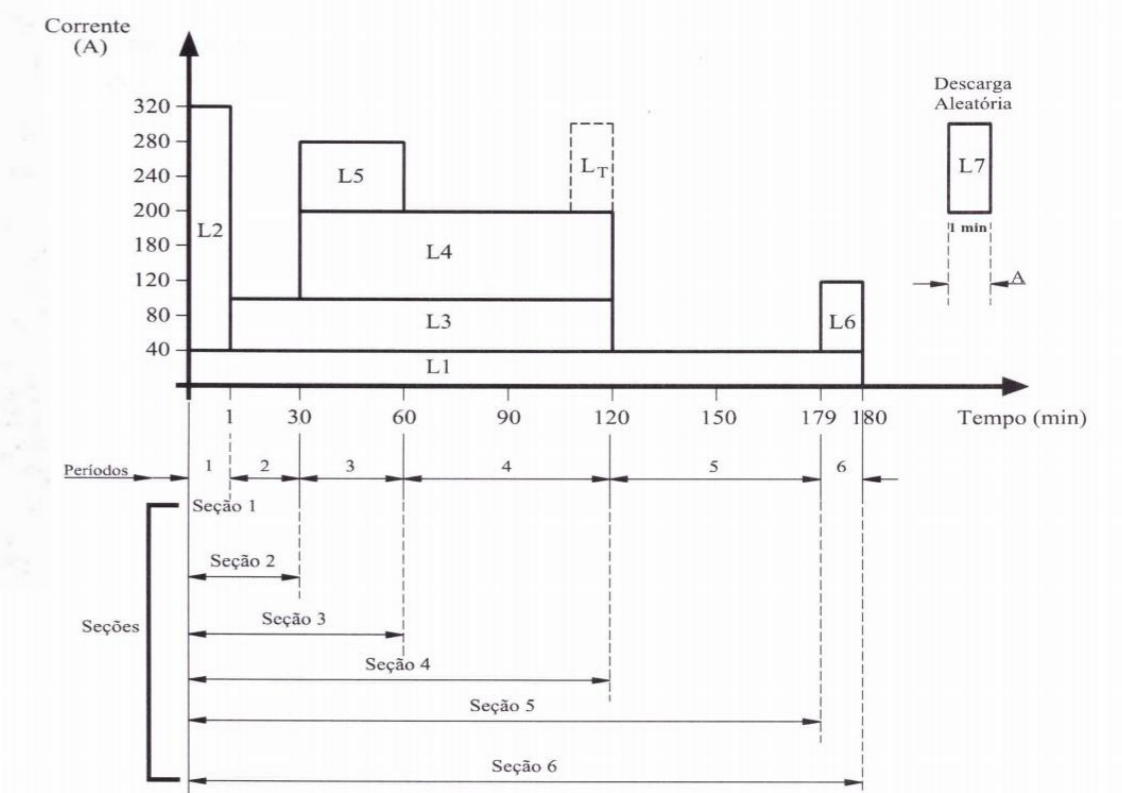
$K_3 = 1,44$

$C_3 = 180 \times 1,44 = 259,2$ Ah

Final: O total da seção 3 é $C = C_1 + C_2 + C_3 = 459,2$ Ah



| Período | Cargas | Corrente total [A] | Duração [min] |
|---------|-------------------|--------------------|---------------|
| 1 | L_1+L_2 | 320 | 1 |
| 2 | L_1+L_3 | 100 | 29 |
| 3 | $L_1+L_3+L_4+L_5$ | 280 | 30 |
| 4 | $L_1+L_3+L_4$ | 200 | 60 |
| 5 | L_1 | 40 | 59 |
| 6 | L_1+L_6 | 120 | 1 |
| A | L_7 | 100 | 1 |



EXEMPLO DE CÁLCULO

Quarta seção:

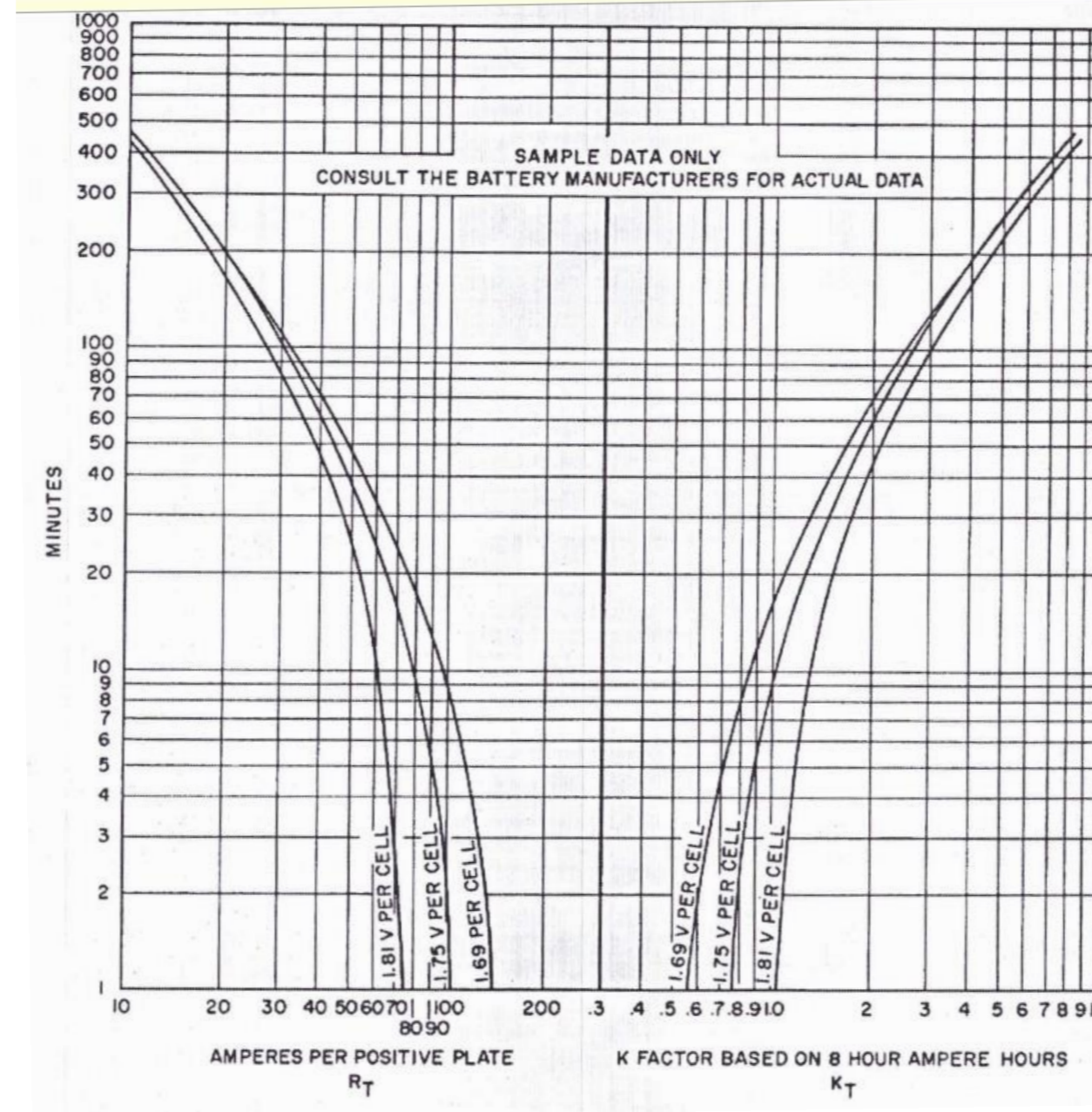
Parte 1. $A_1 = 320$ A, logo $A_1 - A_0 = 320$ A
 Tempo $t = 1+29+30+60 = 120$ min
 $K_1 = 2,91$
 $C_1 = 320 \times 2,91 = 931,2$ Ah

Parte 2. $A_2 = 100$ A, logo $A_2 - A_1 = -220$ A
 Tempo $t = 29+30+60 = 119$ min
 $K_2 = 2,91$
 $C_2 = -220 \times 2,91 = -640,2$ Ah

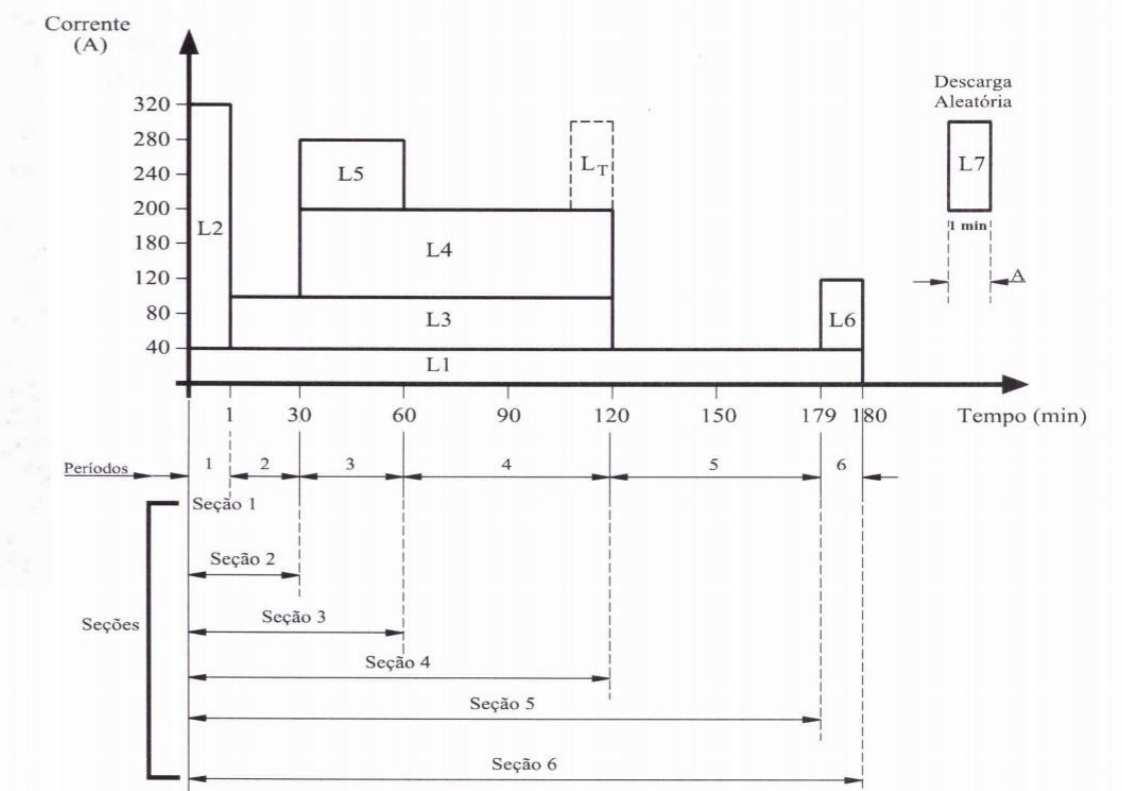
Parte 3. $A_3 = 280$ A, logo $A_3 - A_2 = 180$ A
 Tempo $t = 30+60 = 90$ min
 $K_3 = 2,46$
 $C_3 = 180 \times 2,46 = 442,8$ Ah

Parte 4. $A_4 = 200$ A, logo $A_4 - A_3 = -80$ A
 Tempo $t = 60 = 60$ min
 $K_4 = 2$
 $C_4 = -80 \times 2 = -160$ Ah

Final: O total da seção 4 é $C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 573,8$ Ah



| Período | Cargas | Corrente total [A] | Duração [min] |
|---------|-------------------|--------------------|---------------|
| 1 | L_1+L_2 | 320 | 1 |
| 2 | L_1+L_3 | 100 | 29 |
| 3 | $L_1+L_3+L_4+L_5$ | 280 | 30 |
| 4 | $L_1+L_3+L_4$ | 200 | 60 |
| 5 | L_1 | 40 | 59 |
| 6 | L_1+L_6 | 120 | 1 |
| A | L_7 | 100 | 1 |



EXEMPLO DE CÁLCULO

Sexta seção:

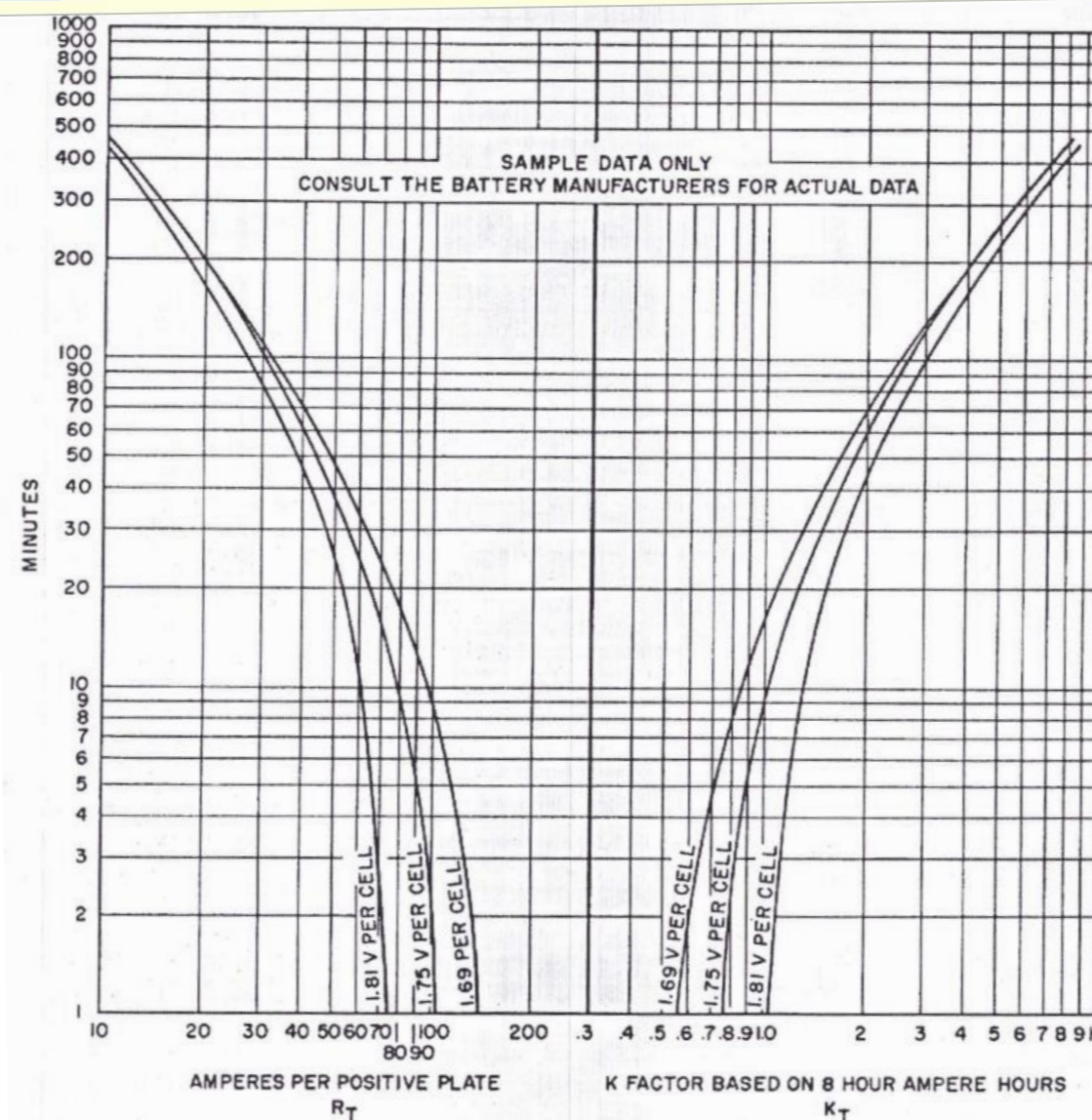
Parte 1. $A_1 = 320$ A, logo $A_1 - A_0 = 320$ A
 Tempo $t = 1+29+30+60+60 = 180$ min
 $K_1 = 3,72$
 $C_1 = 320 \times 3,72 = 1190,4$ Ah

Parte 2. $A_2 = 100$ A, logo $A_2 - A_1 = -220$ A
 Tempo $t = 29+30+60+60 = 179$ min
 $K_2 = 3,72$
 $C_2 = -220 \times 3,72 = -818,4$ Ah

Parte 3. $A_3 = 280$ A, logo $A_3 - A_2 = 180$ A
 Tempo $t = 30+60+60 = 150$ min
 $K_3 = 3,33$
 $C_3 = 180 \times 3,33 = 599,4$ Ah

Parte 4. $A_4 = 200$ A, logo $A_4 - A_3 = -80$ A
 Tempo $t = 60+60 = 120$ min
 $K_4 = 2,91$
 $C_4 = -80 \times 2,91 = -232,8$ Ah

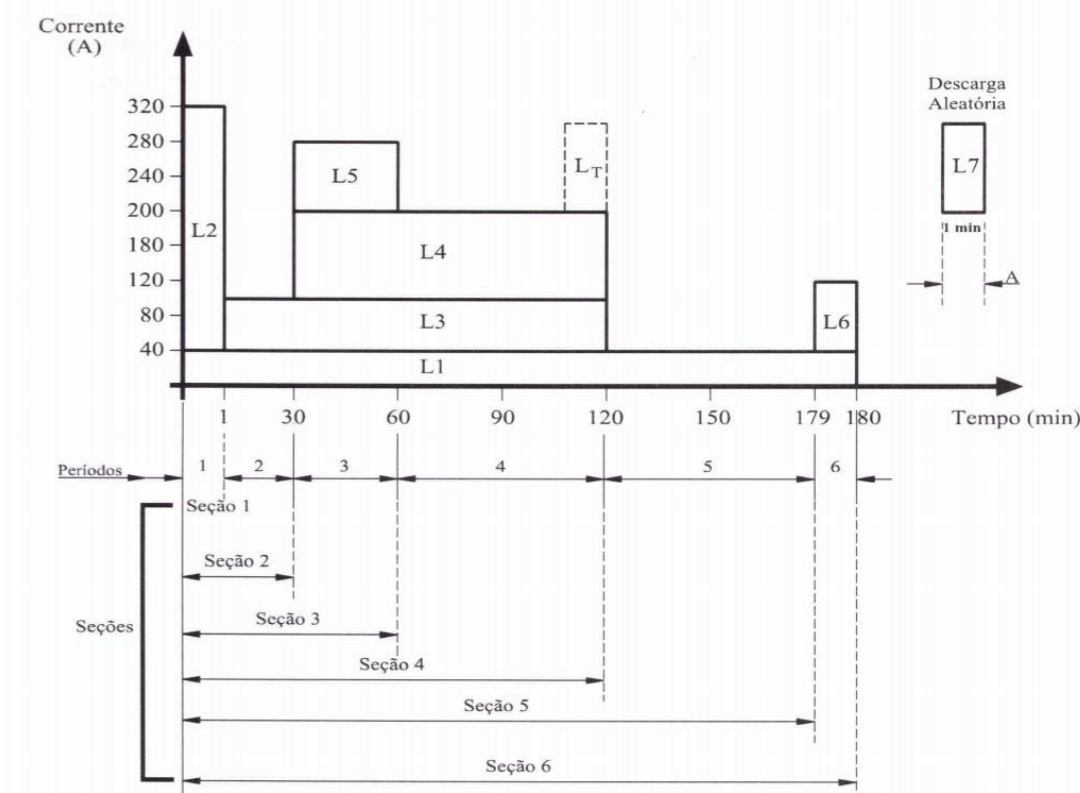
Parte 5. $A_5 = 40$ A, logo $A_5 - A_4 = -160$ A
 Tempo $t = 60 = 60$ min
 $K_5 = 2$
 $C_5 = -160 \times 2 = -320$ Ah



Parte 6. $A_6 = 120$ A, logo $A_6 - A_5 = 80$ A
 Tempo $t = 1 = 1$ min
 $K_5 = 0,77$
 $C_5 = 80 \times 0,77 = 61,6$ Ah

Final: O total da seção 6 é $C = 480,2$ Ah

| Período | Cargas | Corrente total [A] | Duração [min] |
|---------|-------------------|--------------------|---------------|
| 1 | L_1+L_2 | 320 | 1 |
| 2 | L_1+L_3 | 100 | 29 |
| 3 | $L_1+L_3+L_4+L_5$ | 280 | 30 |
| 4 | $L_1+L_3+L_4$ | 200 | 60 |
| 5 | L_1 | 40 | 59 |
| 6 | L_1+L_6 | 120 | 1 |
| A | L_7 | 100 | 1 |



EXEMPLO DE CÁLCULO

Carga aleatória:

Analisando as capacidades de cada seção se observa que a maior está na seção 4! Portanto esta é a crítica. $C_d = C_4$

A carga aleatória deve ser colocada nesta seção

Sendo assim:

$$R = 100 \text{ A}$$

O tempo $t = 1 \text{ min}$ (ver tabela)

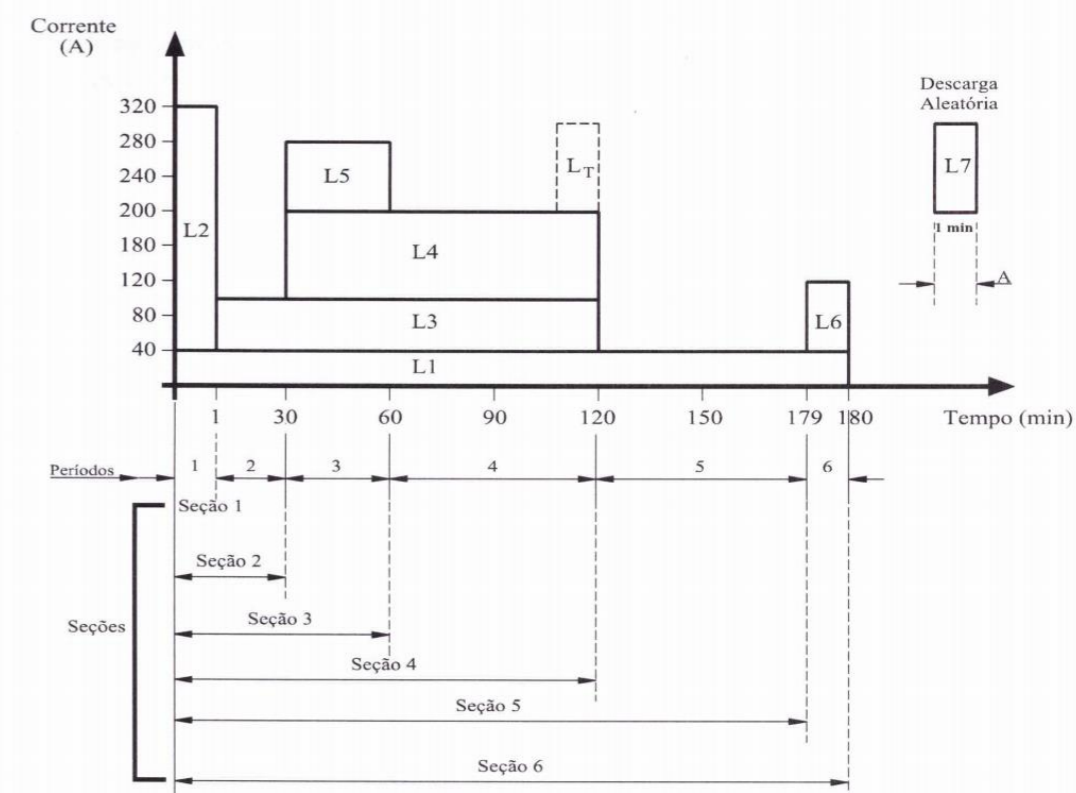
O fator $K = 0,77$

$$C_R = 100 \times 0,77 = 77 \text{ Ah}$$

A capacidade calculada será $C = C_4 + C_R = 573,8 + 77 = 650,8 \text{ Ah}$

Sobre esta capacidade ainda tem que ser adicionados os fatos de correção pela T, envelhecimento e segurança...

| Período | Cargas | Corrente total [A] | Duração [min] |
|---------|-------------------|--------------------|---------------|
| 1 | L_1+L_2 | 320 | 1 |
| 2 | L_1+L_3 | 100 | 29 |
| 3 | $L_1+L_3+L_4+L_5$ | 280 | 30 |
| 4 | $L_1+L_3+L_4$ | 200 | 60 |
| 5 | L_1 | 40 | 59 |
| 6 | L_1+L_6 | 120 | 1 |
| A | L_7 | 100 | 1 |



EXEMPLO DE CÁLCULO

Correção final:

A capacidade calculada foi = **650,8 Ah**

Agora aplicamos o fator de T (vamos supor que a bateria opera a 30 °C)

$$F_t = \frac{1}{1+0,006 (30-25)} = 0,97$$

A capacidade corrigida pela T é = **650,8 Ah x 0,97 = 631,8 Ah**

Agora aplicamos o fator de envelhecimento (25%)

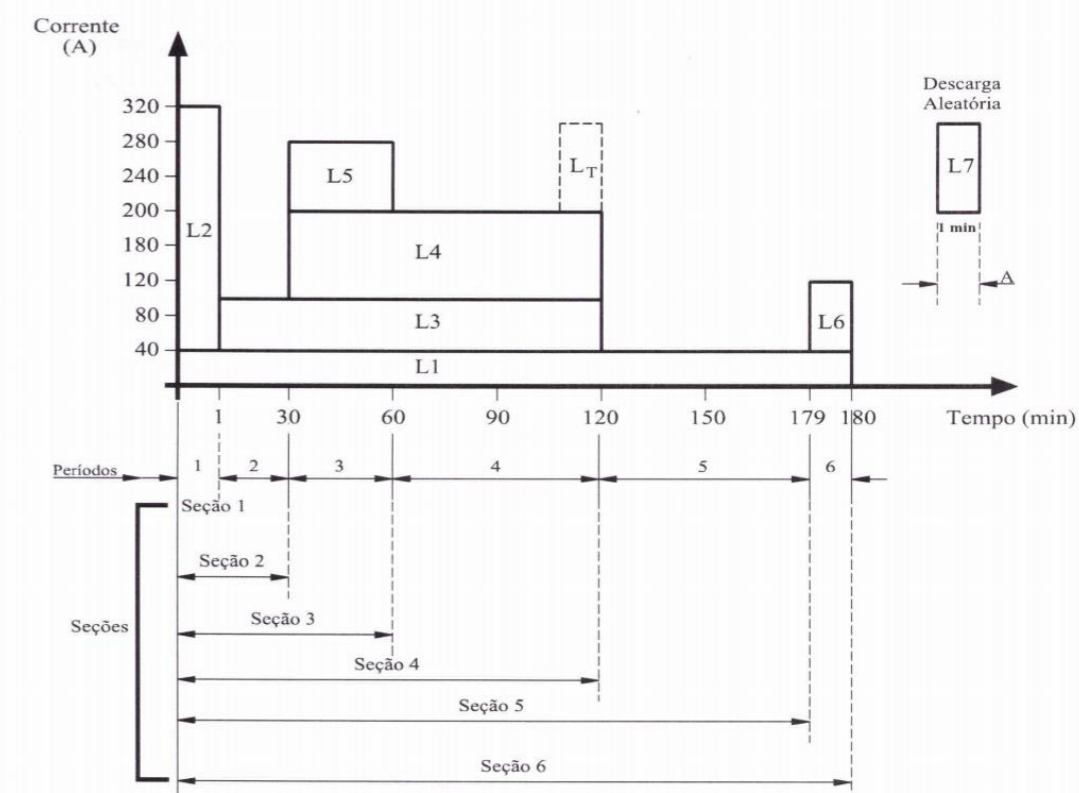
A capacidade corrigida pelo envelhecimento é = **631,8 Ah x 1,25 = 789,8 Ah**

Agora aplicamos o fator de segurança (15%)

A capacidade corrigida pelo fator de segurança é = **789,8 Ah x 1,15 = 908,2 Ah**

Escolhemos a bateria com capacidade (Ah) imediatamente superior a esta e verificamos sua curva K (se as curvas K são diferentes pode ser necessário refazer as contas!)

| Período | Cargas | Corrente total [A] | Duração [min] |
|---------|--|--------------------|---------------|
| 1 | L ₁ +L ₂ | 320 | 1 |
| 2 | L ₁ +L ₃ | 100 | 29 |
| 3 | L ₁ +L ₃ +L ₄ +L ₅ | 280 | 30 |
| 4 | L ₁ +L ₃ +L ₄ | 200 | 60 |
| 5 | L ₁ | 40 | 59 |
| 6 | L ₁ +L ₆ | 120 | 1 |
| A | L ₇ | 100 | 1 |





institutos **lactec**

B O R N I N N O V A T I V E



institutos lactec

CONTACT

PATRICIO RODOLFO IMPINNISI

rodolfo@lactec.org.br

+55 41 3361- 6266

www.institutoslactec.org.br

THANK YOU