

## Telha Ferro-Cimento

Lourenço Humberto Portela Reinaldo

*Este artigo tem por finalidade estabelecer o momento resistente de uma telha construída em ferro cimento, de perfil parabólico.*

A convite do professor Alexandre Diógenes, pesquisador de ferro-cimento do grupo da ASTEF, na Universidade Federal do Ceará, fomos solicitados a determinar o momento resistente de uma telha construída em ferro-cimento, de perfil parabólico, que trabalhará com a concavidade voltada para baixo.

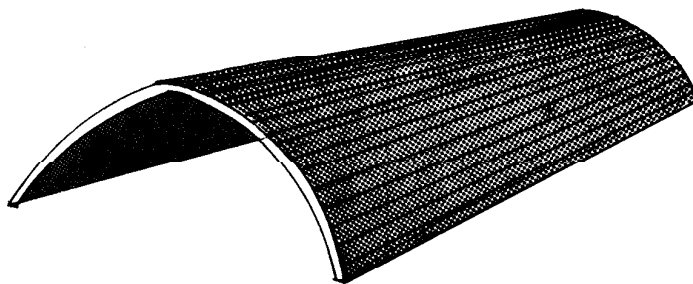
No caso específico, esta telha foi moldada com

abertura de 60cm, espessura de 1,5cm, com armadura construída uma malha de aço com barras de diâmetros  $\varnothing = 3,4\text{mm}$ , CA-50B, com distribuição longitudinal espaçados em cada 10cm e transversal em cada 20cm. A largura da malha é de 100cm. Além da malha temos uma tela de arame galvanizado (tipo galinheiro) cuja finalidade é homogenizar o material, evitar e distribuir melhor a fissuração.

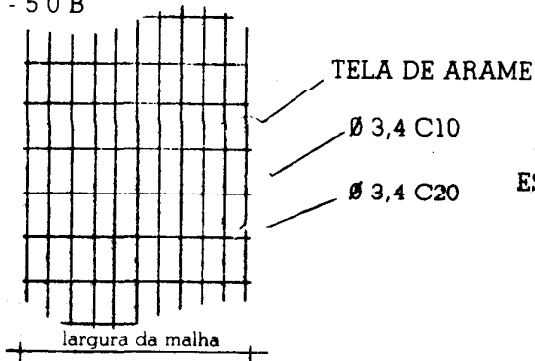
---

Eng.º Civil, Diretor do CCT

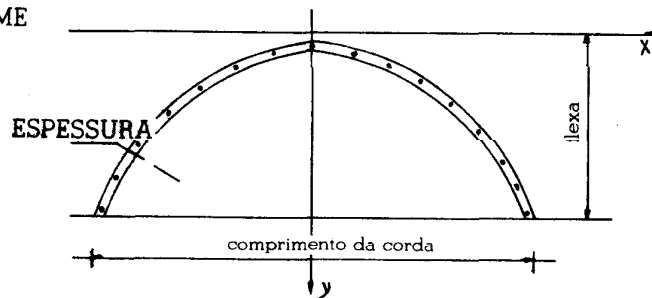
---



**MALHA DE AÇO**  
C A - 50 B



**TELHA**



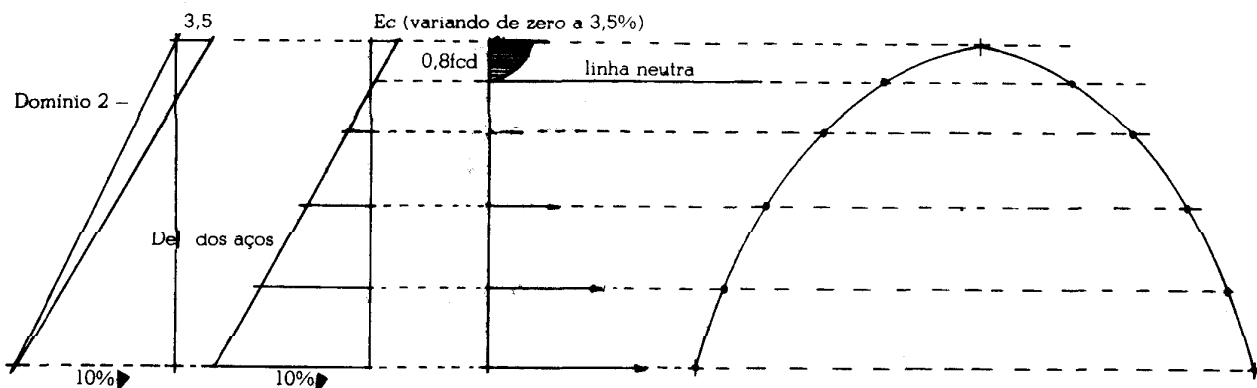
Para isto fizemos um programa para a HP-85 com as seguintes características:

**DADOS DE ENTRADA**

- Largura da Malha
- Espaçamento do Ferro
- Diâmetro do Ferro
- $f_y$  k e tipo (A ou B)
- $f_c$  k da argamassa
- comprimento da corda

**TEMOS COM SAÍDA:**

- Pontos da curva (Destinados ao traçado da parábola)
- Flexa (altura da telha)
- Coordenadas dos Ferros Longitudinais
- E finalmente o mais importante: o momento resistente de cálculo, (Md), e a deformação específica do ponto superior da telha, E(C).



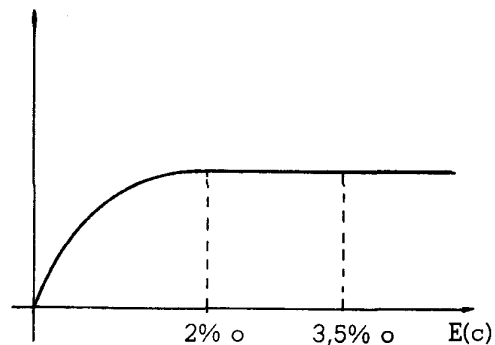
Este programa, encontrando inicialmente a equação da parábola, acha a posição de todos os ferros longitudinais, importante na determinação de suas deformações.

Devido à distribuição uniforme do ferro na malha, verificou-se que a telha trabalharia, na rotura, com a linha neutra bem alta para possibilitar a utilização de uma maior armadura de tração, no que indicava um cálculo no domínio 2.

O nosso programa fixa a deformação do ferro mais tracionado em 10% e, partindo do zero, vai dando incrementos de 3,5/50 na deformação específica da argamassa, dividindo assim a cunha superior do Diagrama em 50 partes iguais.

Para cada posição da linha neutra (50 posições), o programa calcula o centro de gravidade da parte comprimida da parábola, a força de compressão na argamassa, a força exercida por cada barra, e com estes dados o **Momento** na seção e a **Resultante** dos esforços normais. Finalmente escolhe com momento resistente da telha o valor do momento cujo par tem o menor esforço normal, praticamente nulo, característica da flexão simples, que é o nosso caso.

Ressaltamos que por falta de maiores conhecimentos no comportamento da argamassa, tomamos como diagrama tensão x deformação, o mesmo do concreto, com a deformação específica máxima de 3,5% o.



Vejamos como exemplo a telha inicialmente especificada neste trabalho.

```

10 REM "TELHA"
15 DIM X(40),Y(40),Z(40),T(50),
M(50),O(11),H(11),U(10)
20 DISP "ESPESSURA DA TELHA(cm)"
"
30 INPUT G
40 DISP "LARGURA DA MALHA(cm)";
50 INPUT M
60 DISP "ESPACAMENTO DO FERRO(cm)"
"
70 INPUT E
75 DISP "DIAMETRO DO FERRO(cm)"
"
77 INPUT D
78 D=D/10
80 N=M/E+1
81 DISP "CARACTERISTICAS DO ACO"
"
82 DISP "Fy(kKg/mm^2),TIPO(A ou
B)";
83 INPUT N3,C$
84 N3=N3*100/1.15 @ N1=N3/2100
85 IF C$="A" THEN N4=0 ELSE N4=
2
86 DISP "CARACTERISTICA DA ARG
MASSA"
87 DISP "Fck(Kg/cm^2)";
88 INPUT N5
90 DISP "COMP.DA CORDA(cm)";
100 INPUT L
110 F=SQR(3*L*(M-L)/8)
120 K=4*F/L^2
125 X0=F/50
130 FOR I=1 TO N
140 C=-(M/2)+(I-1)*E
150 X=C
160 S5=X+32*F^2*X^3/(3*L^4)
170 IF ABS(S5)<=ABS(C) THEN Z00
180 IF X<0 THEN X=X+X0 ELSE X=X-
X0
190 GOTO 160
200 X(1)=X
210 Y(1)=K*X(1)^2 @ Z(1)=F-Y(1)
213 NEXT I
215 PRINT "PONTOS DA CURVA"
216 PRINT "-----X-----Y-----"
220 FOR J=0 TO 10
230 X=J*L/20 @ Y=K*X^2
240 PRINT USING 250 ; X,Y
250 IMAGE 30,20,3X,50,20
260 NEXT J
270 FOR J=0 TO 50
280 B=3.5/50*XJ
290 X=B/(6+10)
300 S=.8*X
320 S1=S*F
330 X1=SQR(S1/K)
340 S2=2*(X1+32*F^2*X1^3/3/L^4)
350 A1=S2*XG
351 Z4=0
352 IF S2=0 THEN S2= .0000001
360 F1=-(A1*N5/1.44 8)
361 FOR V=0 TO 10
362 X4=X1/10 @ U(V)=F-K*(V*X4)^2
363 NEXT V
364 FOR V=1 TO 10
365 C3=SQR(X4^2+(U(V)-U(V-1))^2)
366 Z4=Z4+C3*(U(V)+U(V-1))/2
367 NEXT V
368 Z5=Z4*2/S2
370 FOR I=1 TO N
375 Z=Z(I)
380 GOSUB 700
390 IF E=0 THEN H(I)=R ELSE H(I)
)=R
400 O(I)=-H(I)*Z(I))
410 NEXT I
415 M,T=0
420 FOR I=1 TO N
430 M=M+(I) @ T=T+H(I)
435 NEXT I
440 M(J)=M-F1*25 @ T(J)=T+F1
445 NEXT J
460 FOR J=0 TO 50
470 IF T(J)<=0 THEN 485
480 NEXT J
485 T=T(J-1) @ M=M(J-1) @ Q=3.5/
50*(J-1)

```

```

530 PRINT USING 550 "FLEXA=",F
550 IMAGE 6A,30,00
560 PRINT "COORDOS FERROS"
561 PRINT "--X(f)-----Y(f)---"
565 FOR I=1 TO N
570 PRINT USING 580 ; X(I),Y(I)
580 IMAGE 30,20,XX,50,20
585 NEXT I
590 PRINT "MOMENTO(Kg.m) e E(c)"
"
600 PRINT USING 610 ; "M=",M/100
,"E(c)=",0
610 IMAGE 2A,40,20,2X,5A,0,20
620 END
700 E=10-(B+10)*Z/F
710 E2=ABS(E)
711 IF N4=0 THEN 752
720 IF E2<=.7*N1 THEN W=2100*E2
730 IF E2<=W1 AND E2>.7*W1 THEN
W=(1.35-E2/4.14)*2100*E2
740 IF E2<=2*W1 AND E2>W1 THEN W
)=(.85+.075*(E2-2.07))*N3
750 IF E2>2*W1 THEN W=N3
751 GOTO 760
752 IF E2<=W1 THEN W=2100*E2 ELS
E W=N3
760 R=0^2*PI*W/4
780 RETURN

```

Como saída na impressora NA IMPRESSORA

| PONTOS DA CURVA |       | COORDOS FERROS |       |
|-----------------|-------|----------------|-------|
| X               | Y     | X(f)           | Y(f)  |
| 0.00            | 0.00  | -30.00         | 30.00 |
| 3.00            | .30   | -26.20         | 22.88 |
| 6.00            | 1.20  | -22.00         | 16.13 |
| 9.00            | 2.70  | -16.60         | 9.19  |
| 12.00           | 4.80  | -9.20          | 2.82  |
| 15.00           | 7.50  | 0.00           | 0.00  |
| 18.00           | 10.80 | 9.20           | 2.82  |
| 21.00           | 14.70 | 16.60          | 9.19  |
| 24.00           | 19.20 | 22.00          | 16.13 |
| 27.00           | 24.30 | 26.20          | 22.88 |
| 30.00           | 30.00 | 30.00          | 30.00 |

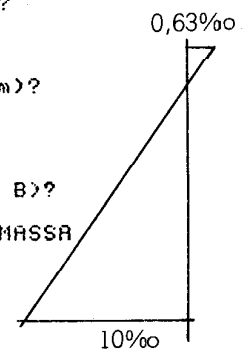
FLEXA= 30.00 MOMENTO(Kg.m) e E(c)  
M= 552.29 E(c)= .63

NO VÍDEO

```

ESPESSURA DA TELHA(cm)?
1.5
LARGURA DA MALHA(cm)?
100
ESPACAMENTO DO FERRO(cm)?
10
DIAMETRO DO FERRO(cm)?
3.4
CARACTERISTICAS DO ACO
Fy(kKg/mm^2),TIPO(A ou B)?
50,6
CARACTERISTICA DA ARGAMASSA
Fck(kKg/cm^2)?
150
COMP.DA CORDA(cm)?
60

```



Como vemos nossa telha tem um momento resistente  $M_d = 552,29$  kg.m e uma deformação específica da argamassa  $E(c) = 0,63\%$  o

### BIBLIOGRAFIA

HANAI, J.B. — Construções de Argamassa Armada: Situação, Perspectivas e Pesquisas — Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 1981