

## Sistema TQS-Vigas e a NBR-6118:2003 (Parte III)

### 9.) Força Cortante e Torção Concomitantes - ELU

Na combinação de força cortante e torção, é verificada a resistência compressão diametral do concreto conforme a expressão abaixo.

$$\frac{V_{Sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{Sd}}{T_{Rd2}} \leq 1$$

Neste caso, o ângulo de inclinação das bielas é o mesmo para a torção e força cortante.

Quando esta verificação ultrapassa o limite estabelecido, a seguinte mensagem de erro é emitida:

**AVISO/ERRO: Forças de Cisalhamento + Torção > Limite Máximo.**

**SISTEMA: CAD/Vigas**

**CLASSIFICAÇÃO: 2 - Grave, IMPORTANTE!!!**

**ELEMENTO: Viga 1**

**TRECHO: Vão 2**

A resistência à compressão diagonal do concreto = **1,80**, ultrapassou o valor máximo estabelecido no arquivo de critérios que é = **1,00**. Pela norma brasileira, este índice deve ser = 1.00.

Este índice é =  $(V_{sd}/V_{Rd2}) + (T_{sd}/T_{Rd2})$

Onde:

**V<sub>sd</sub>** = **13,69** Tf.

**V<sub>Rd2</sub>** = **34,63** Tf.

**T<sub>sd</sub>** = **2,94** Tf \* m.

**T<sub>Rd2</sub>** = **2,09** Tf \* m.

O programa detalhará o estribo com um diâmetro = 50 mm apenas para não interromper o processamento. A tabela de ferros não será gerada.

**Possíveis soluções:**

a) Aumente o Fck

b) Aumente a seção da viga ( reprocessse o modelo )

c) Altere o modelo estrutural para que a viga suporte as cargas aplicadas.

**Obs: o valor do índice máximo é fornecido como critério de projeto.**

O relatório das grandezas calculadas apresenta também a informação:

VAO= 2 /L=6.76 /B=.14 /H=.60 /BCS=.46 /BCI=.00 /TPS=5 /ESP.LS=.04 [M]

TORCAO- [Tf, cm]	Xi	Xf	Tsd	TRd2	he	b-nuc	h-nuc	Asw-1R	Asl-b	Asl-h	ComDia
0.-	215.	2.94	2.09	6.9	7.1	53.1	8.9	.6	4.7	1.80	
215.-	430.	.14	2.09	6.9	7.1	53.1	1.4	.1	.4	.18	
430.-	645.	3.55	2.09	6.9	7.1	53.1	10.8	.8	5.7	1.90	

M E N S A G E M

\*\*\*\* ( Vsd/VRd2 + Tsd/TRd2) > 1. \*\*\*

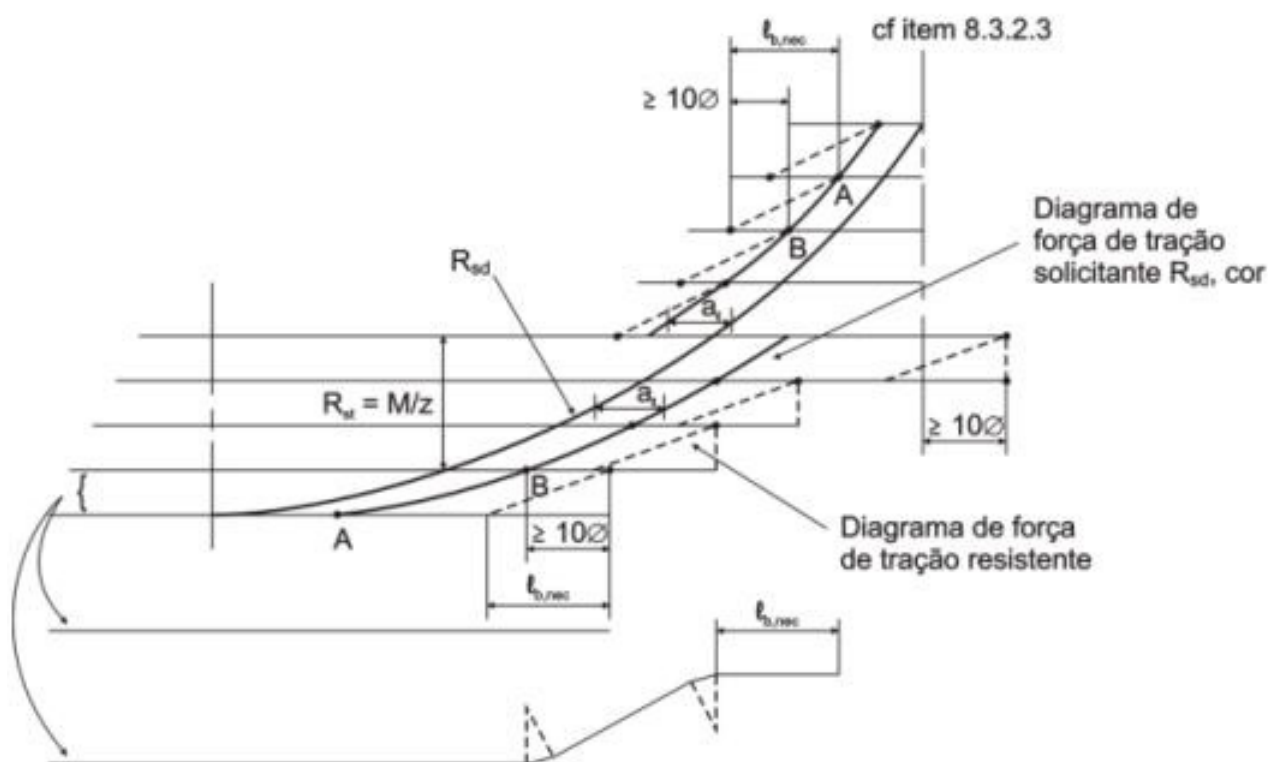
\*\*\*\* ( Vsd/VRd2 + Tsd/TRd2) > 1. \*\*\*

## 10.) Detalhamento da Armadura Longitudinal

O detalhamento da armadura longitudinal foi pouco alterado. Podemos ressaltar alguns pontos:

Ancoragem da armadura de tração na flexão simples

Conforme prescreve o item 18.3.2.3.1, figura 18.3, a cobertura do diagrama de força de tração solicitante pelo diagrama resistente é feita de uma forma sofisticada mas inteligente que fornece uma razoável economia de armaduras, se comparado com os processos tradicionais de cobertura do diagrama. Informamos que este procedimento já está implantado no TQS-Vigas há mais de uma década. Para ilustrar, é reproduzida a figura da NBR 6118:2003 ®



- Armadura de tração nos apoios

Tradicionalmente, para apoios extremos, esta armadura deve resistir a uma força  $R_{st} = (a_l / d) V_d$ , onde  $V_d$  é a força cortante no apoio. Esta também é uma condição já existente no TQS-Vigas.

Nos apoios extremos a armadura que deve chegar nos apoios é:

$$A_{s,apoio} \geq 1/3 (A_{s,v\tilde{a}o}) \text{ se } M_{apoio} \text{ for nulo ou negativo e de valor absoluto } |M_{apoio}| \leq 0,5 M_{v\tilde{a}o};$$

$$A_{s,apoio} \geq 1/4 (A_{s,v\tilde{a}o}) \text{ se } M_{apoio} \text{ for negativo e de valor absoluto } |M_{apoio}| > 0,5 M_{v\tilde{a}o}.$$

- Ancoragem da armadura de tração nos apoios

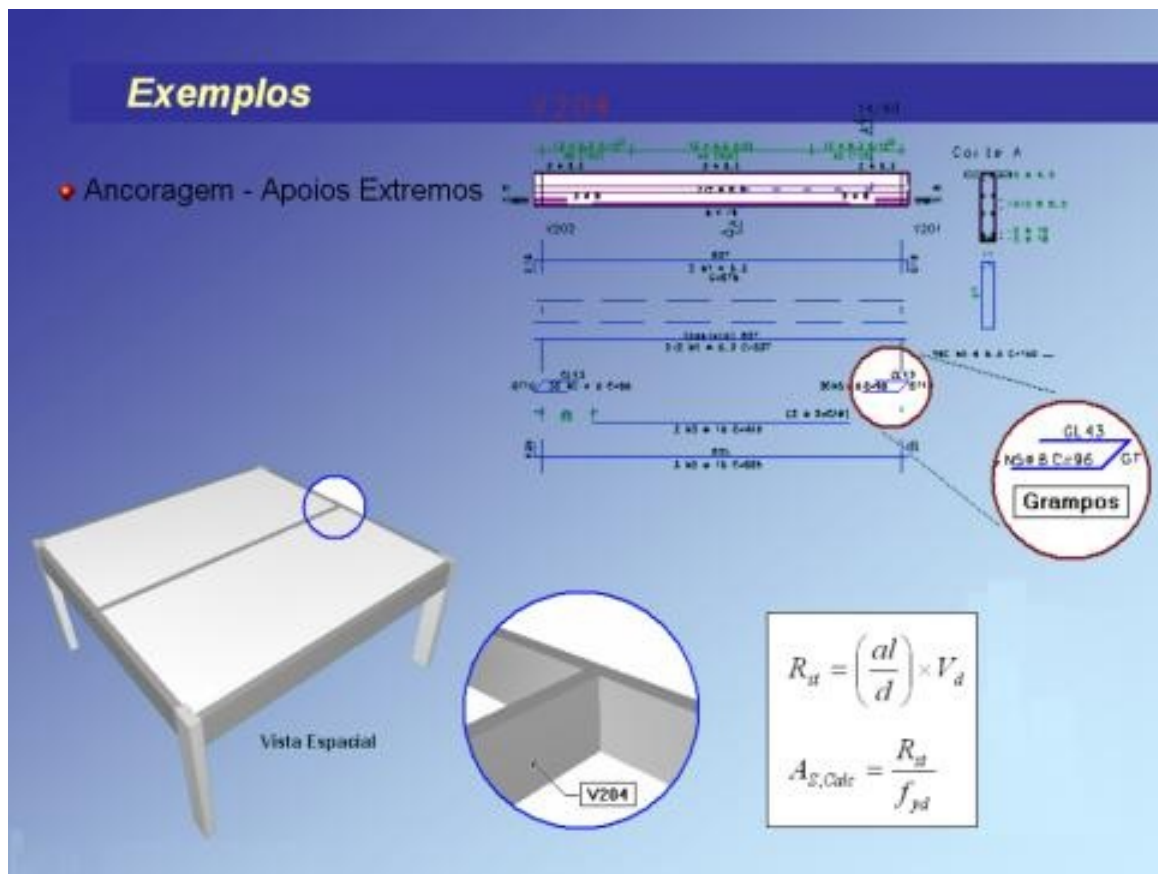
Três condições são verificadas:

$$l_{b,nec}$$

$$(r+5.5 \Phi)$$

$$60 \text{ mm}$$

Caso a largura útil do apoio for  $\leq (r+5.5 F)$  a ancoragem dos ferros longitudinais é feita integralmente com ferros complementares em laços ou grampos. Se a largura útil do apoio não for suficiente para a ancoragem dos ferros, parte da ancoragem é realizada com os ferros longitudinais e parte com ferros em laço. Ver a figura abaixo.



Uma condição existente nesta Norma permite desprezar o valor de  $l_{b,nec}$  para ancoragem dos ferros positivos e considerar apenas as outras duas condições ( $r+5.5 F$  e  $60 \text{ mm}$ ) não está sendo adotada pelo TQS-Vigas devido a dificuldade de se garantir a sua aplicabilidade teórica e prática. É uma condição extremamente perigosa para determinadas vigas de edifícios.

## 11.) Armadura Lateral ou de Pele

A nova NBR-6118:2003 agora dobrou o valor da armadura lateral. Agora a armadura de pele tem o seguinte valor:

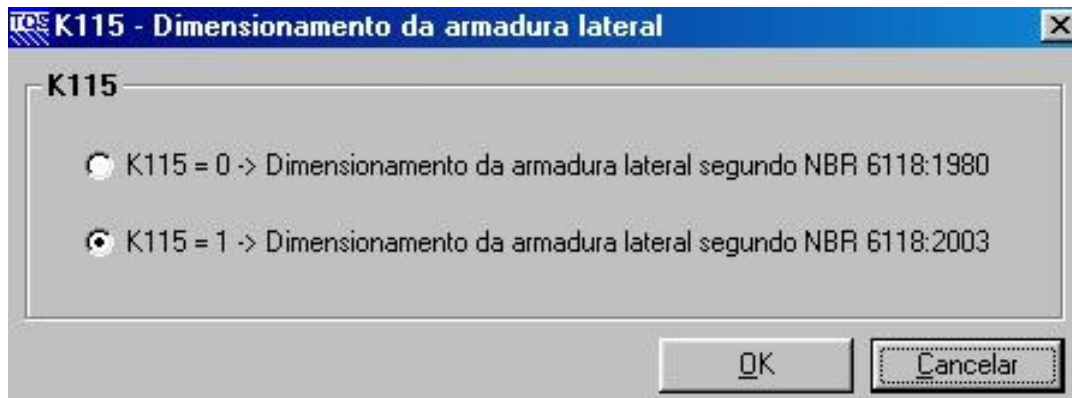
$$A_{s,lat} = 0,10 \% A_{c,alma}$$

em cada face da alma da viga e composta por barras de alta aderência

$$A_{c,alma} = \text{área da seção de concreto}$$

O detalhamento desta armadura é realizado a partir de uma determinada altura de viga definida no arquivo de critérios. A norma estabelece este valor como sendo 60cm. Caso tenha sido calculada a armadura de torção na lateral da viga, esta armadura é detalhada mesmo para alturas de vigas menores que o estabelecido no arquivo de critérios.

Para acionar esta opção, utiliza o K115 como abaixo:



## 12.) Detalhamento da Armadura Transversal

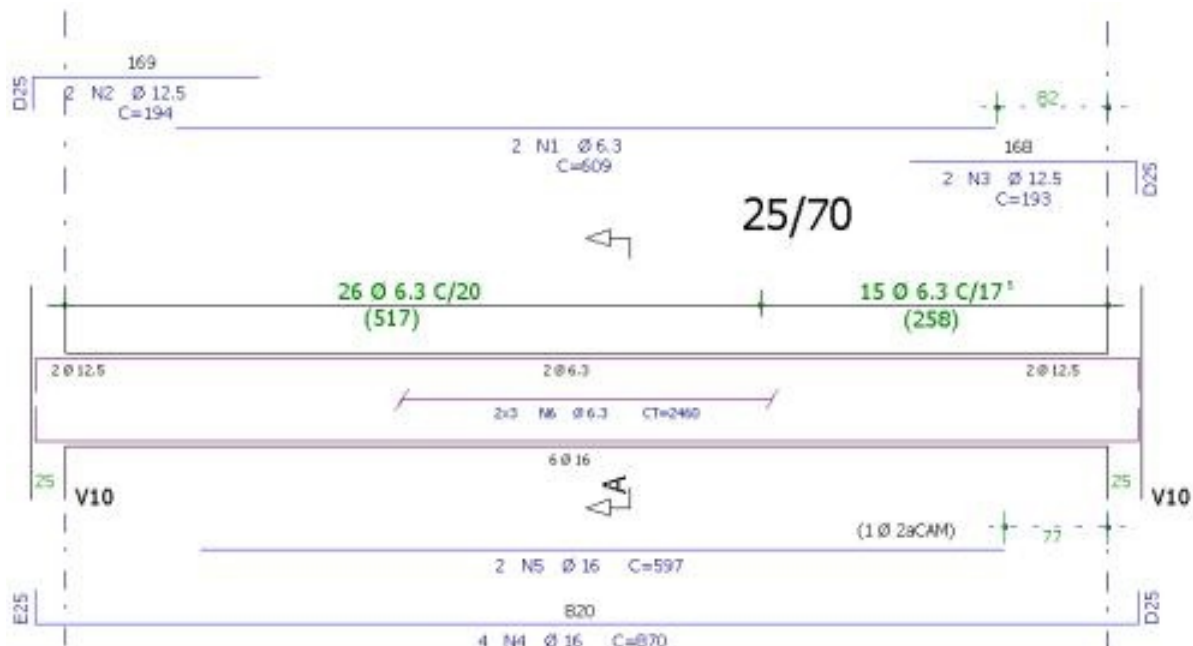
O detalhamento da armadura transversal também foi pouco alterado. Ressalto alguns pontos:

- Espaçamento longitudinal mínimo de estribos

A seguinte condição tem que ser verificada:

$$\text{se } V_d \leq 0,67 V_{Rd2}, \text{ então } s_{m\acute{a}x} = 0,6 d \leq 30 \text{ cm ;}$$

$$\text{se } V_d > 0,67 V_{Rd2}, \text{ então } s_{m\acute{a}x} = 0,3 d \leq 20 \text{ cm}$$

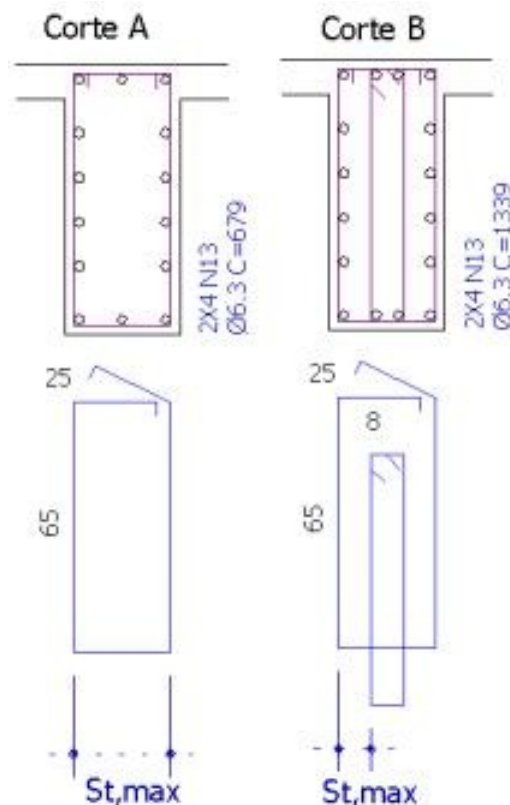


- Espaçamento transversal entre ramos de estribos

A seguinte condição tem que ser verificada:

se  $V_d \leq 0,20 V_{Rd2}$ , então  $s_{t,m\acute{a}x} = d \leq 80 \text{ cm}$

se  $V_d > 0,20 V_{Rd2}$ , então  $s_{t,m\acute{a}x} = 0,6 d \leq 35 \text{ cm}$



Abaixo apresentamos a mensagem emitida caso esta condição não seja satisfeita:

**AVISO/ERRO: Espaçamento transversal de estribos excedido.**  
**SISTEMA: CAD/Vigas**  
**CLASSIFICAÇÃO: 1 - Médio, Verifique**  
**ELEMENTO: Viga 3**  
**TRECHO: Vo 2**

O espaçamento transversal de estribos = **69,05 cm** ultrapassou o valor máximo permitido pela NBR 6118:2003 que corresponde a **37,00 cm**. O Cad/Vigas possui diversos critérios de projeto para a seleção do número de ramos de estribos ( 2 ou 4 ) e conseqüentemente o espaçamento transversal. Recorra ao arquivo de critérios, armadura transversal, item K18, e altere o seu critério de projeto para que esta condição seja satisfeita.

- Largura da viga em função da altura.

Se a largura da viga ultrapassar o valor de ( 5 \* d ) significa que a "viga" tem que ser dimensionada ao cisalhamento como laje. Este é um caso, por exemplo, de certas vigas-faixa. A seguinte mensagem é emitida neste caso:

**AVISO/ERRO:** Largura da viga é excessiva para cisalhamento.

**SISTEMA:** CAD/Vigas

**CLASSIFICAÇÃO:** 1 - Médio, Verifique

**ELEMENTO:** Viga 3

**TRECHO:** Vão 2

A largura da viga = **2,14 m** ultrapassou o valor correspondente a  $5 * d = 1,85$  m. Segundo a norma brasileira, esta viga deve ter seu dimensionamento ao cisalhamento realizado como laje e não como viga. Se for uma viga faixa, utilize a armação ao cisalhamento obtida no programa de lajes e não no programa de vigas.

**Possíveis soluções:**

a) Altere as dimensões para que  $b_w \leq 5d$ .

b) Defina a viga com viga faixa e utilize o dimensionamento do lajes.

c) Defina esta região da viga como sendo uma laje.

## 13.) Gerais

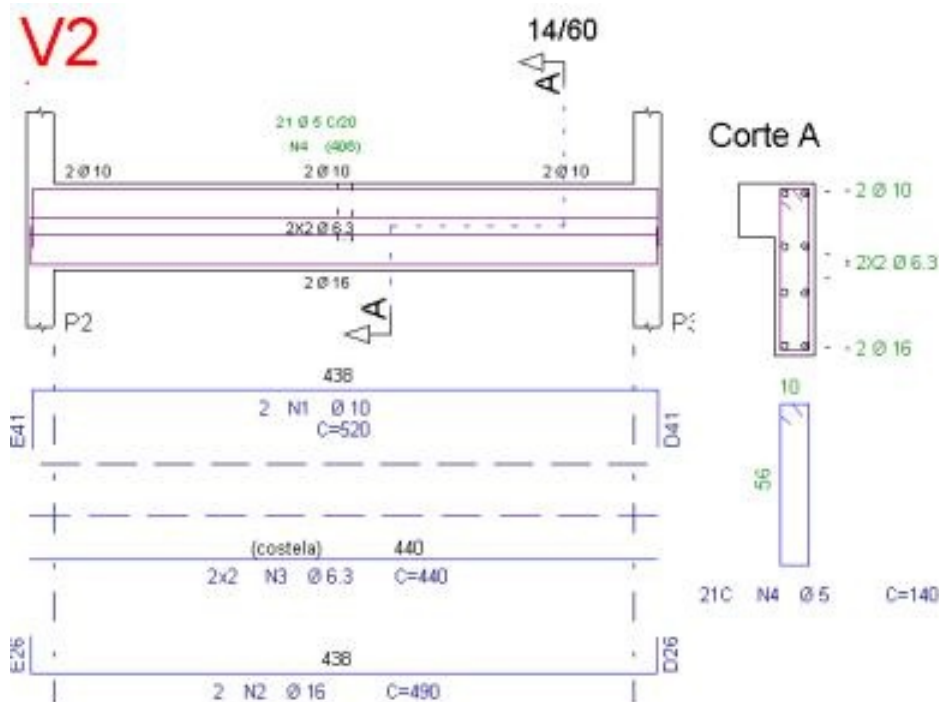
- Cobrimento por viga

Como o cobrimento agora pode ser definido por viga, apresentamos no relatório geral de vigas a informação deste cobrimento para cada viga.

**VIGA=1 V1 REPET=1 NAND=1 FAT.ALT=1.00 COB= 2. CM**

- Desenho final da viga

O desenho final nada mudou.



## 14.) Principais Conclusões

Resumidamente temos:

- Concreto - Dimensões e Verificações

Algumas vigas terão suas dimensões aumentadas, principalmente a largura, devido aos novos valores de cobrimento

das armaduras. Vigas de 11 cm de largura, empregadas no litoral, já não serão possíveis de serem projetadas. É preciso cuidar do correto alojamento das armaduras na seção transversal. Aumentar o cobrimento e manter as dimensões atuais vai apenas provocar o congestionamento das armaduras e induzir ao cálculo de apenas uma barra por camada.

Com as novas e maiores solicitações de torção que, fatalmente, deverão surgir, algumas vigas precisarão ter suas dimensões aumentadas. A limitação do emprego de certos valores de plastificação para os momentos negativos também acarretará, em determinadas situações específicas, num aumento da seção transversal.

- Armaduras

Em função do exposto, teremos algumas conseqüências:

Aumento da armadura lateral, quando necessária.

Aumento da armadura de flexão devido a limitação de  $x/d$

Aumento da armadura de torção, agora dimensionada também para a face inferior e superior da viga.

Aumento da armadura de cisalhamento.

Aumento da armadura mínima em casos de seção T.

A quantificação destes acréscimos de armaduras poderá ser avaliada nos exemplos práticos de edifícios reais que serão processados.

Nelson Covas - TQS