

# Viabilidade econômica de longarina pré-moldada protendida com aço CP-210 RB para obras de artes especiais

GABRIEL MOREIRA MIGLIORE – PROFESSOR MESTRE

ANGELO RUBENS MIGLIORE JUNIOR – PROFESSOR DOUTOR

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE BARRETOS – UNIFEB

GUILHERME ARIS PASRSEKIAN – PROFESSOR DOUTOR

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCAR

## RESUMO

NESTE ARTIGO SÃO APRESENTADOS OS RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO DE LONGARINA ISOSTÁTICA COM ARMADURA PASSIVA E ARMADURA ATIVA COM USO DE AÇO CP-190 RB E CP-210 RB, COM PROTENSÃO COMPLETA E LIMITADA. TAMBÉM SÃO APRESENTADOS OS RESULTADOS DE COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE EXECUÇÃO DESSAS VIGAS PRÉ-MOLDADAS PARA OAE. FORAM DETERMINADAS LINHAS DE TENDÊNCIA COM OS CUSTOS DE PRODUÇÃO DE LONGARINAS PARA PONTES RODOVIÁRIAS CLASSE 450, COM TABULEIRO DE COMPRIMENTO DE 20 A 35 M. FOI DETERMINADO, QUE PARA

COMPRIMENTOS MAIORES QUE 22 M, SE TORNA ECONOMICAMENTE VIÁVEL O USO DE LONGARINAS PRÉ-MOLDADAS PROTENDIDAS, COM USO DO NOVO AÇO BRASILEIRO CP-210 RB. FOI CONSTATADO QUE O CUSTO DE ANCORAGEM REPRESENTA 15% A 20% DO CUSTO DE PRODUÇÃO DE LONGARINA PROTENDIDA, SENDO ESTE PERCENTUAL, PARA OS CASOS COM PROTENSÃO COMPLETA, MAIOR QUE O CUSTO DOS SERVIÇOS DE CONCRETO E DE FORMA. O CUSTO RELATIVO DE ANCORAGEM DIMINUI COM O AUMENTO DO COMPRIMENTO DO TABULEIRO.

**Palavras-chave:** concreto protendido, OAE, pontes, viga pré-moldada, CP-210.

## I. INTRODUÇÃO

As principais vantagens do uso da protensão para elementos fletidos são:

- limitação ou eliminação de fissuras;
- redução ou praticamente eliminação de flecha diferida ao longo do tempo;
- menor consumo e melhor arranjo de armadura na seção transversal;
- minoração ou impedimento da corrosão de armadura;
- maior resistência à fadiga do aço;
- maior resistência às tensões originadas de força cortante e torção;
- estruturas mais esbeltas e com menor peso próprio do que as de concreto armado;

h) capacidade de vencer maiores vãos.

Outra importante vantagem do uso da protensão, especialmente para obras com limitação de gabarito, é a capacidade de obter elementos com menor altura de seção transversal para situações de vãos e carregamentos iguais, em virtude do aumento de rigidez à flexão em relação ao concreto armado. A partir do projeto de posicionamento dos cabos de protensão, é ainda possível impor contra-flecha ao elemento, reduzindo o valor final da flecha. Em geral e para elementos de OAE (Obras de Artes Especiais), a altura da seção transversal dos elementos de concreto protendido é cerca de 65% a 80% da altura da seção dos elementos

de concreto armado e, conseqüentemente, o consumo de concreto é cerca de 20% a 35% menor.

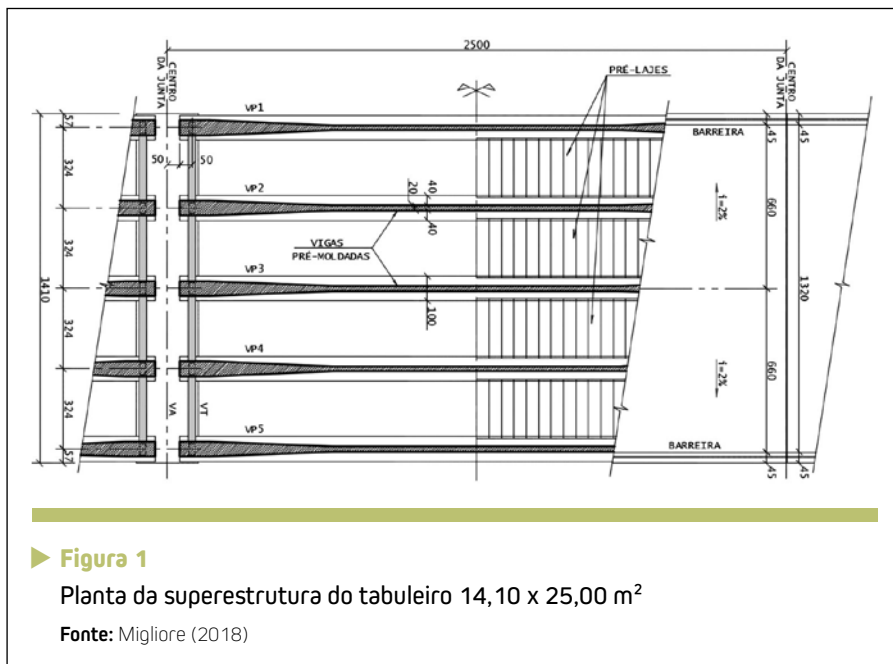
## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

#### 2.1.1 Análise estrutural

Para análise da longarina isostática, foram estudados tabuleiros de pontes rodoviárias baseados no projeto padrão PP-DE-C01/294 do DER-SP (2006), com adaptações para o trabalho. Foram idealizados quatro tabuleiros com comprimento variável em função do centro da junta estrutural, sendo estes: 20, 25,



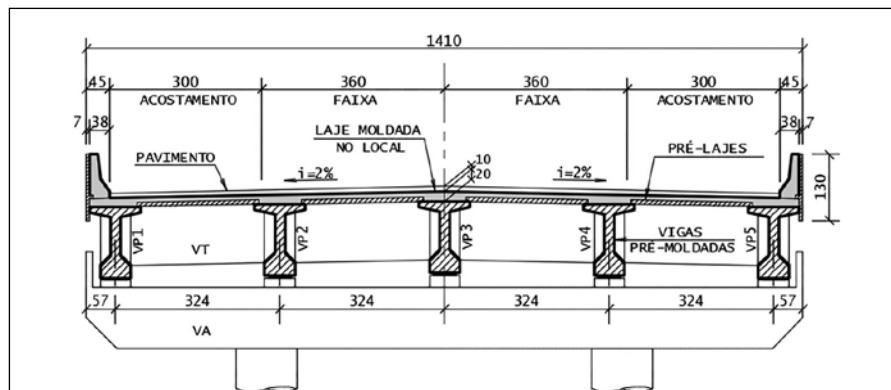


► **Figura 1**  
 Planta da superestrutura do tabuleiro 14,10 x 25,00 m<sup>2</sup>  
 Fonte: Migliore (2018)

30 e 35 m. A Figura 1 ilustra a planta da superestrutura do exemplo do tabuleiro de 14,10x25,00 m<sup>2</sup>. Para cada tabuleiro em estudo, são apresentados os resultados de dimensionamento da viga principal para três sistemas construtivos: longarina armada com aço CA-50, protendida com aço CP-190 RB e protendida com aço CP-210 RB, recém-introduzida no mercado brasileiro. As opções em concreto protendido foram consideradas com protensão limitada e completa, para o sistema de pós-tração com aderência posterior.

A quantidade de longarinas foi mantida igual para cada exemplo, variando apenas a altura da seção transversal em função do comprimento do tabuleiro, de modo a atender as condições de projeto no ELS (Estado Limite de Serviço) e no ELU (Estado Limite Último). Foi fixado o carregamento classe 450, a largura do tabuleiro de 14,10 m e a espessura da laje de 20 cm. Foi adotado concreto C45 para vigas pré-moldadas e concreto C35 para laje de tabuleiro.

O tabuleiro em estudo é composto por cinco longarinas pré-moldadas, espaçadas de 3,24 m entre si, conforme corte transversal da superestrutura apresentado na Figura 2. As longarinas (VP) são apoiadas sobre as vigas de apoio VA (travessa de pórtico) por meio de aparelho de apoio fretado e possuem travamento de extremidade por intermédio das transversinas de extremidade (VT), moldadas no local.



► **Figura 2**  
 Corte da superestrutura do tabuleiro composto por cinco longarinas  
 Fonte: Migliore (2018)

A Tabela 1 apresenta o resumo de dimensões consideradas no estudo.

Os esforços nos elementos estruturais foram obtidos com auxílio de programa STRAP. O modelo estrutural do tabuleiro considerado é formado por elementos finitos planos, que representam as lajes do tabuleiro, e por elementos de barra, que representam as longarinas e transversinas de apoio.

## 2.1.2 COMPARATIVOS DE CUSTOS DE PRODUÇÃO

A comparação de custos para produção de viga pré-moldada de OAE com aço CA-50 e com aço CP-190 RB e CP-210 RB foi realizada com uso da TPU do DER-SP (2019), relativa ao mês de setembro de 2019, com valores não desonerados para OAE. Os preços unitários contemplam os valores relativos à mão de obra, encargos sociais, BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) e todos os equipamentos necessários à execução dos serviços.

A Tabela 2 apresenta os preços unitários de cada item para a execução de vigas pré-moldadas de OAE. A partir de

► Tabela 1 – Resumo de dimensões consideradas no estudo

Dimensões do tabuleiro (m <sup>2</sup> )	Longarina isostática armada / protendida		
	Comprimento do vão teórico (m)	Altura seção simples (cm)	Altura seção composta (cm)
14,10 x 20,00	18,00	120	140
14,10 x 25,00	23,00	140	160
14,10 x 30,00	28,00	180	200
14,10 x 35,00	33,00	200	220

Fonte: Migliore (2018)

consulta a fornecedores de cordoalhas de aço, foi identificado o preço médio de 8,35 R\$/kg para cordoalha CP-190 RB e 9,05 R\$/kg para cordoalha CP-210 RB. De fato, estes preços devem ser considerados com ressalva, pois podem variar com o tempo e com o mercado local com diferentes fornecedores de aço de protensão. A TPU do DER-SP (2019) não distingue o preço de armadura ativa, em virtude de o pre-

ço unitário já contemplar outros serviços, além da própria cordoalha de aço. Neste texto o preço unitário para o item aço CP-210 RB, foi obtido pela diferença de preço dos aços, com acréscimo no preço unitário para item CP-210 RB a partir do item CP-190 RB da TPU do DER-SP (2019), resultando em valor de 28,05 R\$/kg para CP-210 RB, contra 27,35 R\$/kg do CP-190 RB.

Os preços de ancoragem ativa apresentados na Tabela 2 são referentes ao aço CP-190 RB. Para o aço CP-210 RB, foi considerado o preço de ancoragem ativa de aço CP-190 RB com força de protensão inicial equivalente ao aço CP-210 RB. Foi realizada interpolação linear dos valores de preço unitário para os casos de ancoragem ausentes na TPU do DER-SP (2019).

De fato, as especificações e o preço dos dispositivos de ancoragem dependem do diâmetro e da quantidade de cordoalhas e da categoria do aço de protensão. Como exemplo, para uma mesma força de protensão inicial, a quantidade de cordoalhas pode ser reduzida em cerca de 40% quando o diâmetro é alterado de 12,7 mm para 15,2 mm. De modo semelhante, a troca da categoria de aço de CP-190 RB para CP-210 RB pode diminuir a quantidade de cordoalhas em cerca de 10%.

► Tabela 2 – Preços unitários de itens para produção de longarinas

Descrição do item	Unid.	Preço unit. (R\$/unid.)
Concreto C45	m <sup>3</sup>	656,04
Forma metálica	m <sup>2</sup>	87,44
Aço CA-50	kg	10,79
Aço CP-190 RB	kg	27,35
Aço CP-210 RB	kg	28,05
Ancoragem ativa 6 $\phi$ 12,7	unid.	809,43
Ancoragem ativa 9 $\phi$ 12,7	unid.	1.120,21
Ancoragem ativa 12 $\phi$ 12,7	unid.	1.430,98
Ancoragem ativa 15 $\phi$ 12,7	unid.	1.971,90
Ancoragem ativa 19 $\phi$ 12,7	unid.	2.693,13

Fonte: Adaptado de TPU DER-SP (2019)

## 2.2 Resultados

### 2.2.1 COMPARATIVO DE DIMENSIONAMENTO

A Tabela 3 apresenta o resumo comparativo de resultados de Migliore (2018) para dimensionamento de armadura passiva e ativa de flexão no ELU, para cada tabuleiro estudado. Pode ser observado que, para as situações de longarina armada e longarina protendida, com protensão limitada, o ELU condiciona o resultado de dimensionamento da armadura de flexão e que o momento fletor resistente de cálculo  $M_{Rd}$  resultou, no máximo, em 3% superior ao momento fletor solicitante de cálculo  $M_{Sd}$ . Nota-se que, para as situações de protensão completa, o ELS condiciona o resultado de dimensionamento da armadura de flexão e  $M_{Rd}$  resultou cerca de 10% a 25% superior ao  $M_{Sd}$ .

Também pode ser verificado na Tabela 3 que, quando comparado os arranjos de cabos de protensão para a mesma intensidade de protensão, foi possível reduzir uma cordoalha de aço com diâmetro de 12,7 mm em cada cabo de protensão para as vigas com aço CP-210 RB, em relação as com aço CP-190 RB.

A Tabela 4 apresenta o resumo comparativo de resultados de Migliore (2018) para verificação de deslocamento vertical estimado na estrutura no ELS-DEF (Estado Limite de Serviço de Deformações Excessivas), para cada sistema construtivo considerado e para cada tabuleiro de ponte rodoviária em estudo, onde  $a_{cr}$  é a contra-flecha imposta na etapa de execução,  $a_p$  é o deslocamento no ato de protensão e  $a_d$  é o deslocamento máximo da estrutura considerando os efeitos da fluência do concreto.



Na Tabela 4, é possível observar que, para vigas com protensão completa, o momento fletor de fissuração do elemento estrutural  $M_f$  é superior ao momento fletor máximo em serviço avaliado para a combinação rara de serviço  $M_{CR}$ ; deste modo o elemento estrutural não fissura, permitindo considerar toda a inércia bruta da seção de concreto. Entretanto, para as vigas com protensão limitada,  $M_{CR} > M_f$  e, deste modo, o elemento encontra-se fissurado.

Pode ser observado na Tabela 4 que, quando comparados os resultados dos deslocamentos obtidos para o tabuleiro de 14,10x35,00 m<sup>2</sup>, com longarina protendida e armada, o deslocamento com a protensão limitada

resulta em cerca de 50% do deslocamento da peça armada e o deslocamento com a protensão completa resulta em cerca de 10% do deslocamento da longarina armada. O deslocamento estimado para a peça armada é de 9,7 cm e o deslocamento para a longarina com protensão completa é menor que 1 cm.

## 2.2.2 COMPARATIVO DE CUSTOS DE PRODUÇÃO

As Figuras 3 a 5 ilustram os percentuais de custos relativos de cada serviço para a produção de longarina armada com aço CA-50 e protendida com aço CP-210 RB para situação de pro-

tensão limitada e completa. Os percentuais relativos de custos de produção são apresentados para cada sistema construtivo considerado e para cada tabuleiro em estudo.

A partir da análise da Figura 3, pode ser observado que o custo do serviço, incluindo materiais e mão de obra, de concreto representa em média 16% do custo total de produção, o custo de forma em média 14% e o de aço CA-50 em torno de 70%. Nota-se também que o custo relativo dos serviços de concreto e de forma diminuem em função do aumento do comprimento do tabuleiro. Entretanto, o custo do serviço de aço CA-50 aumenta em função do aumento do comprimento do tabuleiro.

► Tabela 3 – Resumo comparativo de dimensionamento de armadura de flexão no ELU

Tabuleiro	Sistema construtivo		$M_{Rd}$ (kN.m)	$\frac{M_{Rd}}{M_{Sd}}$	Arranjo de armadura	
	Protensão	Aço			Passiva	Ativa
14,10 x 20,00 m <sup>2</sup>	—	CA-50	5.434	1,00	21 $\phi$ 25	—
	Limitada	CP-190 RB	5.609	1,03	7 $\phi$ 16	3x 9 $\phi$ 12,7
		CP-210 RB	5.527	1,02	7 $\phi$ 16	3x 8 $\phi$ 12,7
	Completa	CP-190 RB	6.384	1,17	—	3x 12 $\phi$ 12,7
		CP-210 RB	6.465	1,19	—	3x 11 $\phi$ 12,7
14,10 x 25,00 m <sup>2</sup>	—	CA-50	8.234	1,02	27 $\phi$ 25	—
	Limitada	CP-190 RB	8.230	1,02	6 $\phi$ 16	3x 12 $\phi$ 12,7
		CP-210 RB	8.325	1,03	6 $\phi$ 16	3x 11 $\phi$ 12,7
	Completa	CP-190 RB	9.265	1,14	—	3x 15 $\phi$ 12,7
		CP-210 RB	9.547	1,18	—	3x 14 $\phi$ 12,7
14,10 x 30,00 m <sup>2</sup>	—	CA-50	11.995	1,03	31 $\phi$ 25	—
	Limitada	CP-190 RB	11.802	1,01	7 $\phi$ 16	4x 10 $\phi$ 12,7
		CP-210 RB	11.748	1,01	7 $\phi$ 16	4x 9 $\phi$ 12,7
	Completa	CP-190 RB	12.743	1,10	—	4x 12 $\phi$ 12,7
		CP-210 RB	12.905	1,11	—	4x 11 $\phi$ 12,7
14,10 x 35,00 m <sup>2</sup>	—	CA-50	15.994	1,03	38 $\phi$ 25	—
	Limitada	CP-190 RB	15.686	1,01	2 $\phi$ 16	4x 13 $\phi$ 12,7
		CP-210 RB	15.987	1,03	2 $\phi$ 16	4x 12 $\phi$ 12,7
	Completa	CP-190 RB	18.745	1,20	—	4x 16 $\phi$ 12,7
		CP-210 RB	19.398	1,25	—	4x 15 $\phi$ 12,7

Fonte: Migliore (2018)

► Tabela 4 – Resumo comparativo de verificação de deslocamento na longarina no ELS

Tabuleiro	Sistema construtivo		$M_f$ (kN.m)	$\frac{M_f}{M_{CR}}$	Deslocamento estimado (cm)		
	Protensão	Aço			$a_{cf}$	$a_v$	$a_{cf} + a_f$
14,10 x 20,00 m <sup>2</sup>	—	CA-50	1.100	0,29	-3,0	—	3,3
		CP-190 RB	3.393	0,89	—	-1,0	3,3
	Limitada	CP-210 RB	3.461	0,91	—	-1,0	3,4
		CP-190 RB	4.229	1,11	—	-1,4	0,1
	Completa	CP-210 RB	4.344	1,14	—	-1,4	0,1
		—	CA-50	1.374	0,24	-5,0	—
14,10 x 25,00 m <sup>2</sup>	—	CA-50	1.374	0,24	-5,0	—	6,4
		CP-190 RB	5.194	0,91	—	-1,9	4,4
	Limitada	CP-210 RB	5.290	0,93	—	-1,9	4,6
		CP-190 RB	5.885	1,03	—	-2,2	0,7
	Completa	CP-210 RB	5.978	1,05	—	-2,2	0,7
		—	CA-50	1.984	0,24	-5,0	—
14,10 x 30,00 m <sup>2</sup>	Limitada		CP-190 RB	7.506	0,91	—	-2,0
		CP-210 RB	7.615	0,93	—	-2,0	5,1
	Completa	CP-190 RB	8.397	1,02	—	-2,4	1,2
		CP-210 RB	8.563	1,04	—	-2,4	1,2
14,10 x 35,00 m <sup>2</sup>	—	CA-50	2.319	0,21	-8,0	—	9,7
		CP-190 RB	9.965	0,90	—	-3,1	5,4
	Limitada	CP-210 RB	10.144	0,92	—	-3,1	5,7
		CP-190 RB	11.171	1,01	—	-3,6	0,7
	Completa	CP-210 RB	11.393	1,03	—	-3,7	0,8

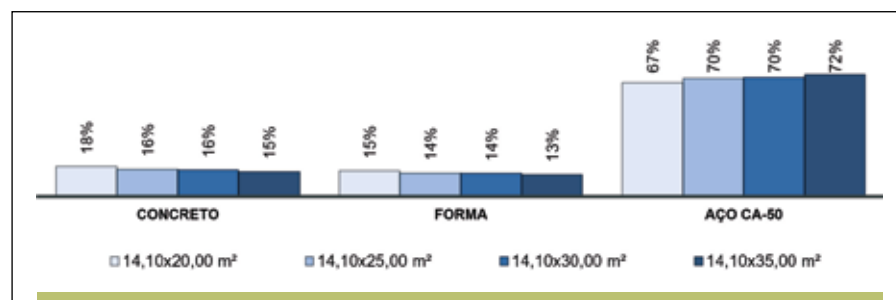
Fonte: Migliore (2018)

A partir da análise da Figura 4, pode ser observado que o custo do concreto representa em média 17% do custo total de produção e o custo de forma, em média 15%. Também pode ser notado que os custos relativos da

armadura passiva e a ancoragem ativa diminuem com o aumento do comprimento do tabuleiro, variando entre 22% e 29%, para a armadura passiva, e variando entre 11% e 16%, para a ancoragem ativa. Entretanto, o custo

relativo da armadura ativa aumenta com o aumento do comprimento do tabuleiro, variando entre 24% e 34% do custo total de produção.

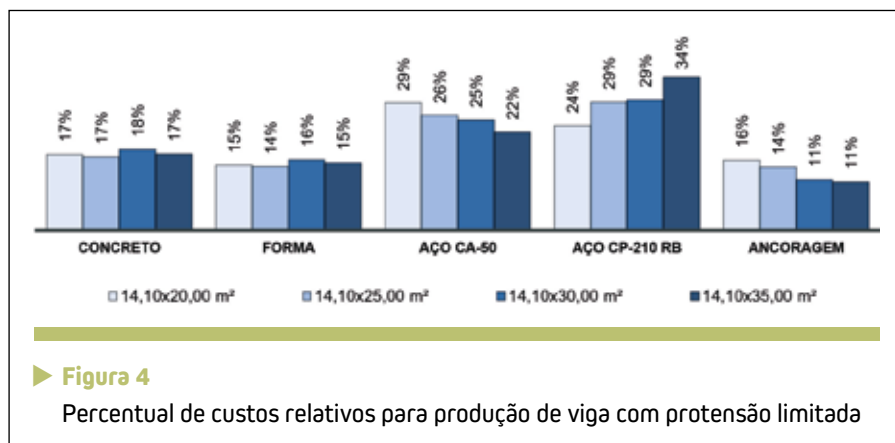
A partir da análise da Figura 5, pode ser observado que o custo do concreto representa em média 16% do custo total de produção e o custo de forma, em média 14%. Também pode ser notado que os custos relativos da armadura passiva e a ancoragem ativa diminuem com o aumento do comprimento do tabuleiro, variando entre 16% e 20%, para a armadura passiva, e variando entre 14% e 19%, para a ancoragem ativa. Entretanto, o custo relativo da armadura ativa aumenta com o aumento do comprimento do



► Figura 3

Percentual de custos relativos para produção de viga armada





tabuleiro, variando entre 31% e 40% do custo total de produção.

A Figura 6 ilustra as retas de tendência de custos de produção das longarinas pré-moldadas analisadas, para a solução em concreto armado e em concreto protendido, obtidas a partir dos custos de produção por área de tabuleiro. Os custos de produção foram determinados a partir dos consumos de materiais e serviços apresentados por Migliore (2018) e preços unitários apresentados neste artigo.

A análise dos custos de produção apresentados na Figura 6 indica que tabuleiros de OAE rodoviárias analisados, com comprimentos de até 22 m, são mais econômicos quando utilizadas longarinas em concreto armado. Para tabuleiros com comprimentos maiores que 22 m, é mais econômico utilizar longarinas com protensão limitada e aço CP-210 RB.

Para a situação de longarinas com protensão completa, pode ser verificado, na Figura 6, que tabuleiros com comprimentos maiores que 25 m são mais econômicos quando utilizadas longarinas protendidas com protensão completa e aço CP-210 RB do que longarinas em concreto armado.

Nota-se, na Figura 6, que, para os tabuleiros em estudo, o custo de pro-

dução de viga pré-moldada com protensão limitada é sempre inferior ao custo de produção de viga com protensão completa, no caso cerca de 6%.

### 3. CONCLUSÕES

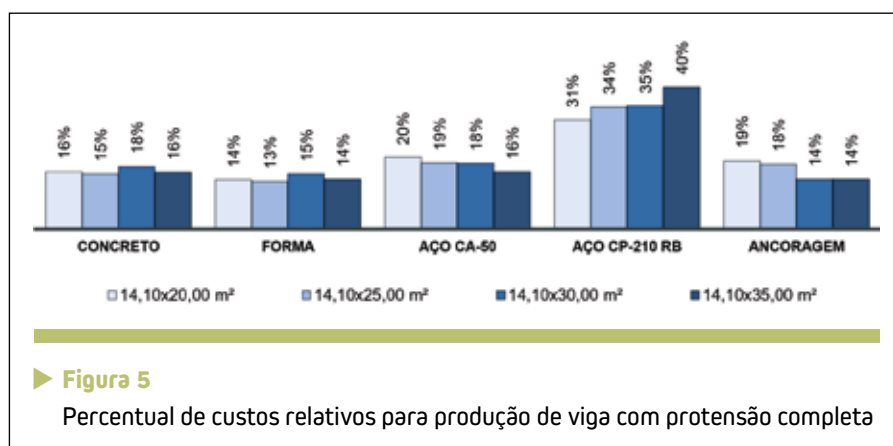
A partir dos resultados, foi observado que o ELU condiciona o resultado de dimensionamento da armadura de flexão para as situações de viga armada e viga protendida com protensão limitada e que o ELS condiciona o resultado de dimensionamento da armadura de flexão para as situações de protensão completa em OAE com pós-tração aderente.

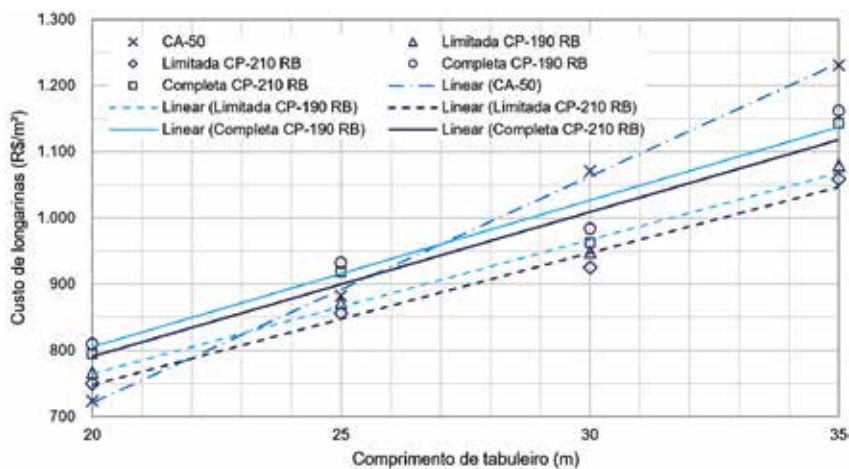
Foi observado, no dimensionamento, que, para os arranjos de cabos de mesma intensidade de força de protensão foi possível reduzir uma cordoalha de aço com diâmetro de 12,7 mm, em

cada cabo de protensão para as vigas protendidas com aço CP-210 RB, em relação às vigas protendidas com aço CP-190 RB. Também foi possível observar o menor consumo e melhor arranjo de armadura longitudinal nas longarinas protendidas em comparação com as longarinas armadas.

Para as longarinas com protensão completa, o momento de fissuração do elemento estrutural é superior ao momento fletor máximo em serviço, deste modo, o elemento estrutural encontra-se não fissurado. Para as longarinas armadas e longarinas protendidas com protensão limitada, o momento de fissuração do elemento é inferior ao momento fletor máximo em serviço e, deste modo, o elemento encontra-se fissurado. Para as longarinas com protensão completa, o deslocamento final calculado foi cerca de 1 cm e, deste modo, houve praticamente a eliminação da flecha diferida ao longo do tempo.

A partir do comparativo de custos apresentado, foi observado que o custo da cordoalha de CP-210 RB é maior que a de CP-190 RB em cerca de 8%, quando comparados os custos de um mesmo fornecedor. No entanto, o consumo de armadura ativa de CP-210 RB utilizado para produção de vigas pré-moldadas é menor quando comparado





► **Figura 6**  
Custo de produção de viga pré-moldada isostática

ao CP-190 RB, resultando no custo final de produção de viga pré-moldada protendida com aço CP-210 RB menor do que viga pré-moldada protendida com aço CP-190 RB, em torno de 2%. Sendo assim, é verificado que o ganho de resistência do aço em 10% é inferior ao aumento do custo do material em 8%.

Para os casos em estudo, foi verificado que o custo de produção de longarina com protensão limitada é sempre inferior ao custo de produção de longarina com protensão completa, em torno de 6%. Entretanto, foi verificado que as vigas protendidas com protensão completa apresentam melhor desempenho estrutural no ELS em relação as vigas protendidas com protensão limitada e as vigas armadas, devido à eliminação de fissuras. Pode-se concluir que a viga pré-moldada com protensão completa apresenta melhor desempenho técnico devido à maior durabilidade, diminuição ou praticamente eliminação da fadiga da armadura e da flecha diferida na lon-

garina ao longo do tempo. A diminuição do deslocamento vertical da longarina promove maior conforto ao usuário, pois permite o tráfego sobre tabuleiro mais uniforme.

Observou-se também que o custo de ancoragem ativa na pós-tração aderente representa cerca de 20% do custo total da viga protendida com comprimento de 19 m, sendo este percentual maior que o custo dos serviços de concreto e de forma. Para vigas de maior comprimento, este percentual diminui, como, por exemplo, para a viga com comprimento de 34 m, no qual o custo de ancoragem ativa representa cerca de 15% do custo total. Deste modo, é possível concluir que as quantidades de aparelhos de ancoragem ativa influenciam de modo significativo o custo total de produção e que menores quantidades resultam em menor custo de produção.

A partir das retas de tendência, considerando os custos fornecidos com uso

de TPU do DER-SP (2019), dos serviços de concreto, forma metálica, aço CA-50, aço CP-190, aço CP-210 e ancoragem ativa, conclui-se que, para os tabuleiros rodoviários analisados neste trabalho com comprimento de até 22 m, a opção com menor custo é a solução em concreto armado. A partir desse comprimento, a opção com menor custo é a solução em concreto protendido com protensão limitada e uso de aço CP-210 RB. Em todos os casos em estudo, o custo utilizando aço CP-210 RB resultou menor que o utilizando aço CP-190 RB. O mesmo pode ser concluído em relação à protensão limitada, sempre de menor custo que a protensão completa, quando desconsiderados os aspectos técnicos de desempenho ou durabilidade.

As conclusões de custos de produção obtidas neste trabalho podem ser modificadas quando são comparados preços de produtos e de serviços para protensão de diferentes fornecedores. Em particular para as cordoalhas de aço, as conclusões podem ser alteradas quando os custos para fornecimento de aço de maior resistência forem menores. Historicamente, este fato ocorreu quando da utilização mais frequente de aço CP-175 em substituição ao aço CP-150. Provavelmente, a mesma tendência de custos pode ser alterada no futuro quando da maior utilização de aço CP-210 RB e, eventualmente, de aço CP-240 RB, hoje em desenvolvimento pela indústria siderúrgica. ◀

## ► REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. PP-DE-C01/294 – Projeto padrão de seções transversais de Obras de Arte Especiais, PP-DE-C01/294. São Paulo: DER, 2006. Disponível em <<http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Documentos/DocumentosDER.aspx#>>, acesso em 15 de dezembro de 2019.
- [2] DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. TPU – Tabela de preços unitários, TPU. São Paulo: DER, 2019. Disponível em <<http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Documentos/DocumentosDER.aspx#>>, acesso em 15 de dezembro de 2019.
- [3] MIGLIORE, G. M. Viabilidade de uso de cordoalha de aço CP-210 RB em viga pré-moldada para pontes. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018. 175p.

