



Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico. ISSN: 2446-6778
Nº 3, volume 5, artigo nº 67, Janeiro/Julho 2019
D.O.I: <http://dx.doi.org/10.20951/2446-6778/v5n3a67>
Edição Especial

COMPARATIVO ECONÔMICO ENTRE VIGAS MISTAS E VIGAS EM CONCRETO ARMADO.

Costa, Davi Costa de¹
Graduando em Engenharia Civil

Vilela, Dênio Mazzini Martins²
Graduando em Engenharia Civil

Teodoro, Katia Nataly Andrade³
Graduando em Engenharia Civil

Miller, Cristiano Pena⁴
Mestre em Engenharia Civil

Lima, Amanda Camerini⁵
Doutora em Eng.Ciência dos Materiais

Resumo

Com o propósito de comparar a viabilidade econômica entre os métodos de vigamento mais adequados, foram levantadas três hipóteses distintas para análise, diferenciando-se no tipo de viga (simples ou contínua), na dimensão dos vãos adotados, na localização da viga e na espessura da laje. Portanto, efetuou-se para cada opção o dimensionamento de vigas em concreto armado e vigas mistas, a fim de obter o quantitativo dos custos diretos da obra: materiais, mão de obra e equipamentos. Em vista dos resultados alcançados nesse estudo, conclui-se que, a alternativa mais viável economicamente para grandes vãos é a adoção de vigas mistas, e para pequenos vãos é o emprego de vigas em concreto armado.

Palavras-chave: concreto armado; viga mista; custos.

Abstract

In order to compare the economic viability between the most appropriate beam methods,

¹ Universidade Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, davicostade96@gmail.com

- ² Universidade Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, deniomazzini@hotmail.com
³ Universidade Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, katianataly@hotmail.com
⁴ Universidade Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, cristianomiller@yahoo.com.br
⁵ Universidade Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, amandacamerini@hotmail.com

three different hypotheses were chosen for analysis, being different in the type of beam (simply supported or continuous), in the dimension of the spans adopted, in the location of the girder and in the thickness of the slab. Therefore, the design of beams in reinforced concrete and composite beams was carried out for each option in order to obtain the quantitative of the direct costs of the construction: materials, labor and equipment. In view of the results obtained in this study, it is concluded that the most economically feasible alternative for large spans is the adoption of composite beams, and for small spans is the use of reinforced concrete beams.

Keywords: reinforced concrete; mixed girder; costs.

1 INTRODUÇÃO

Para a concepção de um projeto estrutural, existem inúmeros métodos construtivos, assim como, diversos materiais que podem ser implantados para o desenvolvimento do empreendimento.

Esta diversificação é dada em função da procura pelo melhor custo-benefício, ou seja, realiza-se a busca por meios eficazes, por exemplo, nos quesitos de durabilidade, segurança e resistência, com o menor valor possível.

Diante deste fato e juntamente com o avanço tecnológico, o emprego de estruturas mistas mostrou-se muito viável no campo de atuação da engenharia civil, pois visa o melhor aproveitamento dos seus elementos constituintes e proporciona uma série de soluções estruturais, tornando-se assim, uma meta cada vez mais valorizada e almejada na atualidade. (PEIXOTO & RODRIGUES, 2016).

Conforme Queiroz (2012), as estruturas mistas de aço e concreto são compostas por um perfil de aço, sendo este de origem soldada, laminada ou formada a frio, e pelo concreto, que normalmente é armado. Ambos os elementos trabalham de forma associada, onde possuem a sua interação através de meios mecânicos, geralmente por conectores, por aderência ou por atrito. As lajes mistas, os pilares mistos e as vigas mistas são exemplos destas estruturas, sendo usualmente empregadas em diversas ocasiões, principalmente na construção de pontes e edifícios.

Para a escolha do método construtivo mais adequado à edificação, seja pelo método convencional em concreto armado ou pelas estruturas mistas, deve-se basear nas

características desejadas do projeto, no conhecimento dos sistemas e na solução estrutural mais apropriada, de modo, que se alcance o melhor desempenho e custo-benefício.

O artigo científico em questão possui como objetivo o comparativo econômico entre vigas mistas e vigas em concreto armado, em perspectivas distintas, diferenciando-se na dimensão e no número de vãos adotados, na localização da viga e na espessura da laje. Buscando assim, um quantitativo dos custos diretos da obra entre esses dois sistemas tão difundidos na área da engenharia.

2 VIGAS

De acordo com a NBR 6118 (2014), as vigas são “*elementos lineares em que a flexão é preponderante*”. Os elementos lineares que também são nomeados de “barra” são considerados como o comprimento longitudinal que vença pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal.

Segundo Bastos (2006), as vigas são projetadas e responsáveis por trabalharem na flexão, as mesmas recebem os carregamentos resultantes de elementos estruturais, basicamente das lajes, e transmitem aos pilares e posteriormente às fundações.

As vigas podem ser aplicadas em variados tipos de construção, a saber: edificações, pontes, viadutos, entre outros. Portanto, podem ser preparadas de concreto armado ou protendido, alumínio, madeira e aço. Em sua maioria, utilizam-se vigas de concreto armado e aço. (RODRIGUES & SOUZA, 2008).

2.1 Vigas em Concreto Armado

As vigas em concreto armado são estruturas convencionais, altamente utilizadas desde a sua concepção. Possuem o concreto para atuar em suas áreas comprimidas, e o aço para trabalhar em suas áreas tracionadas. (BOTELHO & MARCHETTI, 2013).

De acordo com Süssekind (1989), as razões pelo qual o concreto armado tornou-se viável no mercado são dadas pela proteção à oxidação do aço concedida pelo concreto, pela aderência e pelos coeficientes semelhantes de dilatação térmica entre seus elementos.

Conforme Araújo (2010), O concreto armado é um elemento de diversas vantagens: fácil execução; resistência a agentes; baixa manutenção; elevada durabilidade e segurança

quando dimensionado corretamente. Por outro lado, suas principais desvantagens são:

peso próprio elevado; baixa proteção térmica e dificuldade na realização de demolições. A Figura 01 a seguir, exemplifica uma viga em concreto armado.

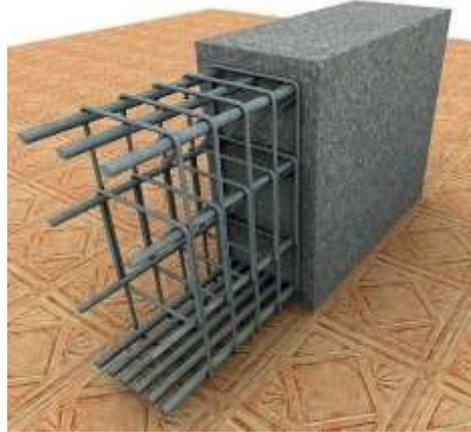


Figura 01 - Viga em concreto armado.

Fonte: VIVAS, *online*.

2.2 Vigas Mistas

Segundo Dias (2011), viga mista é designada como o ligamento entre uma viga em estrutura metálica e uma laje feita de concreto armado. A ligação entre essas duas estruturas é executada através de conectores de cisalhamento.

De acordo com a NBR 8800 (2008), a ligação entre as vigas metálicas e a laje de concreto, feita pelo conector de cisalhamento, possibilita que os dois elementos trabalhem em união, de maneira a resistir à flexão. Desse modo, dentre os tipos de perfis existentes em estruturas metálicas, o perfil “I”, demonstrado na Figura 02, é amplamente utilizado.



Figura 02 –Perfil “I”.

As vantagens da aplicação de vigas mistas são: rápida execução, eliminação ou redução de escoramento, flexibilidade, redução da seção transversal e conseqüentemente do peso próprio. Todavia, suas desvantagens são: a necessidade de manutenções recorrentes e o emprego de proteções contra a corrosão e o fogo. (PFEIL, 2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desse artigo, utilizou-se como auxílio o *software* CYPECAD no dimensionamento de estruturas com parâmetros similares, diferenciando-se apenas no tipo de vigamento adotado, com o propósito de obter o quantitativo de materiais empregados e tornar possível a realização do comparativo econômico entre os métodos.

Neste comparativo econômico considera-se os custos diretos na sua concepção, ou seja, todas as despesas envolvidas de forma direta na elaboração da construção, referentes aos seguintes insumos: materiais, equipamentos e mão de obra.

O primeiro método trata-se do estudo dos gastos para a construção de uma viga em concreto armado. Portanto, o levantamento desses custos foi realizado seguindo como referência a tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) de setembro de 2018, que estabelece critérios para elaboração do orçamento de obras e serviços de engenharia. Para a idealização do mesmo, consideraram-se os seguintes serviços:

- Armação da viga: utilização de vergalhões de aço CA-50 e CA-60 em diferentes bitolas, arame recozido nº18 e aplicação de espaçadores. Mão de obra constituída pelo armador e ajudante;
- Concretagem da viga: uso de concreto usinado com resistência característica à compressão de 20 MPa, equipamento de vibrador de imersão. Mão de obra composta pelo pedreiro e servente;
- Montagem e desmontagem da fôrma da viga: aplicação de fôrma de quarta utilização, com tábua não aparelhada de cedrinho ou similar, escoramento com pontalete de madeira e uso de pregos de aço. Mão de obra formada pelo carpinteiro e ajudante.

O segundo método refere-se ao estudo dos custos para a implantação de uma viga

mista. Sabendo-se que os perfis metálicos são vendidos em seis ou doze metros de comprimento, foi realizado um orçamento no mês de outubro de 2018 em duas empresas conceituadas. A primeira com sede no Estado do Espírito Santo e atuando também no Rio de Janeiro, já a segunda com sede em São Paulo, atuando em todas as regiões brasileiras e também em 12 países localizados nas Américas, Europa e Ásia. Para a elaboração do mesmo, consideraram-se os seguintes itens:

- Perfil “I” de aço laminado: foi escolhido o valor de perfil da segunda empresa, pois a mesma apresentava o menor custo;
- Materiais e equipamentos: eletrodo revestido e cilindro de acetileno e oxigênio como combustível para soldagem ou corte de metais, conectores de cisalhamento. Valores conforme tabela SINAPI;
- Mão de obra: soldador e ajudante, de acordo com a tabela SINAPI.

Os dois métodos serão comparados em três hipóteses distintas, aplicando-se uma carga linear permanente de 5,85 kN/m sobre as vigas, referente a um carregamento de parede de tijolos cerâmicos com três metros de altura e quinze centímetros de espessura. Estas opções serão analisadas em função do tipo de viga (simples ou contínua), tamanho do vão livre, localização da viga e espessura de laje, conforme figura abaixo:

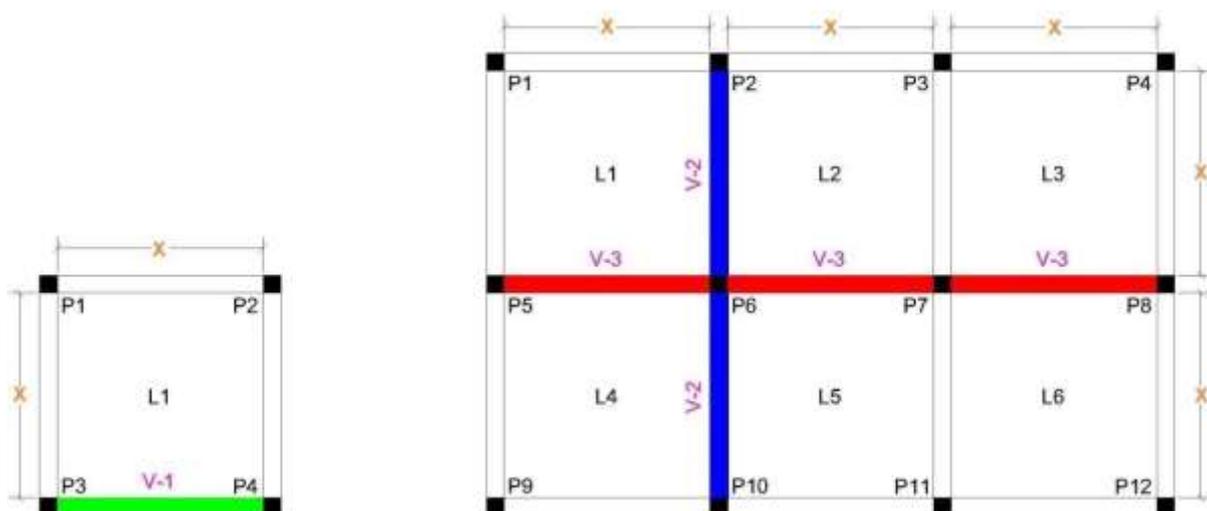


Figura 03 – Vigas analisadas.

Fonte: Arquivo dos autores.

OPÇÃO 01:

Análise da Viga (V-1) conforme Figura 03. Trata-se de uma viga simples, localizada na face externa da edificação, com vão livre ($X= 3,50$ metros) e laje de 10 cm de espessura.

a) **Viga em concreto armado:** Seção transversal de 20x40cm.

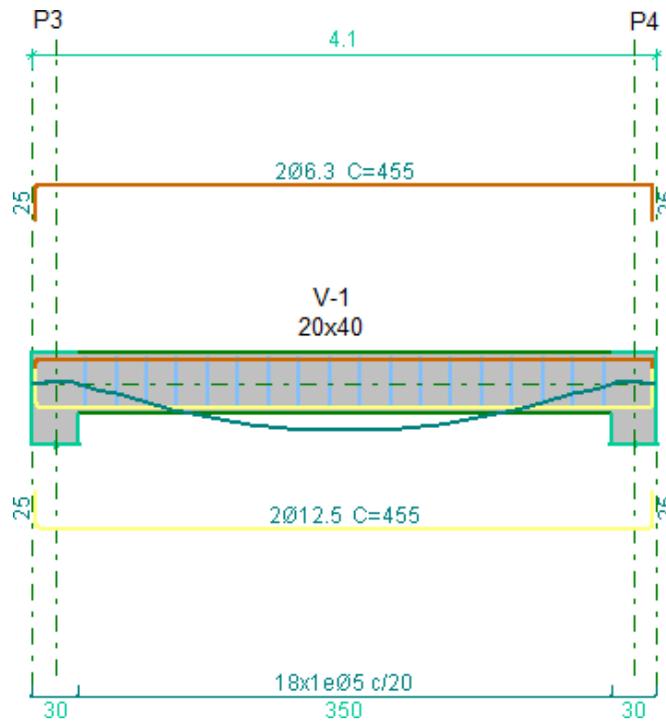


Figura 04 – Detalhamento da viga em concreto armado da Opção 01 em corte longitudinal.

Fonte: Arquivo dos autores, retirada do *software* CYPECAD.

b) **Viga mista:** Perfil “I” = W 150 X 13,0.

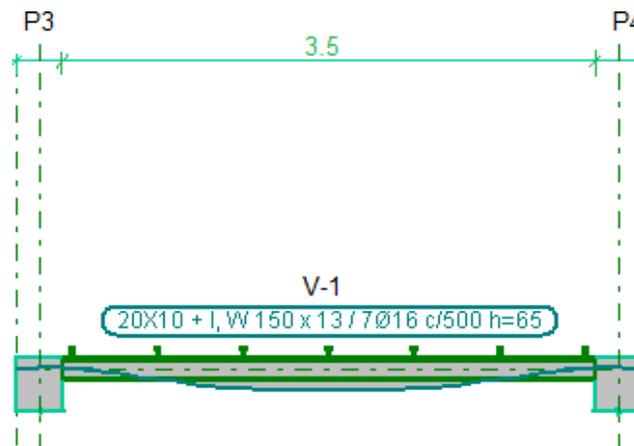


Figura 05 – Detalhamento da viga mista da Opção 01 em corte longitudinal.

Fonte: Arquivo dos autores, retirada do *software* CYPECAD.

OPÇÃO 02:

Análise da Viga (V-2) conforme Figura 03. Trata-se de uma viga contínua, localizada no interior da edificação, com dois vãos livres ($X= 6,0$ metros) e laje de 13 cm de espessura.

- a) **Viga em concreto armado:** Seção transversal de 25X50 cm.
- b) **Viga mista:** Perfil "I"= W 250 X 25,3.

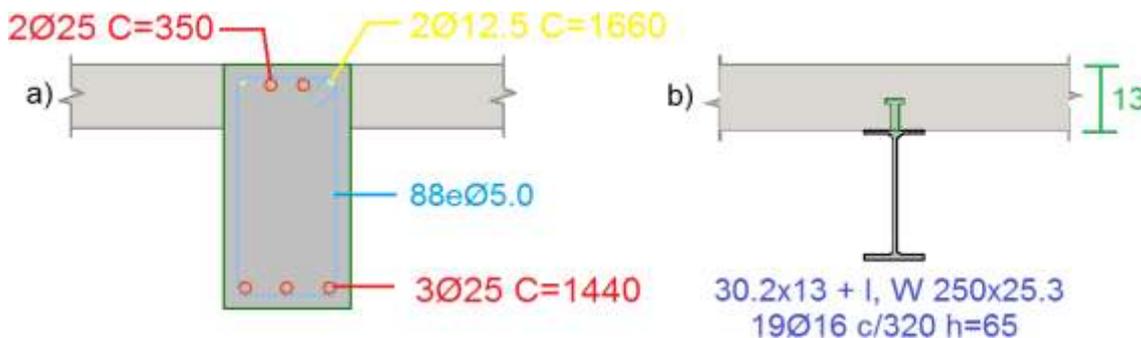


Figura 06 – Detalhamento das vigas da Opção 02 em corte transversal.

Fonte: Arquivo dos autores.

OPÇÃO 03:

Análise da Viga (V-3) conforme Figura 03. Trata-se de uma viga contínua, localizada no interior da edificação, com três vãos livres ($X= 8,0$ metros) e laje de 17 cm de espessura.

- a) **Viga em concreto armado:** Seção transversal de 35 x 70 cm.
- b) **Viga mista:** Perfil "I"= W 460 x 68,0.

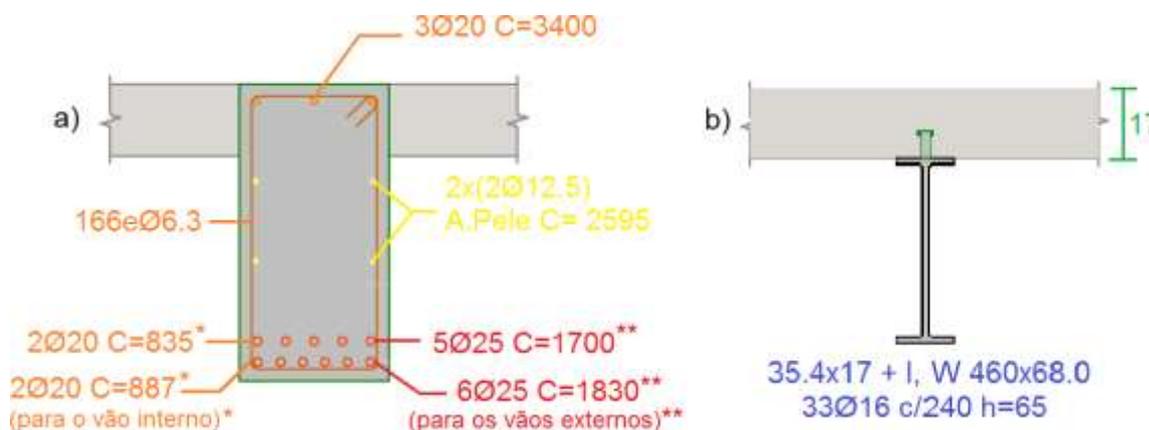


Figura 07 – Detalhamento das vigas da Opção 03 em corte transversal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o cálculo do custo das vigas nas três hipóteses, considerou-se a quantidade de material gerado pelo *software* CYPECAD, o preço unitário avaliado conforme tabela da SINAPI e o orçamento realizado na empresa de menor custo. Os resultados estão expostos nas tabelas e gráficos a seguir.

OPÇÃO 01:

a) Viga em Concreto Armado com Vão Livre de 3,50m:

Quadro 01 – Custos da viga de concreto armado na Opção 01.

V-1	CONCRETO	AÇO	FÔRMA
Quantidade	Volume 0,328 m ³ +10%	Peso / Peso da Barra = N° de barras Ø5.0 = 3,1Kg / 1,848Kg = 2 barras Ø6.3 = 2,2Kg / 2,94Kg = 1 barra Ø12.5 = 8,8Kg / 11,556Kg = 1 barra	Área 3,50 m ² +10%
Preço (R\$)	324,77 Preço/m ³	N° barras x Peso da barra x Preço/Kg Ø5.0=(2 x 1,848) x 9,25= 34,19 reais Ø6.3=(1 x 2,94) x 8,25= 24,26 reais Ø12.5=(1 x 11,556) x 6,14= 70,95 reais	76,91 Preço/Kg (4 utilizações)
PREÇO FINAL	R\$ 117,24	R\$129,40	R\$ 296,10
PREÇO TOTAL DA VIGA = R\$ 542,74			
Obs.: Custo dos materiais, equipamentos e mão de obra já incluso.			

Fonte: Arquivo dos autores.

b) Viga Mista com Vão Livre de 3,50m:

Quadro 02 – Custos da viga mista na Opção 01.

V-1	Valor do Perfil	Material	Mão de Obra	PREÇO TOTAL
PERFIL	13Kg/m x 6m =78Kg			
W 150 x 13.0	78kg x 5,472 Preço/Kg	R\$ 59,86	R\$ 47,61	R\$ 545,05
1 perfil de 6m	Preço= 426,83 reais	+ 10%	+ 10%	

Fonte: Arquivo dos autores.

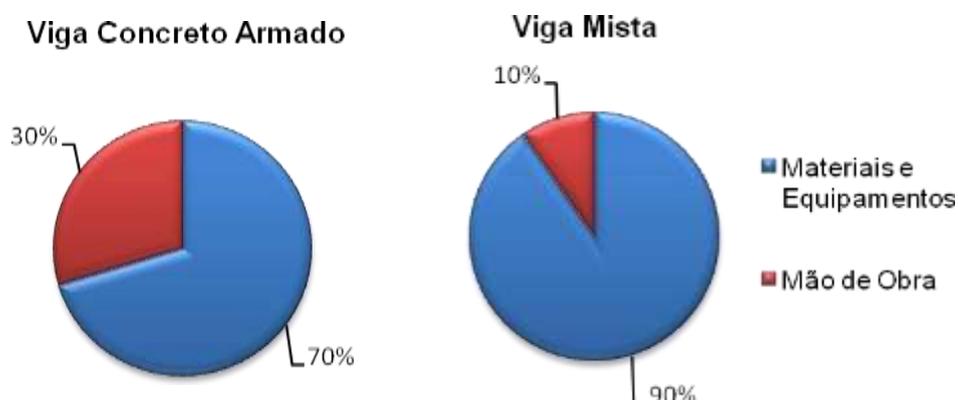


Gráfico 01 – Custo percentual da mão de obra, materiais e equipamentos na Opção 01.

Fonte: Arquivo dos autores

OPÇÃO 02:

a) Viga em Concreto Armado com Vão Livre de 6,00m:

Quadro 03 – Custos da viga de concreto armado na Opção 02.

V-2	CONCRETO	AÇO	FÔRMA
Quantidade	Volume 1,612 m ³ +10%	Peso / Peso da Barra = N° de barras Ø5.0 = 19Kg /1,848Kg = 11 barras Ø12.5 = 32Kg / 11,556Kg = 3 barras Ø25.0 = 193,4Kg /46,236Kg = 5 barras	Área 15,00 m ² +10%

Preço (R\$)	324,77 Preço/m ³	Nº barras x Peso da barra x Preço/Kg Ø5.0=(11 x 1,848) x 9,25= 188,03 reais Ø12.5=(3 x 11,556) x6,14=212,86 reais Ø25.0=(5 x 46,236) x 6= 1387,08 reais	76,91 Preço/Kg (4 utilizações)
PREÇO FINAL	R\$ 575,88	R\$1.787,97	R\$ 1.269,02
PREÇO TOTAL DA VIGA = R\$ 3.632,87			
Obs.: Custo dos materiais, equipamentos e mão de obra já incluso.			

Fonte: Arquivo dos autores.

b) Viga Mista com Vão Livre de 6,00m:

Quadro 04 – Custos da viga mista na Opção 02.

V-2	Valor do Perfil	Material	Mão de Obra	PREÇO TOTAL
PERFIL W 250 x 25.3 2 perfis de 6m	2 x 25.3Kg/m x 6m = 303,60Kg 303,60kg x 5,472 Preço/Kg Preço= 1661,30 reais	R\$ 233,06 + 10%	R\$ 185,30 + 10%	R\$ 2.121,50

Fonte: Arquivo dos autores.

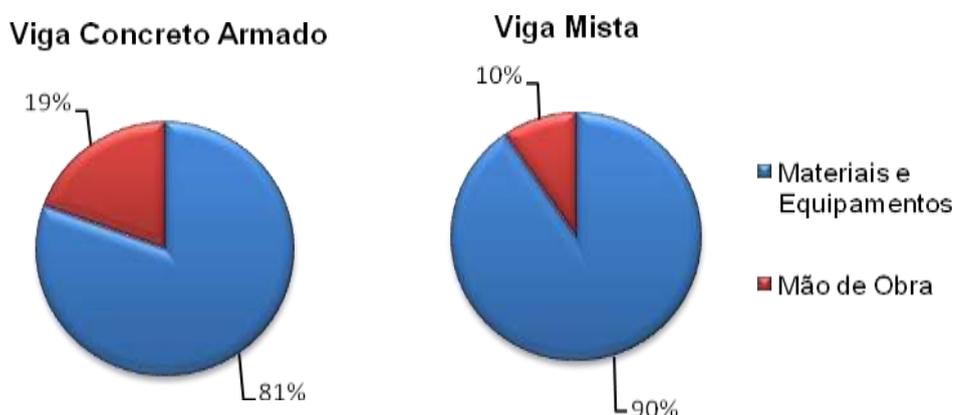


Gráfico 02 – Custo percentual da mão de obra, materiais e equipamentos na Opção 02.

Fonte: Arquivo dos autores.

OPÇÃO 03:**a) Viga em Concreto Armado com Vão Livre de 8,00m:****Quadro 05 – Custos da viga de concreto armado na Opção 03.**

V-3	CONCRETO	AÇO	FÔRMA
Quantidade	Volume 6,224 m ³ +10%	Peso / Peso da Barra = N° de barras Ø6.3 = 80,9Kg / 2,94Kg = 28 barras Ø12.5 = 99,9Kg / 11,556Kg = 9 barras Ø20.0= 336,5Kg / 29,592Kg =12 barras Ø25.0 = 750,6Kg /46,236Kg =17 barras	Área 42,00 m ² +10%
Preço (R\$)	324,77 Preço/m ³	N° barras x Peso da barra x Preço/Kg Ø6.3=(28 x 2,94) x 8,25= 679,14 reais Ø12.5=(9 x 11,556) x6,14=638,58 reais Ø20.0=(12 x 29,592)x5,41=1921,11 reais Ø25.0=(17 x 46,236) x 6= 4716,07 reais	76,91 Preço/Kg (4 utilizações)
PREÇO FINAL	R\$ 2.223,51	R\$ 7.954,90	R\$ 3.553,24
PREÇO TOTAL DA VIGA = R\$ 13.731,65			
Obs.: Custo dos materiais, equipamentos e mão de obra já incluso.			

Fonte: Arquivo dos autores.

b) Viga Mista com Vão Livre de 8,00m:**Quadro 06 – Custos da viga mista na Opção 03.**

V-3	Valor do Perfil	Material	Mão de Obra	PREÇO TOTAL
PERFIL W 460 x 68.0 2 perfis de 12m	2 x 68Kg/m x 12m = 1.632Kg 1.632 Kg x 5,472 Preço/Kg Preço= 8.930,30 reais	R\$ 1.252,83 + 10%	R\$ 996,07 + 10%	R\$ 11.404,09



Gráfico 03 – Custo percentual da mão de obra, materiais e equipamentos na Opção 03.

Fonte: Arquivo dos autores.

COMPARATIVO ECONÔMICO GLOBAL:

A partir do gráfico abaixo, torna-se possível observar e comparar, em cada opção empregada, os custos finais de cada método de vigamento estrutural implementado.

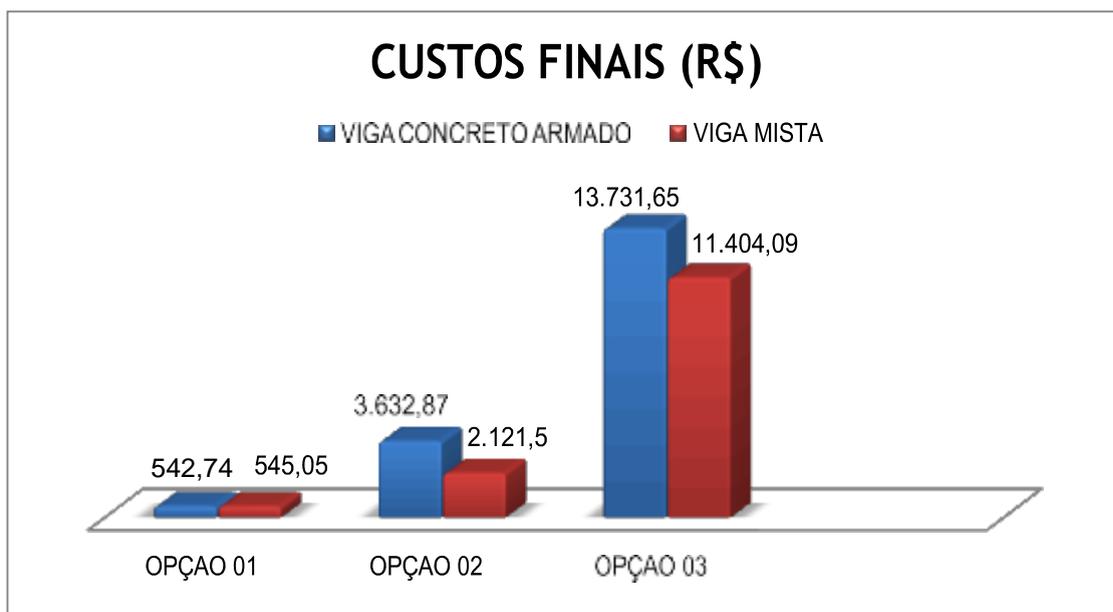


Gráfico 04 – Custo Global.

Fonte: Arquivo dos autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude dos fatos apresentados, a avaliação dos custos diretos, para a escolha do método estrutural mais adequado, deve considerar os insumos referentes aos materiais, mão de obra, equipamentos e outros gastos. Entretanto, para uma análise completa torna-se imprescindível considerar as vantagens e desvantagens de cada alternativa, como tempo de execução, recursos disponíveis e implicações.

A viga em concreto armado apresentou o menor custo apenas na Opção 01, pelo fato de constar com um vão livre menor, de 3,5 metros, já na Opção 02 e 03 a utilização em vãos maiores implica em um aumento considerável da seção transversal da mesma, que conseqüentemente encarece os elementos que a compõe, além inviabilizar em alguns casos o projeto arquitetônico. Este método possui o peso próprio elevado, o tempo de execução prolongado e encarecimento do projeto pelo uso de fôrmas. Todavia, é largamente utilizado na engenharia, pois contém baixo custo de manutenção, boa resistência e alta durabilidade.

A viga mista apresentou o maior custo apenas na Opção 01, visto que, houve desperdício de perfil e por se tratar de uma viga externa, a contribuição da laje no seu dimensionamento se deu por um único lado. Já na opção 02 e 03, a viga obteve os menores gastos em função do aproveitamento total dos perfis metálicos e por estar localizada no interior da edificação, houve a contribuição da laje por ambos os lados. Este método é indicado para edificações com grandes vãos, pois possibilita a flexibilidade dos *layouts* por apresentar seção transversal relativamente menor que a de concreto armado, além de agilizar a execução da obra. No entanto, a viga mista necessita de manutenções periódicas, uso de materiais anticorrosivos e que amplifiquem a sua resistência ao fogo.

Em suma, este artigo não possui o objetivo de generalizar os resultados aqui encontrados, mas busca auxiliar na escolha adequada do tipo de viga para a estruturação de empreendimentos similares.

REFERÊNCIAS

AMAZON AÇO. **Indústria e Comércio LTDA.** Disponível em: <<https://www.amazonaco.com.br/>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de Concreto Armado.** Dunas, Rio Grande do Sul, v. 2, p.1-72, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. NBR 8800. Rio de Janeiro: ABNT, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto**. NBR 6118. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Vigas de concreto armado: **Estruturas de concreto**. Universidade Estadual Paulista, Notas de Aula, Bauru/sp, p.1-60, 2017. Disponível em: <<http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto2/Vigas.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto Armado Eu Te Amo**. Revista Blucher: 7ª edição, São Paulo, v. 1, p.1-220, 2013.

DIAS, Luís Andrade de Mattos. **Estrutura de Aço: conceitos, técnicas e linguagem**. Zigurate: São Paulo, v. 1, p.1-204, 2011.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michele. Estruturas de Aço: dimensionamento prático da Norma NBR8800. **Ltc 8º Edição**: LTC, Rio de Janeiro, p.1-382, 2009.

QUEIROZ, Gilson; PIMENTA, Roberval José; MARTINS, Alexandre Galvão. **Estruturas Mistas**. Instituto Aço Brasil: Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, v. 1, p.1-69, 2012.

RODRIGUES, Ana Carolina Albernaz; PEIXOTO, Lucas Jaime. **Estabilidade Global de Estruturas Mistas**. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso, Goiânia, p.1-95, 2016.

SOUZA, Marta Francisca Suassuna Mendes de; RODRIGUES, Rafael Bezerra. **Sistemas estruturais de edificações e exemplos**: Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual de Campinas: UNICAMP, Campinas (SP), p.1-93, 2008. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2018.

SÜSSEKIND, José Carlos. **Curso de Concreto: concreto armado**. Editora Globo Sa: 6ª edição, São Paulo, v. 1, p.1-187, 1989.

VIVAS, Leslie. **Solo Arquitectos**. Disponível em: <<http://www.soloarquitectos.com/estudio/arq-leslie-vivas/2306>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

Sobre os Autores

Autor 1: Aluno graduando do curso Engenharia Civil da IES Centro Universitário Redentor. Atua na área de Engenharia Civil. E-mail: davicostade96@gmail.com

Autor 2: Aluno graduando do curso Engenharia Civil da IES Centro Universitário Redentor. Atua na área de Engenharia Civil. E-mail: deniomazzini@hotmail.com

Autor 3: Aluna graduando do curso Engenharia Civil da IES Centro Universitário Redentor. Atua na área de Engenharia Civil. E-mail: katianataly@hotmail.com

Autor 4: Engenheiro Civil. Mestre em Engenharia Civil. Atua como professor da IES Centro

Universitário Redentor. E-mail: cristianomiller@yahoo.com.br

Autor 5: Graduada em Física, Doutora em Engenharia e Ciência dos materiais. Atua como professora da IES Centro Universitário Redentor. E-mail: amandacamerini@hotmail.com