

COMPARAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE VIGAS ENGASTADAS ROTULADAS E SEMIRRÍGIDAS

Karen Cristina de Araújo Lessa¹
Thaísa da Silva Gomes²
Mateus Zanirate de Miranda³
Pedro Genuino de Santana Junior⁴
João Antônio Sabino Júnior⁵
Renata Pessoa Bifano⁶
Imaculada Gomes Coelho⁷

pedro.genuino@gmail.com

ÁREA DO CONHECIMENTO: Engenharias

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo comparar o comportamento estrutural de vigas engastadas, rotuladas e semirrígidas. A pesquisa busca compreender como a variação da rigidez das ligações influencia a distribuição de esforços internos, as deformações e o consumo de armaduras. Este tema possui alta relevância acadêmica e prática, pois o correto entendimento das vinculações é crucial para o dimensionamento seguro e econômico de estruturas de concreto armado, contribuindo para a otimização de projetos. A metodologia adotada é uma pesquisa aplicada, descritiva e quantitativa, desenvolvida por meio de simulações computacionais no *software* Eberick. Foram modeladas quatro vigas com as mesmas dimensões e cargas, variando-se apenas o tipo de vínculo nos apoios. Os parâmetros analisados incluíram a área de armadura necessária, os momentos fletores e as deformações, além da relação custo-benefício. Os resultados demonstram que a alteração na rigidez das ligações muda significativamente a distribuição de esforços e o consumo de aço. À medida que a ligação se torna mais flexível, o momento positivo no vão aumenta e o momento negativo nos apoios diminui, implicando maior demanda de armadura inferior. As vigas engastadas e as semirrígidas de rigidez intermediária apresentaram-se como as mais eficientes e equilibradas, com consumo de material reduzido. Conclui-se que a consideração da semirrigidez das ligações proporciona resultados mais realistas e soluções estruturais otimizadas, conciliando segurança e economia, em conformidade com a NBR 6118. O estudo ressalta que a escolha do tipo de vínculo deve ser criteriosa. A limitação se deu pela análise restrita a modelos de vigas isoladas, sugerindo-se a ampliação para estruturas completas em estudos futuros.

¹ Discente do curso de Engenharia Civil - UNIVERTIX

² Discente do curso de Engenharia Civil - UNIVERTIX

³ Docente do curso de Engenharia Civil - UNIVERTIX

⁴ Docente do curso de Engenharia Civil - UNIVERTIX

⁵ Docente do curso de Engenharia Civil - UNIVERTIX

⁶ Docente do curso de Engenharia Civil - UNIVERTIX

⁷ Docente do curso de Engenharia Civil - UNIVERTIX

PALAVRAS-CHAVE: Eberick; engenharia; vigas; concreto armado; vinculações

1 INTRODUÇÃO

As vinculações de vigas desempenham um papel fundamental na engenharia estrutural, pois influenciam diretamente o comportamento mecânico das estruturas, afetando sua estabilidade, resistência e eficiência econômica. As vigas podem ser classificadas, de acordo com suas vinculações, em rotuladas, engastadas e semirrígidas, sendo que cada tipo apresenta características distintas em relação à deformação, esforços internos e necessidade de armadura (Bogoni, 2019).

A escolha do tipo de vinculação impacta diretamente no desempenho estrutural e no custo-benefício da obra, visto que uma definição inadequada pode resultar em desperdício de material, aumento de cargas indesejadas e problemas estruturais. Assim, compreender as diferenças no comportamento estrutural das vigas rotuladas, engastadas e semirrígidas — quando modeladas e analisadas no *software* Eberick — torna-se essencial para otimizar projetos estruturais, buscando um equilíbrio entre segurança, economia e viabilidade construtiva (Franceschi, 2017).

Diante desse contexto, este trabalho tem como principal objetivo comparar o comportamento estrutural de vigas engastadas, rotuladas e semirrígidas no *software* Eberick.

Dessa forma, busca-se responder às seguintes questões de pesquisa: quais são as diferenças nas deformações e esforços internos entre vigas rotuladas, engastadas e semirrígidas? Como essas variações influenciam o consumo de armadura? Qual dessas vinculações apresenta melhor custo-benefício considerando critérios estruturais e econômicos? Com isso, este estudo pretende contribuir para uma tomada de decisão mais embasada no dimensionamento de estruturas, auxiliando engenheiros e projetistas na escolha mais adequada para cada situação específica.

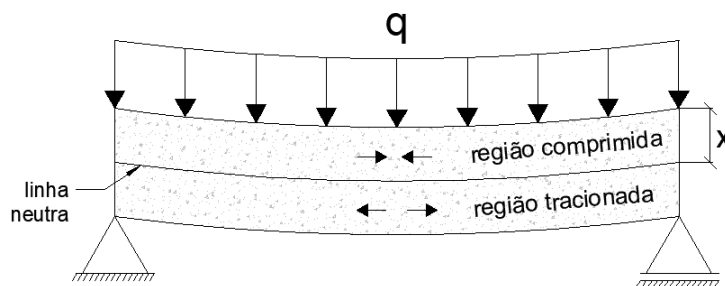
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No concreto armado, as vigas são elementos estruturais que desempenham papel fundamental na sustentação e na transferência de cargas entre lajes, pilares e fundações. Elas são projetadas para resistir, sobretudo, aos esforços de flexão, os quais geram simultaneamente tensões de tração e compressão em suas seções transversais. De acordo com Pinheiro, Muzardo e Santos (2007), “as vigas, em geral, são submetidas

simultaneamente à momento fletor e a força cortante” (p. 14), sendo esses esforços determinantes no comportamento estrutural desses elementos.

Como mostra na figura 1, quando uma viga é solicitada à flexão, ocorre o encurvamento de seu eixo longitudinal. Essa deformação gera compressão na região superior da seção e tração na região inferior, o que faz com que o concreto e o aço desempenhem papéis complementares. Segundo Pinheiro, Muzardo e Santos (2007), o concreto apresenta “boa resistência à compressão, mas baixa resistência à tração”, sendo essa limitação compensada pela utilização de barras de aço embutidas na região tracionada, as quais passam a resistir aos esforços de tração após o aparecimento das primeiras fissuras.

Figura 1 – Distribuição das regiões comprimida e tracionada em uma viga de concreto armado.



Fonte: Núcleo do Conhecimento (2023).

Durante o dimensionamento das vigas, considera-se que o concreto da região tracionada perde sua eficiência estrutural após o surgimento das fissuras, cabendo ao aço resistir a essas tensões. Já o concreto da região comprimida é dimensionado para suportar as tensões de compressão induzidas pelo momento fletor. Essa interação entre tração, compressão e flexão assegura o comportamento estável e seguro das vigas, sendo um dos princípios fundamentais do concreto armado (Franceschi, 2017).

Em síntese, as vigas de concreto armado representam o equilíbrio entre a resistência à compressão do concreto e a resistência à tração do aço, possibilitando a formação de estruturas seguras, duráveis e economicamente viáveis. A correta compreensão dos efeitos da tração, compressão e flexão é essencial para o dimensionamento e o desempenho adequado dessas estruturas (Bogoni, 2019).

O *software* Eberick tem se consolidado como uma das ferramentas mais relevantes no campo da engenharia civil, particularmente nos processos de cálculo estrutural de edificações. Desenvolvido com foco na modelagem e dimensionamento de estruturas de concreto armado e protendido, o Eberick integra diversas funcionalidades que automatizam e otimizam o processo de concepção estrutural, desde a definição geométrica até a geração de pranchas e detalhamentos executivos (Altoqi, 2021).

Ademais, a centralização das informações em uma única plataforma facilita a rastreabilidade dos dados e minimiza erros por omissão ou incompatibilidade entre etapas do projeto. A interface amigável, os manuais técnicos atualizados e o suporte contínuo da equipe desenvolvedora também contribuem para sua ampla adoção em todo o território nacional, inclusive em ambientes acadêmicos e de pesquisa, em que é utilizado como ferramenta de ensino e desenvolvimento de trabalhos científicos e tecnológicos (Ferreira *et al.*, 2024).

Do ponto de vista da transformação da engenharia civil, a incorporação do Eberick representa um marco no avanço da digitalização dos processos de projeto estrutural. Profissionais formados em ambientes onde ferramentas como o Eberick são amplamente utilizadas desenvolvem maior capacidade de análise sistêmica, agilidade na solução de problemas e compreensão integrada entre arquitetura e estrutura (Lima; Martins; Jorgino, 2019). Por outro lado, a valorização excessiva da ferramenta pode conduzir à perda do raciocínio crítico estrutural, caso o profissional utilize o *software* de forma mecânica e sem domínio técnico dos fundamentos. Por essa razão, é imprescindível que sua utilização seja acompanhado de sólida formação teórica, garantindo que a tecnologia atue como suporte à engenharia e não como substituto da competência analítica do engenheiro. A longo prazo, espera-se que a evolução do Eberick e de ferramentas similares caminhe no sentido de maior precisão, interoperabilidade e capacidade de simulação realística, ampliando ainda mais seu papel na construção civil moderna e sustentável.

Vigas engastadas são caracterizadas por apresentarem restrição total à rotação nos apoios, o que resulta em maior rigidez e menor deslocamento vertical sob carregamento. Segundo Rodrigues (2018), esse tipo de ligação permite uma distribuição mais uniforme dos momentos fletores ao longo do vão, reduzindo as solicitações máximas nos apoios e promovendo maior estabilidade global da estrutura.

A NBR 6118 (ABNT, 2023) recomenda o uso de engastamentos em situações em que a rigidez é um requisito fundamental, como em lajes contínuas e pórticos de edifícios altos (Almeida; Gomes; Quaresma, 2019). No entanto, a execução de engastamentos reais pode ser complexa, exigindo detalhamento cuidadoso das armaduras e controle rigoroso da execução.

A análise dos modos de vibração em vigas bi-engastadas, conforme Bonatto (2019), revela que a restrição à rotação nos apoios influencia não apenas a rigidez estática, mas também o comportamento dinâmico da estrutura. Vigas engastadas apresentam frequências naturais mais elevadas, o que pode ser vantajoso em situações sujeitas a cargas dinâmicas,

como pontes e passarelas. No entanto, a rigidez excessiva pode aumentar as solicitações nos apoios, exigindo dimensionamento adequado dos pilares e fundações.

Em termos construtivos, a escolha por engastamentos deve considerar o aumento do consumo de armaduras e a necessidade de detalhamento específico para evitar fissuração e deslocamentos indesejados (Apolinário; Santos, 2018). A literatura aponta que, embora as vigas engastadas ofereçam vantagens em termos de rigidez e estabilidade, sua adoção deve ser cuidadosamente avaliada em função das condições do projeto e das limitações executivas (Fernandes, 2021).

Vigas rotuladas, por sua vez, são aquelas cujos apoios permitem livre rotação, resultando em menor rigidez e maiores deslocamentos sob carregamento. De acordo com AltoQi (2021), esse tipo de ligação é amplamente utilizado em estruturas onde a flexibilidade é desejada, como em pontes e edifícios de múltiplos pavimentos. A principal característica das vigas rotuladas é a concentração dos momentos fletores nos vãos, com redução significativa das solicitações nos apoios.

A análise comparativa realizada por Rodrigues (2018) mostra que vigas rotuladas apresentam maior deformação vertical em relação às engastadas, exigindo verificação rigorosa dos deslocamentos admissíveis conforme a NBR 6118 (ABNT, 2023). Em contrapartida, a execução de apoios rotulados é mais simples e econômica, dispensando o detalhamento complexo das armaduras de engastamento. Fernandes (2021) ressalta que a escolha por apoios rotulados pode ser vantajosa em projetos em que a facilidade construtiva e a redução de custos são prioritárias.

Estudos experimentais conduzidos por Hupples, Balz e Zaltron (2018) indicam que vigas rotuladas estão mais sujeitas à formação de fissuras nas regiões de máxima flexão, especialmente em estruturas de concreto armado. A concentração de esforços nos vãos pode levar à necessidade de seções transversais mais robustas ou ao uso de materiais de maior resistência. Em situações de carregamento dinâmico, vigas rotuladas tendem a apresentar maiores amplitudes de vibração, o que deve ser considerado no dimensionamento (Bonatto, 2019).

Em síntese, as vigas rotuladas oferecem vantagens em termos de simplicidade construtiva e economia, mas exigem atenção especial ao dimensionamento das seções e à verificação dos deslocamentos. Como afirma Fernandes (2021), “a escolha entre engastamento e rotulação deve ser pautada por critérios técnicos, econômicos e construtivos, considerando as particularidades de cada projeto.”

As ligações semirrígidas representam uma solução intermediária entre os extremos do engastamento e da rotulação, permitindo certa rotação nos apoios, mas com restrição parcial. Segundo Leissmann (2017), esse tipo de ligação tem ganhado destaque em projetos modernos, devido à sua capacidade de otimizar o comportamento estrutural e proporcionar maior flexibilidade de projeto.

Estudos experimentais realizados por Kataoka (2017) demonstram que vigas com ligações semirrígidas apresentam comportamento próximo ao das engastadas em termos de rigidez, mas com redução dos esforços transmitidos aos apoios. Essa característica permite a utilização de seções transversais mais esbeltas e a diminuição do consumo de materiais, resultando em estruturas mais leves e econômicas.

A simulação computacional do comportamento de vigas semirrígidas, conforme Oliveira (2015), evidencia que a consideração da rigidez parcial das ligações proporciona uma distribuição mais realista dos esforços e deslocamentos. Em comparação aos modelos tradicionais, que assumem engastamento ou rotulação perfeita, a abordagem semirrígida reflete melhor as condições reais de campo, reduzindo o risco de sub ou superdimensionamento. Segundo Alva (2009), “A consideração da semirrigidez das ligações assume maior importância em virtude do crescente desenvolvimento, comercialização e utilização de sistemas computacionais aplicados à engenharia de estruturas.”

A literatura aponta ainda que a escolha pela semirrigidez pode facilitar a execução e a manutenção das estruturas, permitindo ajustes durante a vida útil da edificação. Almeida (2019) observa que a flexibilidade das ligações pode ser explorada para absorver deformações diferenciais e acomodar movimentações térmicas ou de recalque. Em projetos de reabilitação ou reforço estrutural, a adoção de conexões semirrígidas pode ser uma alternativa eficiente para melhorar o desempenho global da estrutura (Silva, 2019).

Por fim, a NBR 6118 (ABNT, 2023) reconhece a importância da consideração das condições reais de apoio no dimensionamento das vigas, recomendando a avaliação da rigidez das ligações e a adoção de modelos compatíveis com a realidade construtiva.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo aplicado, descritivo e quantitativo, desenvolvido por meio de pesquisa experimental com suporte de modelagem computacional. O estudo aplicado busca solucionar problemas práticos da engenharia estrutural. A abordagem descritiva analisa e compara o comportamento de diferentes vínculos em vigas.

Já o enfoque quantitativo utiliza dados numéricos obtidos por simulações computacionais (Lozada; Nunes, 2018, p. 131).

A abordagem quantitativa adotada assegura a objetividade das análises e confere maior solidez aos resultados, permitindo a extração de conclusões fundamentadas técnica e economicamente (Lozada; Nunes, 2018, p. 134).

A pesquisa foi realizada durante o mês de maio de 2025, período em que foram desenvolvidas as simulações computacionais, análise dos dados e comparações entre os modelos estruturais. Nessa etapa, foi avaliado o comportamento estrutural de vigas com as mesmas dimensões (15cm x 50cm), mesmo vão livre de 9m, mesma carga de 585 kgf/m, porém com diferentes tipos de ligações — engastadas, rotuladas e semirrígidas. Para tanto, foi utilizado o *software* Eberick, amplamente empregado na engenharia estrutural para o dimensionamento, análise e detalhamento de estruturas de concreto armado. O uso dessa ferramenta permite a criação de modelos computacionais com configurações geométricas padronizadas, sob as mesmas condições de carga e materiais, variando apenas o tipo de vínculo nas extremidades das vigas (Medeiros; Souza, 2017).

A coleta de dados foi realizada por meio da análise dos resultados gerados pelas simulações, considerando os seguintes parâmetros: área de armadura necessária para o atendimento aos critérios de segurança previstos na norma técnica NBR 6118 (ABNT, 2014), deformações estruturais (como flechas e deslocamentos), resistência última das vigas (em termos de momento fletor e comportamento sob carregamento) e custo-benefício associado a cada configuração. Esta última variável foi avaliada com base na relação entre o consumo de aço e o desempenho obtido, considerando também a complexidade de execução de cada tipo de ligação

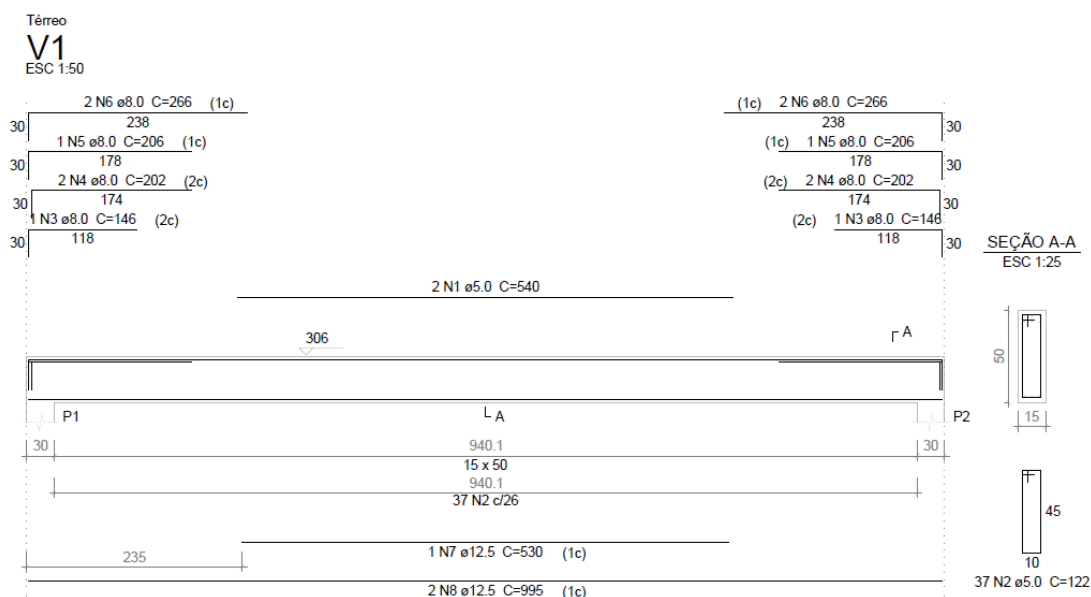
Os dados obtidos foram organizados e analisados por meio de comparações gráficas e tabelas, com o objetivo de identificar padrões de comportamento estrutural entre os diferentes tipos de vínculo aplicados às vigas. As informações relativas à área de armadura, deformações e resistência foram extraídas diretamente das simulações realizadas no *software* Eberick e, posteriormente, transcritas para planilhas do *Microsoft Excel*. Nessa ferramenta, foram elaborados gráficos comparativos entre os modelos, permitindo visualizar de forma clara as variações nos parâmetros estruturais. Além disso, foi desenvolvido um cálculo detalhado de custo-benefício para cada tipo de ligação, considerando o consumo de materiais e o desempenho obtido. Os resultados desse cálculo também foram apresentados em forma

de planilha, possibilitando uma análise integrada entre eficiência estrutural e viabilidade econômica de cada solução.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a ajuda dos detalhamentos gerados pelo *Software* Eberick V8, foi possível visualizar as diferenças de detalhamento e quantificação de armaduras decorrentes das distintas condições de vinculação. A Figura 2 apresenta uma viga com ligação totalmente engastada. A Figura 3 ilustra uma viga com ligação de semirrigidez aproximada de 30%, enquanto a Figura 4 mostra uma viga com ligação de semirrigidez em torno de 15%. Por fim, a Figura 5 representa uma viga com ligação rotulada.

Figura 2: Detalhamentos da viga V1



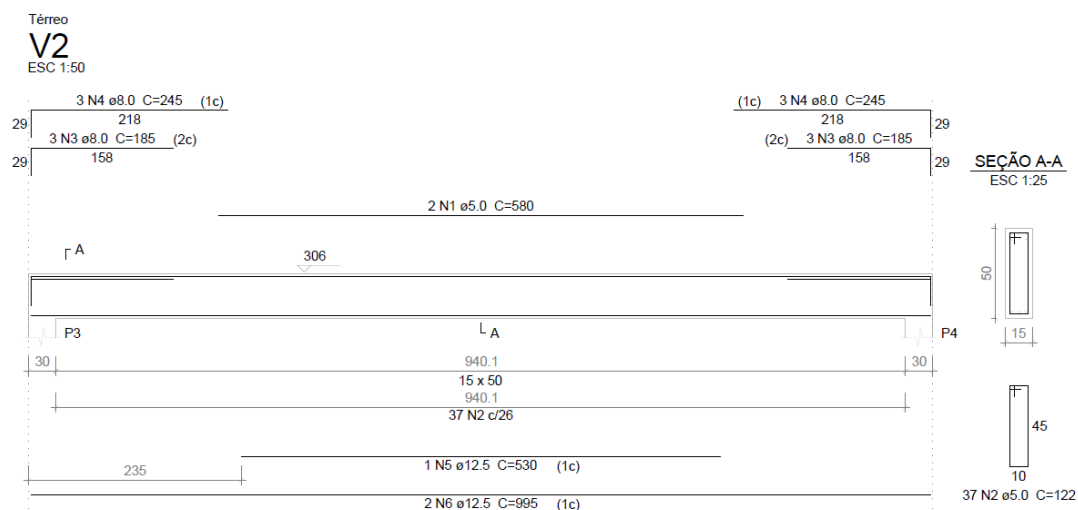
Fonte: Eberick

Tabela 1: Resumo do aço da viga V1

Aço	Diâmetro (mm)	Comprimento total (m)	Peso+10% (kg)	Peso Total (kg)
CA50	10.0	19.3	13.1	39.8
	12.5	25.2	26.7	
CA60	5.0	55.2	9.4	9.4

Fonte: Eberick

Figura 3: Detalhamentos da viga V2



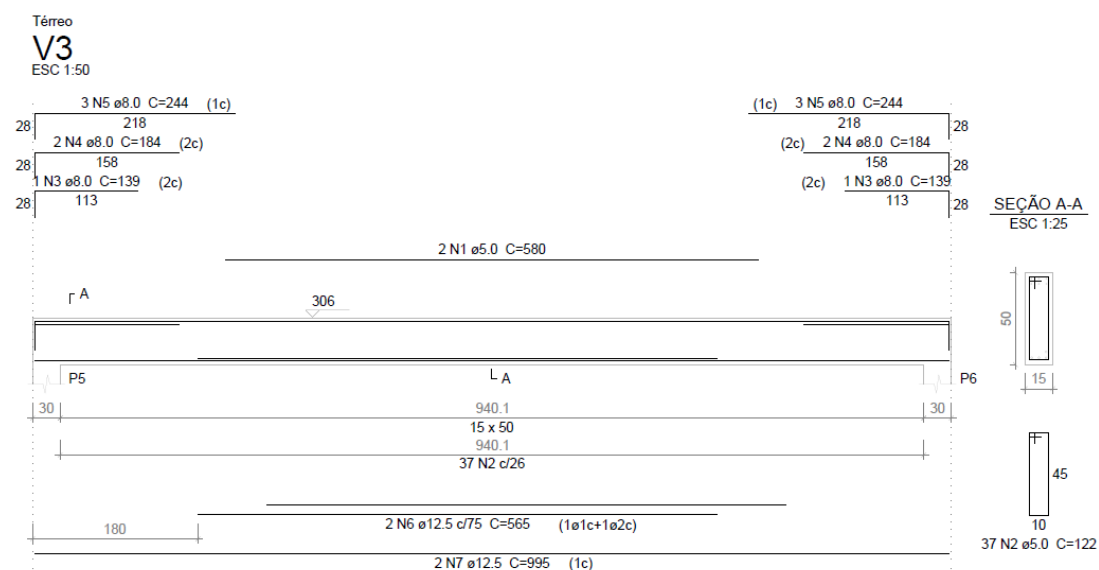
Fonte: Eberick.

Tabela 2: Resumo do aço da viga V2

Aço	Diâmetro (mm)	Comprimento total (m)	Peso+10% (kg)	Peso Total (kg)
CA50	10.0	18.4	13.1	39.8
	12.5	25.2	26.7	
CA60	5.0	56.0	9.4	9.4

Fonte: Eberick.

Figura 4: Detalhamentos da viga V3



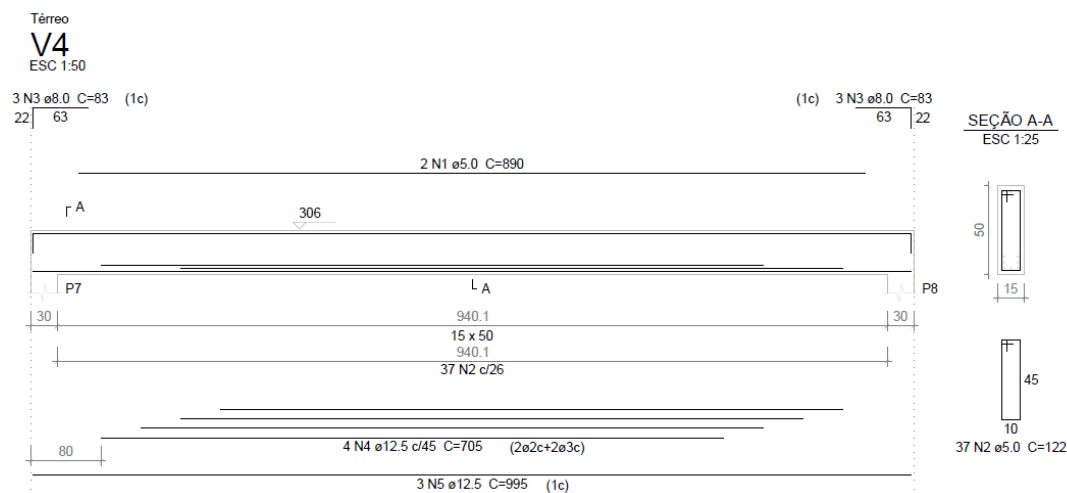
Fonte: Eberick.

Tabela 3: Resumo do aço da viga V3

Aço	Diâmetro (mm)	Comprimento total (m)	Peso+10% (kg)	Peso Total (kg)
CA50	10.0	17.8	12.1	42.2
	12.5	32.2	33.1	
CA60	5.0	56..2	9.5	9.5

Fonte: Eberick.

Figura 5: Detalhamentos da viga V4



Fonte: Eberick.

Tabela 4: Resumo do aço da viga V4

Aço	Diâmetro (mm)	Comprimento total (m)	Peso+10% (kg)	Peso Total (kg)
CA50	10.0	3.5	2.4	63.9
	12.5	58.1	61.5	
CA60	5.0	62.6	10.6	10.6

Fonte: Eberick.

Conforme ilustrado nas Figuras 2, 3, 4 e 5, o grau de rigidez da ligação influencia diretamente a redistribuição das armaduras entre as regiões de apoio e o vão. Nas soluções estruturais mais rígidas, há uma clara ênfase na armadura negativa (no topo, junto aos apoios). Por outro lado, à medida que o vínculo admite maior rotação (soluções mais flexíveis), cresce a exigência de armadura inferior (positiva) no vão, sendo esta variação especialmente pronunciada no modelo rotulado.

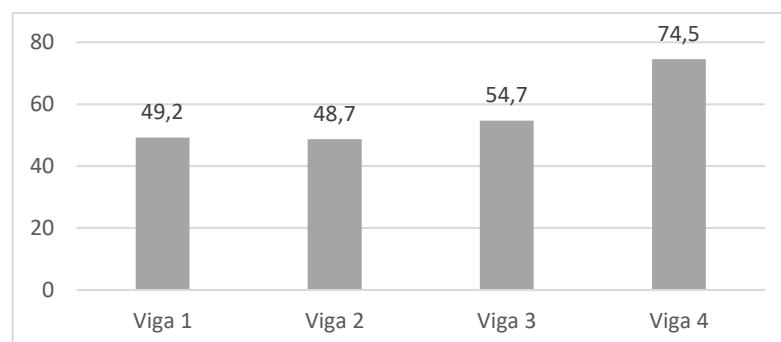
Essa característica estrutural reflete-se diretamente no consumo total de aço de cada viga. A viga engastada e a viga semirrígida apresentaram os resultados mais otimizados, com consumos próximos e eficientes. A solução semirrígida de rigidez intermediária apresentou

um incremento moderado no consumo total de aço em comparação com a engastada, enquanto a viga rotulada demonstrou um aumento expressivo. Este padrão é coerente com a tendência observada: a elevação do momento positivo no vão e a redução do momento negativo nos apoios exigem maior área de armadura inferior.

Os resultados do gráfico 1 evidenciam que o consumo total de aço aumenta à medida que as ligações passam do engastamento para condições mais flexíveis: viga 1 = 49,2 kg; viga 2 = 48,7 kg; viga 3 = 54,7 kg; viga 4 = 74,5 kg. Essa tendência é compatível com a redistribuição de esforços descrita na literatura: vínculos mais rígidos concentram momentos negativos nos apoios, aliviando o vão. Por outro lado, as ligações com maior liberdade de rotação reduzem o momento negativo e elevam o momento positivo no vão, exigindo maior armadura inferior e, portanto, maior quantitativo total (Almeida (2019)).

Estudos com modelagem computacional reforçam que a consideração de semirrigidez produz diagramas de momento mais realistas, evitando superestimar a rigidez dos nós e explicando por que hipóteses mais flexíveis tendem a elevar o aço no vão quando comparadas ao engastamento idealizado (Oliveira, 2015). Em termos práticos de projeto no Eberick, decisões de modelagem como a rigidez de ligação impactam diretamente os quantitativos finais de armadura, como mostram comparativos entre métodos e *softwares* (Carbonera; Carelli; Foiato, 2022).

Gráfico 1: Consumo de aço por viga



Fonte: Eberick.

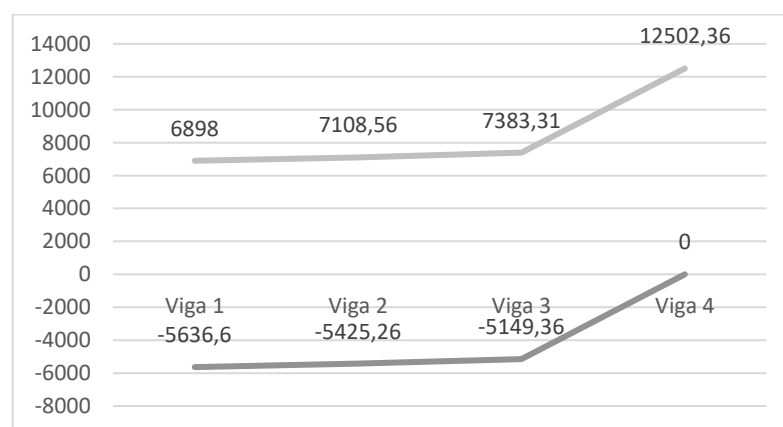
Sob a ótica normativa, a NBR 6118 (ABNT, 2014; 2023) estabelece que as verificações de estados limites últimos e, sobretudo, de serviço — flechas e fissuração — sejam feitas com hipóteses de apoio compatíveis com a realidade construtiva. Em arranjos mais flexíveis, o aumento do momento positivo no vão demanda áreas de aço maiores na fibra tracionada inferior para atender aos limites de deslocamento e abertura de fissuras, o

que se reflete no incremento observado na viga 3 e, de forma mais acentuada, na viga 4 (rotulada).

Por outro lado, embora a solução engastada tenda a reduzir flechas e consumo no vão, ela impõe maiores solicitações de topo nos apoios e requer detalhamento e execução cuidadosos para garantir a rigidez pretendida (Fernandes, 2021). Assim, os valores do gráfico 1 alinham-se ao que a literatura e a norma indicam: a flexibilização das ligações desloca esforços para o vão e, conseqüentemente, aumenta o consumo total de aço; já uma semirrígida calibrada pode equilibrar desempenho e economia, como sugerem Franceschi (2017).

O gráfico 2 mostra a tendência dos esforços fletores conforme a rigidez das ligações diminui: o momento máximo positivo no vão cresce de V1 para V4 (≈ 6.898 ; $7.108,56$; $7.383,31$; $12.502,36$ kN·cm), enquanto o módulo do momento negativo nos apoios decresce e tende a zero no caso rotulado (V1: $-5.636,6$; V2: $-5.425,26$; V3: $-5.149,36$; V4: ≈ 0 kN·cm). Essa redistribuição é consistente com o que descreve Almeida (2019): vínculos mais rígidos “puxam” momento negativo para os apoios, aliviando o vão, ao passo que vínculos com maior liberdade de rotação reduzem os momentos de topo e elevam o momento positivo no meio do vão. A transição pelas ligações semirrígidas (V2 e V3) apresenta o comportamento intermediário esperado, aproximando o diagrama de momentos de condições mais realistas de campo (Oliveira, 2015).

Gráfico 2: Momentos das vigas



Fonte: Eberick.

Do ponto de vista de desempenho e verificações conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014; 2023), o aumento de momento positivo no vão implicado por ligações mais flexíveis eleva a

solicitação de tração na fibra inferior e demanda maior área de armadura, além de maior atenção às flechas e ao controle de fissuração; Por outro lado, ligações mais rígidas concentram esforços negativos nos apoios, exigindo detalhamentos adequados nessas regiões e execução compatível para garantir a rigidez prevista (Fernandes, 2021).

Tais achados estão em linha com estudos comparativos que mostram a influência direta das hipóteses de vínculo sobre os diagramas de momento e, por consequência, nos quantitativos de aço obtidos por ferramentas como o Eberick (Carbonera; Carelli; Foiato, 2022), e com a recomendação de adotar modelagens de semirrígidez quando pertinentes, de modo a refletir o comportamento estrutural real e otimizar o projeto (Franceschi, 2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises comparativas mostraram que a variação da rigidez das ligações entre viga e apoio altera de forma sistemática a distribuição dos esforços internos e o consequente consumo de armadura. À medida que as ligações permitem maior rotação, o momento positivo no vão aumenta e o momento negativo nos apoios diminui. Esse padrão ficou evidente nos diagramas de momento e nos detalhamentos gerados no *software*, confirmando que a hipótese de vínculo adotada no modelo influencia diretamente o comportamento estrutural observado.

Essa redistribuição de esforços refletiu-se nos quantitativos: as vigas com ligações mais rígidas e a semirrígida intermediária apresentaram consumos de aço próximos e relativamente contidos, enquanto a alternativa mais flexível exigiu aumento expressivo de armadura, sobretudo na região tracionada inferior do vão. Do ponto de vista de serviço, cenários com maior momento positivo tendem a demandar maior atenção a flechas e fissuração, ao passo que cenários mais rígidos concentram solicitações nos apoios e exigem detalhamento e execução compatíveis para garantir a rigidez prevista.

Considerando simultaneamente desempenho, construtibilidade e economia de materiais, a semirrígida intermediária destacou-se como solução de melhor equilíbrio para a geometria e carregamentos estudados. Ela aproxima o modelo do comportamento construtivo real, evita superdimensionamentos decorrentes de hipóteses excessivamente rígidas e, ao mesmo tempo, não impõe o aumento significativo de aço observado no caso totalmente rotulado. Recomenda-se, em projetos com características semelhantes, a consideração explícita da semirrígidez e a realização de varreduras paramétricas de rigidez para identificar o patamar que melhor concilia segurança, atendimento aos estados limites e custo-benefício.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ALVA, G. M. S.; FERREIRA, M. A.; EL DEBS, A. L. H. C. **Engastamento parcial de ligações viga-pilar em estruturas de concreto armado**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 2, p. 356-379, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952009000400004> . Acesso em: 2 de maio de 2025.

ALMEIDA, Ana Flávia; GOMES, Gibson; QUARESMA, Wanessa Mesquita Godoi. *Análise da porcentagem da ligação semirrígida de uma viga locada em projeto estrutural de concreto armado*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 23834–23861, nov. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-083>. Acesso em: 23 de maio de 2025.

ALTOQI. **Comparativo entre vinculações de vigas**. Suporte AltoQi, 2021. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115001285093> . Acesso em: 22 de maio de 2025.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2023 — Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

APOLINÁRIO, Paula Deolindo; SANTOS, Daiane dos. **Avaliação do comportamento de uma estrutura de concreto armado analisando a rigidez do pilar e da viga**. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/2981/1/Paula%20Deolindo%20Apolin%C3%A1rio%20-%20Prof%C2%AA%20Daiane%20dos%20Santos.pdf>. Acesso em 22 de maio de 2025.

BOGONI, Lucas Adami. **Análise da influência da variação da rigidez da ligação viga-pilar sobre edifícios de concreto armado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24981>. Acesso em: 03 de abr.2025.

BONATTO, A. M; ESTRELA, J. A; PILAR, R; BOLDO, E. M. **Análise dos modos normais de vibração em vigas bi engastadas**. UNICESUMAR, 2019. Disponível em: https://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/6293/1/Adriano_Mohr_Bonatto.pdf . Acesso em: 22 de maio de 2025.

CARBONERA, A. C. P.; CARELLI, J. M.; FOIATO, M. **Estudo comparativo do projeto de vigas de um edifício realizado manualmente e com o software Eberick. Conhecimento em Construção**, Joaçaba, v. 9, p. 75–94, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/conheconstr/article/view/30072/17397> . Acesso em: 19 jun. 2025.

FERREIRA, A. F. A; CASTRO, L.D; PARADA, J. O; BRAGA, I. C. S; FELIX, R. O. **Análise comparativa do dimensionamento de lajes maciças entre o software Eberick e o método**

analítico. **Gears n' Bricks**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 77–89, 2024. Disponível em: <https://revistas.unilavras.edu.br/index.php/gnb/article/view/1379>. Acesso em: 19 jun. 2025.

FRANCESCHI, Lucas. **Escolha ótima das hipóteses de vinculação entre vigas e pilares em pórticos de concreto armado para minimização do custo de aço**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/181674>. Acesso em: 03 de abr.2025.

FERNANDES, A. **Engastado ou rotulado?** Engeconsult, 2021. Disponível em: <https://www.engeconsultnet.com.br/post/engastado-ou-rotulado> . Acesso em: 22 de maio de 2025.

HUPPES, Fábio; BALZ, Andréia; ZALTRON, Rafael. **Análise do estado-limite de serviço de deformação em vigas de um pórtico de concreto armado**. XXIII Seminário Interinstitucional de Ciências Exatas, Agrárias e Engenharias – Mostra de Iniciação Científica, Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta, RS, v. 2018, p. (7725). Disponível em: [https://www.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2018/XXIII%20SEMINARIO%20INTERINSTITUCIONAL/Ciencias%20Exatas,%20Agrarias%20e%20Engenharias/Mostra%20de%20Iniciacao%20Cientifica%20-%20TRABALHO%20COMPLETO/ANÁLISE%20DO%20ESTADO%20LIMITE%20DE%20SERVIÇO%20DE%20DEFORMAÇÃO%20EM%20VIGAS%20DE%20UM%20PÓRTICO%20DE%20CONCRETO%20ARMADO%20\(7725\).pdf](https://www.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2018/XXIII%20SEMINARIO%20INTERINSTITUCIONAL/Ciencias%20Exatas,%20Agrarias%20e%20Engenharias/Mostra%20de%20Iniciacao%20Cientifica%20-%20TRABALHO%20COMPLETO/ANÁLISE%20DO%20ESTADO%20LIMITE%20DE%20SERVIÇO%20DE%20DEFORMAÇÃO%20EM%20VIGAS%20DE%20UM%20PÓRTICO%20DE%20CONCRETO%20ARMADO%20(7725).pdf). Acesso em: 22 de maio de 2025.

KATAOKA, M. N.; SPAVIER, P. T. S.; EL DEBS, A. L. H. C. **Análise do comportamento estrutural de vigas mistas de aço e concreto: experimentação e dimensionamento. Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 25, e142056, jan./dez. 2025. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: [10.1590/s1678-86212025000100851](https://doi.org/10.1590/s1678-86212025000100851)

LOZADA, G.; NUNES, K. S. **Metodologia científica**. Revisão técnica: Ane Lise Pereira da Costa Dalcul. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P. **Fundamentos das Estruturas de Concreto**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2007. Disponível em: <https://wlcursos.com.br/material-didatico/libanio>. Acesso em: 19 jun. 2025.

LIMA, W. N.; MARTINS, P. J.; JORGINO, D. R. **Avaliação comparativa entre os softwares EBERICK V10 e CYPECAD 2016 para estruturas de concreto armado. Revista TECCEN**, Volta Redonda, v. 12, n. 1, p. 35–46, 2019. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/index.php/teccen/article/view/2284>. Acesso em: 19 jun. 2025.

LEISSMANN, C. F. **Estudo do comportamento de ligações viga-pilar semirrígidas em estruturas de aço via método dos componentes**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise e Dimensionamento de Estruturas de Concreto Armado e Aço) — Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/e4e799c8-8dd3-4788-85c7-bbb6826f1bea/content> . Acesso em: 23 de maio de 2025.

MEDEIROS, D. M; SOUZA, E. V. **Desenvolvimento e análise de um projeto estrutural no software Eberick**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4689>. Acesso em: 11 abr. 2025.

MELO, A. M. C . **Estudo comparativo entre o método de cálculo simplificado, analogia de grelhas e método dos elementos finitos, na análise estrutural de lajes maciças de concreto armado**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 4 mar. 2022. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/8850> . Acesso em: 19 jun. 2025.

NÚCLEO DO CONHECIMENTO. **Cálculo da linha neutra em vigas de concreto armado**. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/calculo-da-linha>. Acesso em: 29 out. 2025.

OLIVEIRA, M. B. **Modelagem dos sistemas estruturais – Aula 05: Modelagem de vigas**. Departamento de Estruturas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://mboufrj.weebly.com/uploads/1/9/8/6/19867115/05mse23nov.pdf>. Acesso em: 29 out. 2025.

RODRIGUES, C.F; MARTINS, R. **Análise Comparativa do Comportamento Estrutural de uma Viga Engastada-Livre de Seção-Caixa com Paredes Finas Constituídas por Material Compósito e Convencional**. Universidade Federal de Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24416/3/AnaliseComparativaComportamento.pdf> . Acesso em: 22 de maio de 2025.

SILVA, F.A; MICHALOSKI, E. **Análise estatística do comportamento estrutural de vigas de concreto armado reforçadas com PRFC**. Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.4, n.2, p 134-1 a 134-11 abril 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332854108_Analise_estatistica_do_comportamento_estrutural_de_vigas_de_concreto_armado_reforcadas_com_PRFC . Acesso em: 22 de maio de 2025.