



XIX COBREAP | Foz do Iguaçu

INOVAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS

**CONGRESSO BRASILEIRO DE
ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS**

21 a 25 agosto de 2017

Hotel Mabu Thermas Grand Resort
Foz do Iguaçu / PR / Brasil

**INTRODUÇÃO DE ANÁLISE ESTRUTURAL E ESTABILIDADE – CONCEITOS E FUNDAMENTAÇÕES
- APLICAÇÃO À QUEDA DA CICLOVIA TIM MAIA**

PAULO FÁBIO BREGALDA DO CARMO



O Conteúdo dos trabalhos técnicos apresentados no COBREAP é de inteira responsabilidade dos seus autores.

INTRODUÇÃO DE ANÁLISE ESTRUTURAL E ESTABILIDADE – CONCEITOS E FUNDAMENTAÇÕES - APLICAÇÃO À QUEDA DA CICLOVIA TIM MAIA

RESUMO

O presente trabalho insere-se numa proposta para recordar alguns fundamentos iniciais de análise estrutural com o objetivo de analisar, tecnicamente, a queda da Ciclovia Tim Maia, ocorrida em São Conrado, Rio de Janeiro, em 21 de abril de 2016.

PALAVRAS-CHAVE: Análise estrutural, Estabilidade, Condições de equilíbrio, Reações de apoio, Acidente estrutural.

CAPÍTULO 1 OBJETIVO

Nosso objetivo primeiro é lembrar alguns conceitos iniciais de Engenharia Civil ligados à estabilidade de estruturas, tão negligenciados nos dias de hoje, tais como: tipos de apoio; reação de apoios; vínculos estruturais; fundamentos de isostática, hiperestática, isostática; estabilidade das estruturas. Esses conceitos iniciais são estudados no curso de graduação de Engenharia Civil, baseados em matemática e física elementares, tais como, sistemas de equações lineares e as três Leis de Newton. A negligência desses conceitos iniciais foram a causa primeira e decisiva para o acidente ocorrido na Ciclovia Tim Maia, provocando a queda de parte do piso/tabuleiro, com consequências fatais.

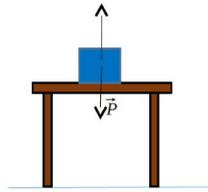
Conforme mostraremos, houve várias falhas técnicas que provocaram a queda de parte da Ciclovia. A causa primeira e decisiva foi o esquecimento das aulas iniciais de estruturas e estabilidade. Vamos abordar de forma sucinta as principais causas do acidente ocorrido.

CAPÍTULO 2 FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA.

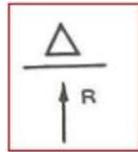
Estrutura é a parte da construção responsável pela estabilidade e pela resistência à ações externas. A estrutura submetida à ações externas deve apresentar segurança quanto à ruptura dos materiais utilizados e, também, estabilidade global ou parcial de todos seus elementos. Além disso, deve demonstrar bom desempenho estrutural, no que diz respeito às deformações e à durabilidade, de acordo com o fim e vida útil para a qual foi projetada.

A estática é a parte da mecânica que estuda as forças em equilíbrio. Uma estrutura recebe e deve suportar as forças aplicadas sobre ela, logo a estática é o estudo das forças que mantêm um corpo em equilíbrio. Para estudar o equilíbrio de um corpo, primeiramente, é necessário conhecer os tipos de apoio e as forças de reação que cada apoio exerce sobre a estrutura. Existem três tipos de apoio: simples móvel; simples fixo e engastamento.

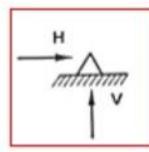
O equilíbrio entre as forças atuantes e as forças reativas é o objetivo do dimensionamento estrutural. Sobre as estruturas atuam cargas ou forças, suportadas pelos elementos estruturais através das forças reativas (reações) – conhecidas como par ação-reação de resultante nula, ou 3ª Lei de Newton ou princípio da ação e reação. No esquema a seguir, vemos a força normal, como exemplo de reação quando um corpo está apoiado em outro.



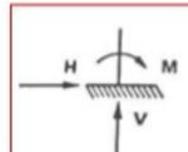
Apóios são vínculos externos de uma estrutura, tendo como função primordial limitar os graus de liberdade da estrutura. As reações externas são forças que os vínculos devem possuir para manter o equilíbrio estático da estrutura.



1º gênero



2º gênero



3º gênero

Os apoios dos elementos construtivos, denominados vínculos, impedem os movimentos de uma estrutura, translação e rotação. Os vínculos podem ser de 1ª, 2ª ou 3ª classes.

Representação esquemática:

ou

b) Apoio do 2º gênero, articulação ou rótula : impede as duas translações, deixando livre a rotação.

Exemplos :

Representação esquemática :

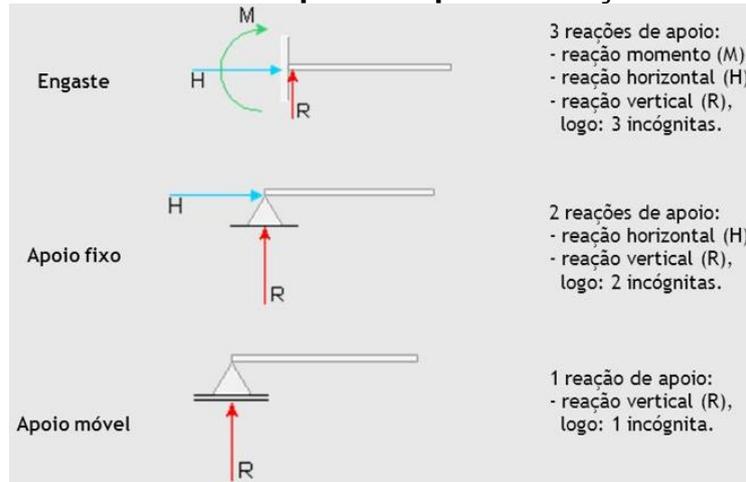
Uma estrutura estática pode ter três tipos de movimento: horizontal, vertical e girar.

1º gênero: permite dois tipos de movimento; 2º gênero permite um tipo de movimento; 3º gênero não permite movimento.

Para que uma estrutura esteja equilibrada estaticamente são necessárias três equações de equilíbrio para calcular as reações de apoio:

- Apoio de 1º gênero -  - $\sum F_x = 0$
- Apoio de 2º gênero -  - $\sum F_y = 0$
- Apoio de 3º gênero -  - $\sum M_z = 0$

Os diversos tipos de Apoio e Reações:



Se alterarmos um vínculo, estaremos aumentando ou diminuindo os graus de liberdade do movimento entre as partes ligadas. Por exemplo, o apoio de uma viga engastada num pilar, portanto não permitindo movimento inicial algum, pode, perdendo suas restrições, iniciar o giro (rotação), depois o deslocamento (translação) vertical e horizontal.

Exemplo de apoio muito utilizado em elemento estrutural.

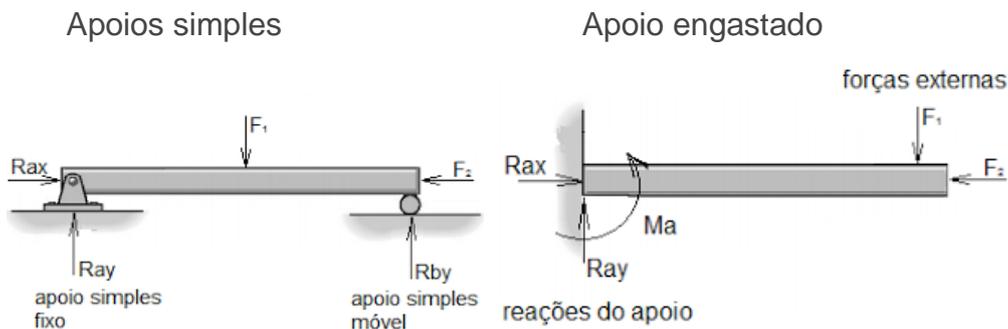


O peso próprio da laje e o intertravamento entre os pilares, neste caso, são suficientes para manter a estrutura em equilíbrio. Não há força atuante de baixo para cima capaz de “levantar” essa estrutura, ao contrário do que ocorreu na Ciclovia Tim Maia, conforme veremos mais adiante, onde a força de uma onda provocou o levantamento da “mesa” (“tabuleiro”) do piso, devido à ausência de adequada reação de apoio (engaste) ao impacto da onda - força externa vertical para cima, aproximadamente, uniformemente distribuída.



Nesta ilustração vemos dois apoios, a e b, duas forças externas atuantes: F_1 - força externa somada ao peso próprio da barra, provocando as reações de

apoio, R_{ay} e R_{by} ; F_2 (força horizontal) sem reação, pois os apoios móveis permitem o deslocamento horizontal (rolete), não havendo, portanto, impedimento ao deslocamento horizontal da barra.



No apoio simples fixo existem duas reações: R_{ay} na direção vertical, provocada pela força externa F_1 , e uma outra R_{ax} na direção horizontal, provocada pela força externa F_2 .

No apoio engastado há três reações: a reação R_{ax} , devido a força horizontal F_2 ; a reação R_{ay} , devido a força vertical F_1 ; e o momento M_a em virtude da barra estar presa. Logo, a força F_1 vai provocar uma rotação, com o momento de reação M_a impedindo que a barra gire.

2.1 - ESTATICIDADE E ESTABILIDADE

As estruturas são classificadas como isostáticas - estaticamente determinadas - ou hiperestáticas - estaticamente indeterminadas - ou, ainda, em hipostáticas. Isostáticas quando são restringidas a movimentos de corpo rígido e o número de incógnitas a determinar é igual ao número de equações de equilíbrio estático. As estruturas são consideradas hipostáticas quando seus movimentos de corpo rígido não são restringidos e elas não atingem, portanto, uma configuração de equilíbrio estável. São consideradas hiperestáticas quando são restringidas a movimentos de corpo-rígido e o número de incógnitas a determinar é maior do que o número de equações de equilíbrio estático.

Admitimos nesse trabalho que as estruturas são lineares, ou seja, apresentam pequenos deslocamentos e deformações e são compostas de material elástico-linear. A maioria das estruturas utilizadas na prática é hiperestática ou estaticamente indeterminada. As estruturas isostáticas são calculadas utilizando as três equações de equilíbrio. As estruturas hiperestáticas podem ser analisadas através de dois métodos clássicos da Análise Estrutural: Método das Forças e Método dos Deslocamentos, ou ainda por um método aproximado conhecido como Processo de Cross.

Uma estrutura está restringida quando possui vínculos para restringir todos os movimentos da estrutura – translação e rotação – como um corpo rígido.

- ISOSTÁTICA - a estrutura é restringida e o número de incógnitas é igual ao número de equações de equilíbrio. Bastam as 3 equações de equilíbrio para dimensioná-la.
- HIPERESTÁTICA – a estrutura é restringida e o número de incógnitas é maior que o número de equações de equilíbrio. Este é o caso, por exemplo, de uma viga com dois ou mais “tramos” ou apoiada em três ou mais pilares. Nesse caso, as equações da estática são em número insuficiente, deve-se, então, criar uma

nova equação, como, por exemplo, as que se obtém através de relações entre o carregamento e a deformação.

- HIPOSTÁTICA – a estrutura não é restringida ou o número de incógnitas é menor que o número de equações de equilíbrio. Não tem solução, a estrutura é instável.

Equações de equilíbrio:

$\sum F_x = 0$ - somatório das forças horizontais que agem no sistema é igual a zero – impede o deslocamento horizontal.

$\sum F_y = 0$ - somatório das forças verticais que agem no sistema é igual a zero – impede o deslocamento vertical.

$\sum M_z = 0$ - somatório dos momentos que agem no sistema é igual a zero – impede a rotação.

Sabemos do Teorema de Rouchè-Capelli em discussão de Sistemas Lineares – que, em geral:

- Um sistema determinado tem o número de equações igual ao número de incógnitas, ou seja uma solução única – caso das estruturas isostáticas. Entretanto, para ser determinado um sistema não precisa ter, necessariamente, o número de equações igual ao número de incógnitas;
- Se o número de equações for menor que o número de incógnitas, o sistema é possível e indeterminado, possui uma infinidade de soluções – caso das estruturas hiperestáticas;
- Se o número de equações for maior que o número de incógnitas o sistema não tem solução – caso das estruturas hipostáticas – a estrutura irá cair.

Esses conceitos simples e introdutórios são suficientes para entendermos o motivo principal da queda da Ciclovía Tim Maia.

CAPÍTULO 3 A QUEDA DA CICLOVIA TIM MAIA – FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA.



Uma onda de cerca de 2,5 metros de altura, potencializada pela mureta de contenção, derruba parte do tabuleiro da ciclovía. Visão de ondas que são comuns no local - momento que uma onda bateu nas pedras e levantou/derrubou o “tabuleiro” da pista da Ciclovía.

O estudo sobre as condições estruturais da Ciclovía Tim Maia, realizado pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC - aponta que a prefeitura deve “mapear e avaliar toda a sua estrutura”, do Leblon a São Conrado. A COPPETEC, contratada para fazer uma perícia independente no local, indicou que “outros trechos da ciclovía são vulneráveis à ação das ondas”, em locais próximos ao acidente ou em outros pontos na direção de São Conrado, incluindo o calçadão, cujos pilares já são atingidos pelo mar.



Momento que uma onda similar à que levantou o tabuleiro, bate nas pedras e muro de contenção, mostrando que o fato é corriqueiro, portanto deveria ter sido previsto - Foto de “O Globo”.



Trecho do tabuleiro de 26 metros, caído nas pedras do costão, após ter sido derrubado pela onda potencializada pela mureta.

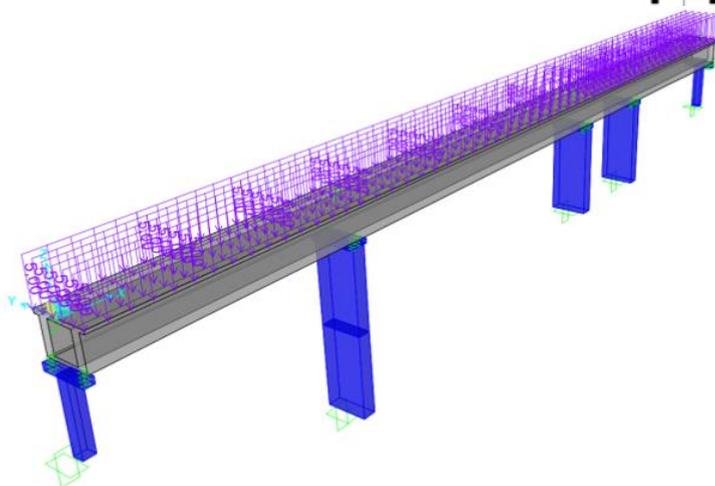
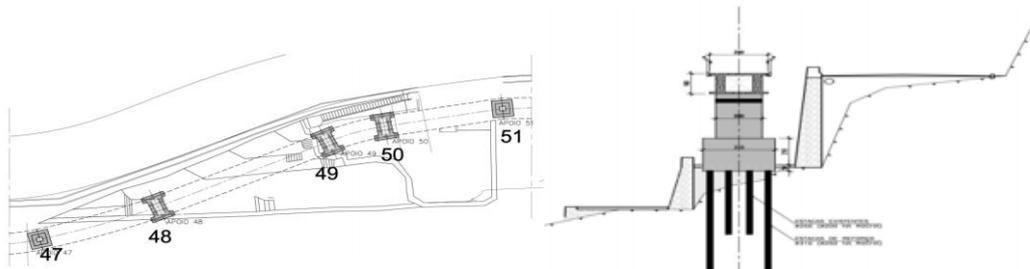
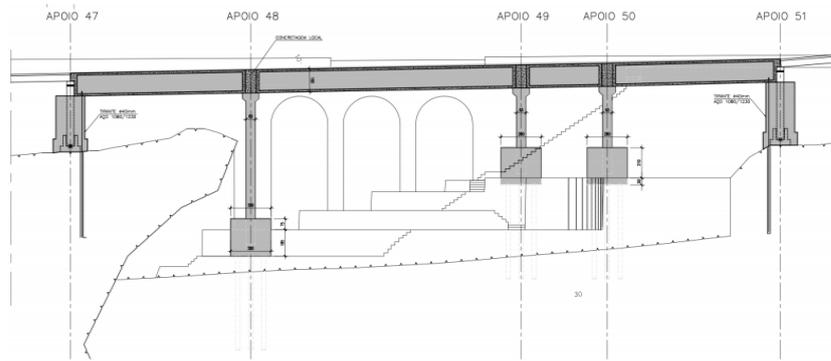


Visão do tabuleiro tombado, ficando claro, apenas observando as fotos, que estava simplesmente apoiado, não havia engaste. A estrutura não se partiu. No trecho haviam três pilares de sustentação da mesa e somente uma viga. Uma onda, cuja força exercida de baixo para cima era muito superior ao peso próprio da mesa, levantou o tabuleiro, pois o mesmo estava apenas apoiado.

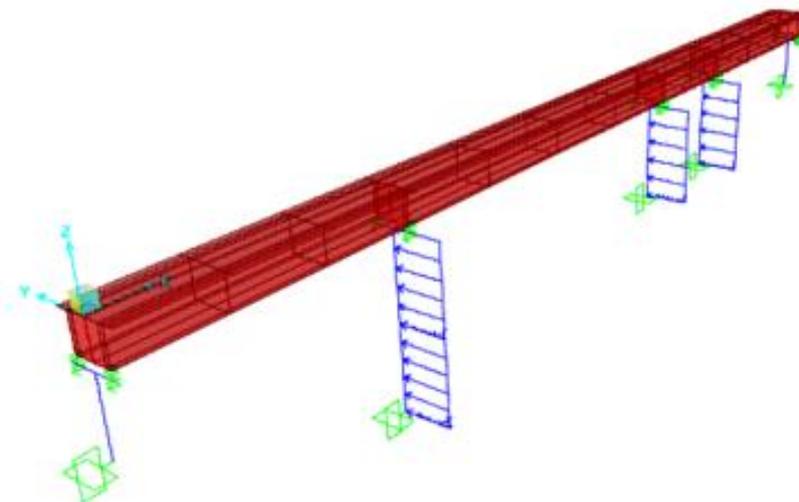
Baseado neste laudo da COPPETEC, o Ministério Público Federal pediu à Justiça a paralisação das obras de imediato no trecho que desabou, além da interdição do restante, até que o estudo seja feito em toda a ciclovia. No relatório técnico, as fotos revelam que ao lado da Gruta da Imprensa, onde ocorreu o desabamento, há seis locais onde as ondas, ao se chocarem contra as paredes e muretas, produzem jatos capazes de atingir alturas elevadas, em virtude do impulso provocado pela arrebentação, as ondas ganham mais energia. No Laudo Pericial, os engenheiros colocam que a formação desse jato, que ocasionou o colapso da ciclovia, foi suficiente para romper e deslocar o tabuleiro.

As muretas de contenção das encostas, construídas pela prefeitura, são os locais com potencial formação dos jatos. Elas potencializam a energia das ondas. O laudo informa, também, que a plataforma, entre os pilares 48 e 49, escorregou. Os engenheiros que assinam o Laudo constataram que houve um desequilíbrio do *“tabuleiro “descolado” de seus apoios”* por ação dos jatos d’água, fazendo com que a viga deslizasse em direção ao costão para, depois, seguir em queda livre. A força da onda que chegou ao tabuleiro foi menor que *“a falada num primeiro momento”* e que ele tombou, *“o esforço de onda foi apenas o suficiente para levantar aquela parte da ciclovia, com conseqüente escorregamento que a gravidade, após a retirada do tabuleiro de seu encaixe, fez o resto”*. Além deste fato, segundo o documento, *“há carência de detalhamento batimétrico, porém dados disponíveis e levando em conta o nível de maré, pode-se estimar uma profundidade de 5 metros no mar nas proximidades da Gruta da Imprensa”*.

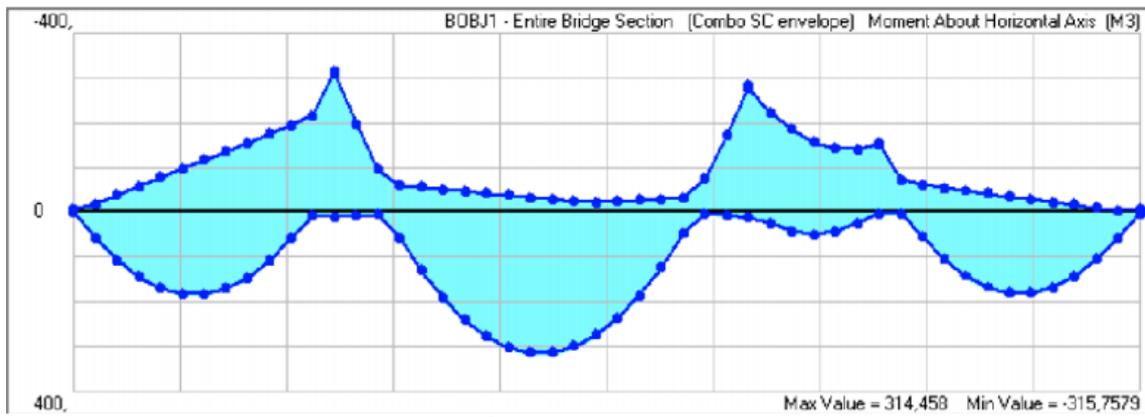
Fica claro, portanto, que a causa primeira do desabamento do trecho de 26 metros do tabuleiro da Ciclovia Tim Maia, foi devido a ausência de engaste do tabuleiro na única viga de sustentação da “mesa”, negligenciado pela falta de estudo preliminar que levasse em consideração as ondas que ocorrem no local e são potencializadas pela encosta e mureta de contenção. No dimensionamento estrutural não foi previsto que existiam forças verticais, de baixo para cima, com capacidade de levantar o tabuleiro simplesmente encaixado/apoiado.



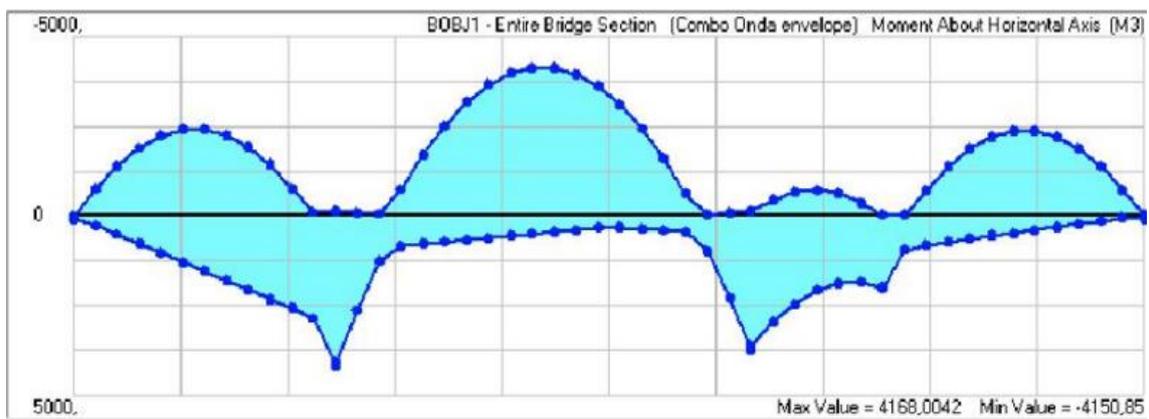
Pressão da onda com recorrência de 100 anos – 66 KN/m² – força vertical, para cima.



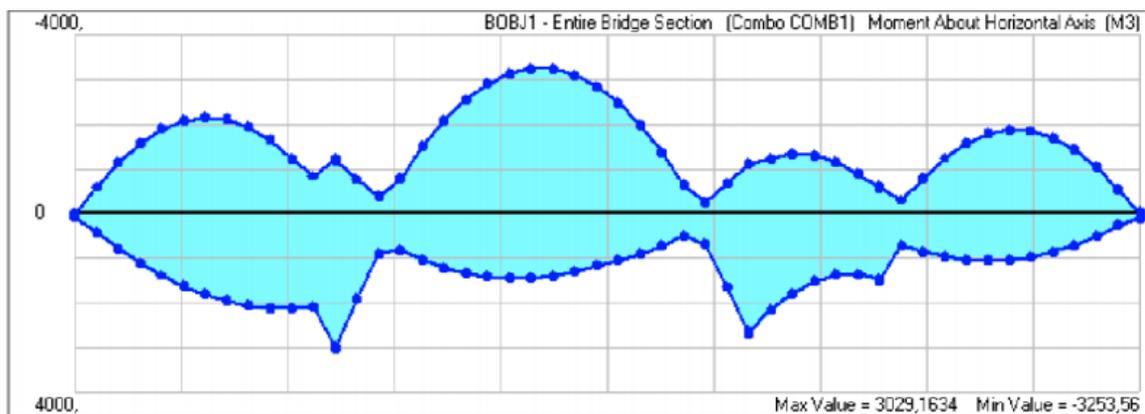
O esforço horizontal nos pilares decorrente da pressão de onda com recorrência de 100 anos.



Sobrecarga de multidão – 5 kN/m² – vertical gravitacional.
 Envoltória de Momento – Mk.



Pressão de onda com recorrência de 100 anos – 66 kN/m²- vertical, para cima.
 Envoltória de Momento – Mk.



Pressão de onda com recorrência de 100 anos – 66 kN/m² + peso próprio.
 Envoltória de Momento – Mk.



Fotos do acidente ocorrido na Ciclovía.

Segundo os laudos realizados, a estrutura da ciclovia da avenida Niemeyer deveria ser, no mínimo, 12 vezes mais resistente para suportar a força das ondas no trecho que desabou. Esta foi a conclusão do estudo conduzido pela COPPE/UFRJ em parceria com Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), encomendado pela prefeitura do Rio de Janeiro. O desabamento da ciclovia, causou duas mortes. O trecho havia sido inaugurado três meses antes, em 17 de janeiro de 2016, a um custo de R\$ 44,7 milhões.

De acordo com a análise, uma onda de aproximadamente três metros de altura atingiu o paredão rochoso da avenida Niemeyer e, com o impacto no costão, a água subiu, chegou a 25 metros de altura e assim alcançou o nível da ciclovia. A força da onda foi em torno de três toneladas por metro quadrado, sendo que a estrutura da ciclovia suportava o equivalente a meia tonelada no trecho atingido pelo mar. Ou seja, a força da onda foi cerca de 6 vezes maior do que a estrutura poderia suportar, nesse trecho.



Foto: Fernando Frazão/ Agência Brasil

Existe consenso entre os calculistas que: *“A ciclovia foi bem construída, mas teve um erro de projeto, que não levou em conta a possibilidade de haver um esforço de baixo para cima, causado por uma onda usual naquele ponto”.*

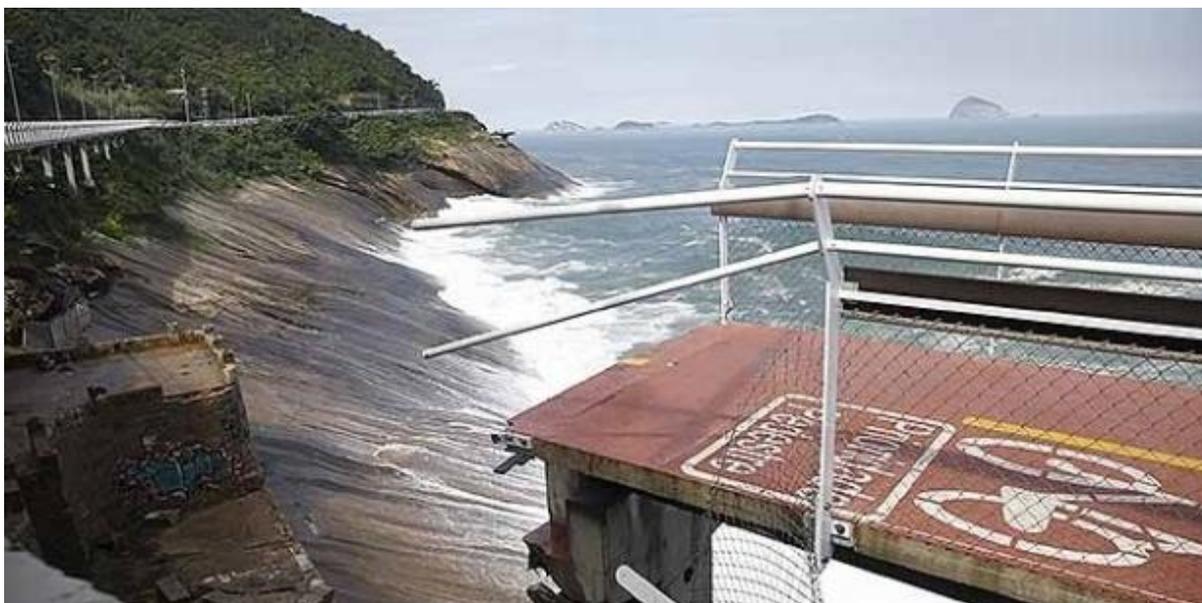
A estrutura não se partiu, **faltou ancoragem na estrutura para combater a força vertical de baixo para cima, provocada por uma onda usual.**

“A estrutura está bem feita. É possível ver que ela não se partiu. No entanto, faltou uma ancoragem vertical de baixo para cima. De cima para baixo, há o peso da própria estrutura e a carga da multidão, que é o peso das pessoas que passam. Naquele local, no entanto, onde a própria conformação rochosa faz com que as ondas subam mais alto, seria necessária uma ancoragem em sentido oposto para evitar que o tabuleiro subisse como aconteceu”.

O trecho destruído ao ser atingido por forte onda deveria ter resistência 12 vezes maior. A área da ciclovia conhecida como Gruta da Imprensa tinha estrutura de 0,55 toneladas por metro quadrado, segundo estudo do Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH). Entretanto, o trecho teria que ter 6,6 toneladas por metro quadrado. A pressão exercida pela onda sobre a ciclovia na hora do acidente era de 3 toneladas por metro quadrado, ou seja, 5,4

vezes maior do que a ciclovia poderia suportar. O acidente aconteceu no dia 21 de abril de 2016 e matou duas pessoas.

Estudos das ondas nos últimos cem anos na região apontam que a maior onda no período, chamada "centenária" teve pressão equivalente a 4,4 toneladas por metro quadrado. Para refazer o trecho, é necessário aplicar um fator de segurança de 1,5, o que explica a recomendação de 6,6 toneladas por metro quadrado para o trecho a ser reconstruído. O INPH também sugere a utilização de um sistema de alerta que interrompa o funcionamento da ciclovia quando a intensidade das ondas aumentar.



Trecho de ciclovia Tim Maia que desabou – foto de Ricardo Borges/Folhapress.



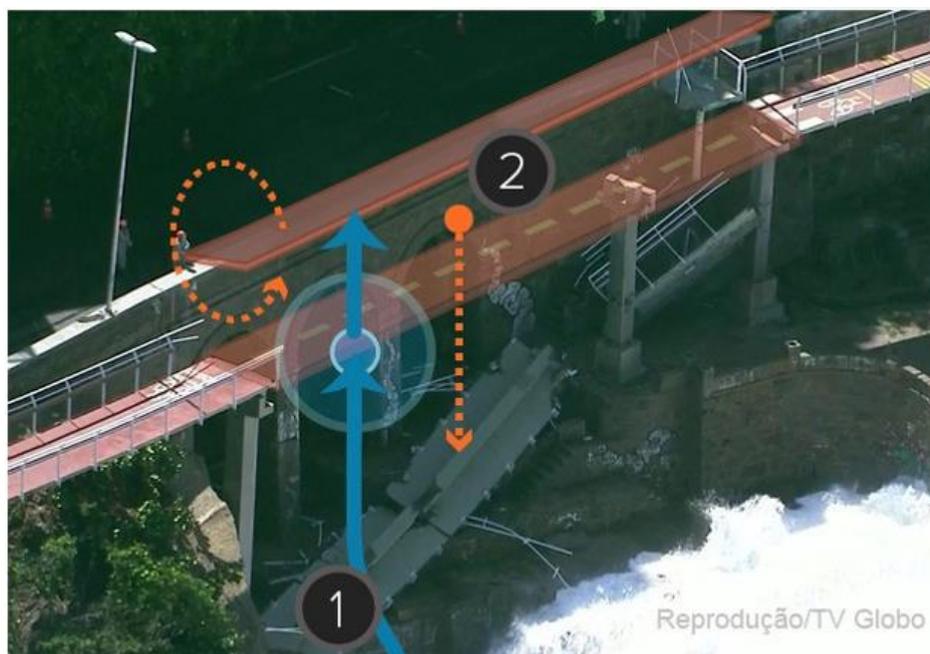
Antes e depois do desabamento do trecho da Ciclovia Tim Maia.
Foto de Fábio Otta do Estadão.

Os locais com potencial formação dos jatos, que são as muretas para contenção de encostas, são preocupantes. Elas potencializam a energia das ondas. Ao contrário do que foi dito na época, a onda que atingiu a ciclovia não foi centenária. Segundo o laudo da COPPETEC, *“pelas observações visuais obtidas durante o evento, conclui-se que não se tratou de uma ressaca extrema,*

eventos que ocorrem a intervalos de 40 a 50 anos, de acordo com levantamento feito através de notícias de jornal desde 1850 até 2010. Nesses eventos, observa-se ondas de até 4 metros de altura. Não se pode dizer nem mesmo que tenha sido uma ressaca típica”. A onda era forte, mas não era “espetacular”. Na época da construção da ciclovia, os responsáveis pela obra usaram como parâmetro, a altura da onda de Ipojuca, no Nordeste, que chega a 2,5 metros de altura, entretanto, sem considerar o efeito potencial das muretas de contenção. Como podem usar esse padrão? Não há relação possível entre a onda de Ipojuca e a de São Conrado.



A Ciclovia caiu após onda atingir parte inferior da estrutura.
Foto de Custódio Coimbra - 21/04/2016 / Agência O Globo.



A sequência dos acontecimentos, segundo o engenheiro civil e conselheiro do Crea-RJ, Antonio Eulálio:

1 – com o impacto da onda, o trecho da ciclovia se descola da única viga que a sustenta;

2 – o trecho gira no sentido da Niemeyer e tomba.

O engenheiro Eulálio afirma que houve falha no projeto, já que esse esforço de baixo para cima não foi previsto e a estrutura com uma só viga difere das demais ao lado.



Visão do trecho de 26 metros que desabou no dia 21 de abril de 2016.



Podemos observar que tabuleiro foi apenas encaixado/apoiado, não havia o necessário engaste para combater a força vertical de baixo para cima.

Os locais com potencial formação dos jatos, que são as muretas para contenção de encostas, são preocupantes, elas potencializam a energia das ondas. Outro dado que chama a atenção no laudo da COPEPETEC é o desgaste prematuro dos materiais utilizados na construção da ciclovia, inaugurada no dia 17 de janeiro de 2016. As fotos mostram a corrosão na região do apoio dos pilares e a cobertura de concreto insuficiente, ao ponto de deixar as ferragens expostas. As fissuras no pilar 49, um dos que suportava o tabuleiro que caiu, também foram indicados no laudo da COPPETEC.

CAPÍTULO 4 CONCLUSÃO

Houve falhas no projeto, bem como negligência. Uma das questões principais foi a ausência de estudos preliminares oceanográficos. É fundamental que se faça em obras costeiras estudos para se verificar os efeitos danosos que o mar pode provocar na estrutura da obra. Incrivelmente, os engenheiros envolvidos no processo, se esqueceram de considerar as ondas que poderiam atingir o tabuleiro, somente consideraram as ondas nos pilares. Foram previstas ondas de até 2,5 metros, ondas essas que atingiriam somente os pilares da ciclovia e não atingiriam o tabuleiro. Entretanto, as ondas no local chegam a ter mais de 4 metros de altura e com a formação dos jatos, que são as muretas para contenção de encostas, elas potencializam a energia das ondas. Esses fatos foram negligenciados.

No dia do acidente aconteceram ondas que levantaram e derrubaram o tabuleiro. Um vídeo gravado por um ciclista mostrou o exato momento do desabamento de parte da recém-inaugurada ciclovia. Nas imagens é possível ver uma onda batendo nas pedras do costão e cobrindo totalmente a ciclovia. Obrigatoriamente, deveriam ter feito um relatório preliminar que considerasse o impacto da onda, com recorrência de 100 anos, dos ventos etc. como soe ocorrer em obras de porte semelhante. Esse relatório mostraria que ondas acima de quatro metros ocorrem no local em dias de ressaca e que são suficientes para derrubar o tabuleiro, conforme, de fato, ocorreu. O acidente aconteceu por que o trecho que desabou estava apenas apoiado/encaixado nos pilares, não havia engaste para reagir a força vertical exercida de baixo para cima por ondas que atingem o tabuleiro. O trecho da ciclovia Tim Maia desabou no mar, após ser atingido por uma onda, por que o tabuleiro de sustentação da pista não estava preso aos pilares, apenas apoiado/encaixado. Ou seja, não havia engaste que impedisse que a onda levantasse o tabuleiro.

Os locais com potencial formação dos jatos, que são as muretas para contenção de encostas, são preocupantes, elas potencializam a energia das ondas. Fato este, também, não considerado pelos técnicos. Ao contrário do que foi dito na época, a onda que atingiu a ciclovia não foi centenária. Segundo o laudo da COPPETEC, *“pelas observações visuais obtidas durante o evento, conclui-se que não se tratou de uma ressaca extrema, eventos que ocorrem a intervalos de 40 a 50 anos, de acordo com levantamento feito através de notícias de jornal desde 1850 até 2010. Nesses eventos, observa-se ondas de até 4 metros de altura. Não se pode dizer nem mesmo que tenha sido uma ressaca típica”*. A onda era forte, mas não era *“espetacular”*. Na época da construção da ciclovia, os responsáveis pela obra usaram como parâmetro, a altura da onda de Ipojuca, no Nordeste, que chega a 2,5 metros de altura. Como podem usar esse padrão aleatório, se não há relação entre os locais e suas inerentes especificidades?

Outro dado que chama a atenção no laudo da COPEPETEC é o desgaste prematuro dos materiais utilizados na construção da ciclovia, inaugurada no dia 17 de janeiro de 2016. As fotos mostram a corrosão na região do apoio dos pilares e cobertura de concreto insuficiente ao ponto de deixar as ferragens expostas. As fissuras no pilar 49, um dos que suportava o tabuleiro que caiu, também foram indicados no laudo da COPPETEC.

O que derrubou parte da Ciclovía foi um erro de projeto, que não levou em conta a possibilidade de haver uma força de baixo para cima, causado por uma onda usual naquele ponto.

Faltou ancoragem na estrutura que estava apenas encaixada/apoiada. Ou seja, a devida reação de apoio para combater a força vertical exercida de baixo para cima, impedindo, assim, a liberdade de movimento vertical, fato negligenciado, estudado no curso básico de graduação em Engenharia Civil.

BIBLIOGRAFIA

- [1] VALE ANGELA, LA ROVERE H. L., PATTA PILLAR N. M., Análise Estrutural, Universidade Federal de Santa Catarina, agosto de 2013.
- [2] LA ROVERE H. L., MORAES P. D., Análise Estrutural, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2005.
- [3] SUSSEKIND, J. C., Curso de Análise Estrutural – vol1, Estruturas Isostáticas, Editora Globo, Porto Alegre, 1975.
- [4] LEONHARDT, F., MONNIG, E., Construções de Concreto – Princípios Básicos do Dimensionamento de Estruturas de Concreto Armado, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 1977.
- [5] CREA RJ, “Resultado-de-laudo-de-acidente-da-ciclovía-tim-maia”, divulgação de “O Globo”, Rio de Janeiro, 2016.
- [6] GABRIEL BARREIRA, HENRIQUE COELHO, KÁTHIA MELLO E LÍVIA TORRES Do G1 Rio, “Duas pessoas morrem após o desabamento da ciclovía no Rio”, Rio de Janeiro, 2016.
- [7] AQUINO F., O Estado de S. Paulo – São Paulo, 21 abril 2016.
- [8] COOPETTEC, Laudo Pericial, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ), Rio de Janeiro, 2016.
- [9] CREA RJ, “Crea-RJ diz que Ciclovía Tim Maia não apresenta condições de segurança”, artigo de Sandro Vox / agência o dia, Rio de Janeiro, 2016.
- [10] PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, Consultas a sites pela Internet, Rio de Janeiro, 2016.