

PROJETO, EXECUÇÃO E REABILITAÇÃO DE
OBRAS DE ARTE
ESPECIAIS

Organizadores:

João da Costa Pantoja

Márcio Augusto Roma Buzar

Naiara Guimarães de Oliveira Porto

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB

Reitora: Márcia Abrahão Moura
Vice-Reitor: Henrique Huelva
Decana de Pesquisa e Inovação: Maria Emília Machado Telles Walter
Decanato de Pós-graduação: Lucio Remuzat Rennó Junior
Decana de Extensão: Olgamir Amancia

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU

Diretor da FAU: Caio Frederico e Silva
Vice Diretoria da FAU: Maria Cláudia Candeia de Souza
Coordenadora de Pós-Graduação: Carolina Pescatori Cândido da Silva

Coordenação de Produção Editorial, Valmor Cerqueira Pazos
Preparação, Revisão e Diagramação: Erika Stella da Silva Menezes
Naiara Porto

Conselho Editorial: Abner Luis Calixter
Humberto Salazar Amorim Varum
Paulo de Souza Tavares Miranda
Rodrigo Guimarães Martins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Projeto, execução e reabilitação de obras de arte especiais [livro eletrônico] / organizadores João da Costa Pantoja, Marcio Augusto Roma Buzar, Naiara Guimarães de Oliveira Porto. -- Brasília, DF : LaSUS FAU : Editora Universidade de Brasília, 2024.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-84854-41-3

1. Artigos - Coletâneas 2. Engenharia civil
3. Engenharia civil (Estruturas) 4. Patrimônio arquitetônico - Preservação I. Pantoja, João da Costa. II. Buzar, Marcio Augusto Roma. III. Porto, Naiara Guimarães de Oliveira.

24-219342

CDD-624

Índices para catálogo sistemático:

1. Engenharia civil 624

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

1ª Edição

ORGANIZZADORE E



AUTORE

Daniel Nelson Maciel | Autor
Eduardo Bicudo de Castro Azambuja | Autor
Eduardo Valeriano Alves | Autor
Fernanda Karen Melo da Costa | Autor
Flávia Moll de Souza Judice | Autor
Gláucyo Santos | Autor
Iberê Pinheiro de Oliveira | Autor
João da Costa Pantoja | Organizador e Autor
Joel Araújo do Nascimento Neto | Autor
José Neres da Silva Filho | Autor
Karen Andreza Marcelino | Autor
Luiz Carlos de Almeida | Autor
Leandro Mouta Trautwein | Autor
Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa | Autor
Luís Henrique Bueno Pinehiro | Autor
Márcio Augusto Roma Buzar | Organizador e Autor
Marcos Henrique Ritter de Gregorio | Autor
Mayra Soares Pereira Lima Perlingeiro | Autor
Naiara Guimarães de Oliveira Porto | Organizador
Olímpia Loures Vale Pujatti | Autor
Patrícia Caroline Souza da Rocha Vieira | Autor
Paulo Robert Santos Machado | Autor
Ramon Saleno Yure Rubim Costa Silva | Autor
Ricardo Valeriano Alves | Autor
Rodrigo Barros | Autor



SUMÁRIO

EIXO 1 Degradação, preservação, estética p. 10

- 1 p. 11 Avaliação da curva de desempenho e degradação de obras de arte especiais: Caso da Ponte do Braghetto
- 2 p. 29 A Preservação do Patrimônio Industrial Moderno Vinculado às Pontes Metálicas
- 3 p. 52 Análise da relação entre estrutura e design de duas pontes de Robert Maillart utilizando o software ANSYS

EIXO 2 Soluções e análises estruturais p. 75

- 4 p. 76 Solução de viga vagonada, comparada com o modelo de treliça plana, no uso de passarelas com grandes vãos
- 5 p. 89 Análise das distribuições de momentos fletores e reações de apoio devidos à carga móvel em tabuleiros de pontes esconsas
- 6 p. 112 Pontes retas alargadas em concreto armado: a influência da resistência do concreto na distribuição de momento fletor devido à carga móvel
- 7 p. 138 Avaliação das condições estruturais da Ponte Fazenda Modelo

EIXO 3 Reforço em pontes p. 150

8 p. 151 Reforço de Pontes de Concreto Armado por Protensão Externa

9 p. 164 Aplicação de protensão no reforço da ponte metálica do Rio Pardo

10 p. 182 Restauro Estrutural e Reforço da Ponte do Desengano

AUTORES Resumo p. 198

REFORÇO

EM

PONTES



EIXO 3

8

Reforço de Pontes de Concreto Armado por Protensão Externa

PINHEIRO, Luis Henrique Bueno

Universidade Estadual de Campinas.

TRAUTWEIN, Leandro Mouta

Universidade Estadual de Campinas.

ALMEIDA, Luiz Carlos de

Universidade Estadual de Campinas.

Resumo: A falta de manutenção aliada ao aumento do peso dos veículos rodoviários no Brasil, exigem o reforço das pontes no país. Técnicas de reabilitação e reforço estrutural podem tornar este reforço viável técnica e financeiramente. Porém, como não existem regras específicas sobre como realizar esse tipo de análise em pontes brasileiras, nem procedimentos para o cálculo de armaduras específicas, diversos métodos não são considerados na escolha do tipo de armadura estrutural, nem os esforços adequados. São levados para uma avaliação adequada. Este trabalho estuda o reforço à flexão de estruturas em concreto armado por protensão externa, expondo vantagens e desvantagens de sua utilização e as características deste método de reforço. Por fim, é proposta uma metodologia de cálculo empregando um exemplo teórico de reforço estrutural de uma antiga ponte brasileira por protensão externa com uso de cabos de aço lubrificados, desviadores de concreto armado e blocos de ancoragem. Para basear o cálculo foram utilizadas as regras do projeto da ponte para encontrar os esforços de projeto e a área metálica existente. Com base nas normas vigentes e no projeto de ampliação da ponte, foram determinados novos esforços nas vigas principais. Considerando estes novos esforços e a área de aço existente, foi determinada a área de aço de protensão necessária para que juntamente com as armaduras de aço passivas existentes a ponte possa suportar as novas condições de tráfego.

Palavras-chave: Ponte de concreto armado; Protensão; Reforço Estrutural; Técnicas de Reabilitação.

1. INTRODUÇÃO

Devido às demandas de mercado, os veículos de carga transportam frequentemente um peso muito alto, antes tomado como raro ou impossível em um só caminhão. As pontes, sobre as quais trafegam estes veículos, podem estar expostas a esforços superiores àqueles considerados em seu projeto, calculados com base nas normas vigentes em sua época de construção.

As pontes muito antigas passaram por solicitações danosas de diversas naturezas, ficaram expostas a intempéries que, sem a devida manutenção das obras, favorecem a instalação de patologias, podem corroer as armaduras, desgastar o concreto e causar diversas anomalias, diminuindo a resistência da ponte, bem como sua vida útil.

O aumento do volume de tráfego rodoviário demanda a ampliação das estradas e das pontes que fazem parte destas estradas.

A ampliação das vias, o aumento de peso dos veículos e diminuição da resistência original das pontes, demandam técnicas de reforço da sua estrutura para que aumente a capacidade resistente das obras e assim suportem com segurança, as novas condições de trabalho.

Dentre as várias técnicas existentes de reforço estrutural, a protensão das vigas principais por meio de cabos externamente ancorados a elas, surge como uma alternativa competitiva em relação à rapidez de implantação com a obra em uso, economia de material (formas e escoras) e eficiência no aumento de resistência.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho será a exemplificação de uma metodologia para a análise do reforço estrutural por protensão externa de uma ponte brasileira fictícia, projetada sob a validade de normas antigas em que haverá a necessidade de ampliação, além de adequação da resistência para as cargas de projeto sugeridas nas normas atuais.

3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Um único sistema de cabos externos pode ser usado para o reforço a vários esforços simultaneamente, como momentos fletores positivos, negativos e esforços cortantes, devido

a inclinação dos cabos e ao efeito de compressão provocado. Outras vantagens podem ser citadas:

- menor consumo de concreto ao eliminar a necessidade de engrossamento de todo o elemento;
- economia em formas e escoramento;
- baixo peso acrescido à estrutura existente;
- menos perdas de protensão por atrito devido à utilização de cabos sem aderência;
- possibilidade de determinação da excentricidade dos cabos com a fixação de desviadores e ancoragens em alturas determinadas da viga;
- as vigas principais de pontes podem ser reforçadas com a obra em tráfego;
- não é necessário corrigir deformações antes de reforçar a obra;
- possibilidade de manutenção e troca das armaduras não aderentes;
- melhor distribuição de esforços na aplicação em vigas contínuas (Souza & Ripper 1998 [1]);
- redução de deformações;
- dependendo dos esforços acrescidos em uma possível ampliação da obra, este reforço pode isentar a necessidade de vigas adicionais;
- equipamentos de protensão leves facilitam a utilização em grandes alturas, principalmente ao se escolher o sistema em mono cordoalhas (Almeida 2001 [2]);

Mesmo com tantas propriedades vantajosas, alguns aspectos devem ser observados ao se pensar em adotar este tipo de reforço estrutural. Dentre eles, podem ser citados:

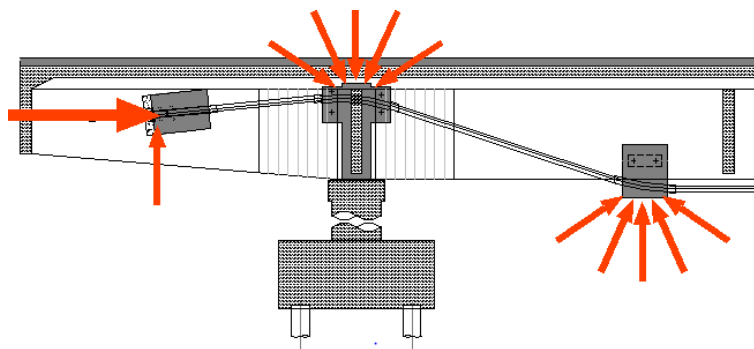
- equipamentos e técnicas não convencionais requerem mão de obra especializada;
- demanda alta proteção à corrosão principalmente em ancoragens e desvios;
- o reforço fica exposto externamente, possibilitando impactos ou ação de incêndios;
- a destruição em um só ponto acaba por inutilizar todo o cabo do reforço;
- a dificuldade na execução de blocos de ancoragem e desviadores em concreto pode inviabilizar o uso deste tipo de reforço;
- o peso dos blocos desviadores e de ancoragem em concreto, devem ser considerados no cálculo estrutural;

- pode haver efeito de segunda ordem devido à diferença entre os deslocamentos sofridos entre a estrutura e o cabo de protensão não aderente;
- a introdução da força de protensão pode ser danosa para concretos de baixo fck, principalmente em pontos de concentração de tensões (desviadores e ancoragem);
- possibilidade de surgimento de esforços hiperestáticos de protensão;
- dificuldades na furação de vigas transversinas ou demais elementos para a passagem dos cabos de pro-tensão e fixação das ancoragens e desviadores;

4. PRINCIPAIS COMPONENTES DO SISTEMA

Esta técnica consiste em ancorar cabos externamente à estrutura por suas extremidades e então protendê-los, podendo haver desvios em sua trajetória por meio de blocos desviadores. O cabo retilíneo com desvios é denominado poligonal, muito usado no caso de protensão exterior, em que os cabos ficam livres de contato com a estrutura, exceto pelos pontos de ancoragem e desvios, onde acabam por introduzir forças contrárias às solicitações, conforme ilustra a Figura 1.

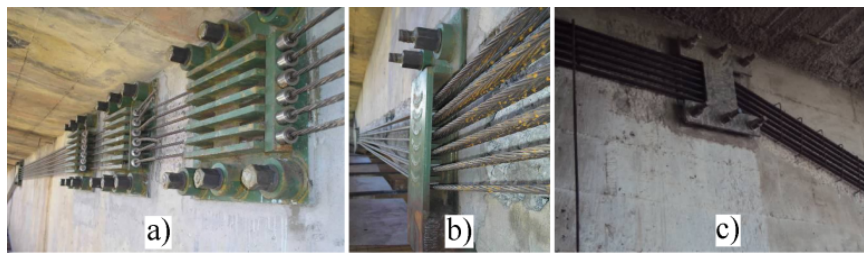
Figura 1: Forças da protensão externa



FONTE: AUTORES.

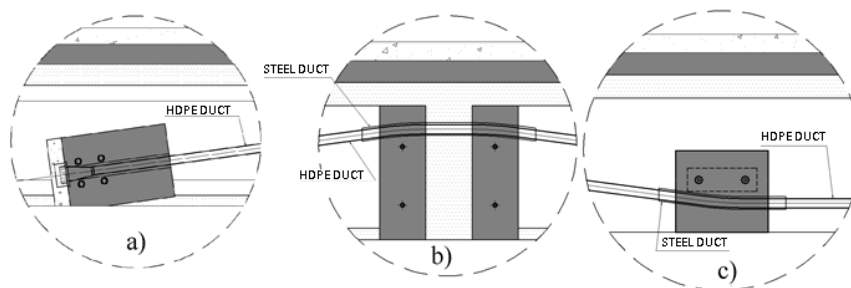
Primeiramente são instalados elementos sobre os quais os cabos podem ser ancorados e desviados. Estas ancoragens e desviadores podem ser metálicos, como na Figura 2 ou em concreto armado conforme o esquematizado na Figura 3, mas até mesmo vigas transversinas e outros elementos da estrutura podem ser usados para este fim.

FIGURA 2: BLOCOS DE ANCORAGEM METÁLICOS (A) E BLOCOS DESVIADORES METÁLICOS (B) E (C).



FONTE: AUTORES.

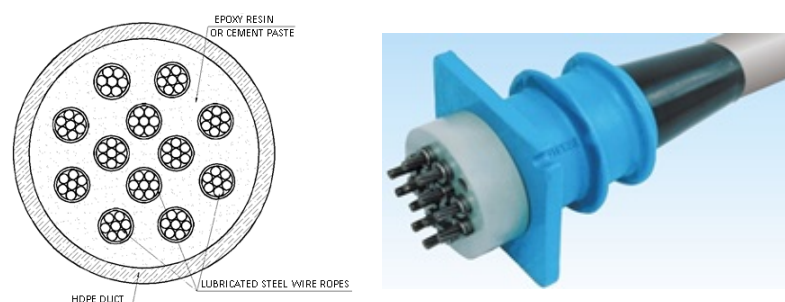
FIGURA 3: BLOCOS DE ANCORAGEM DE CONCRETO ARMADO (A) E BLOCOS DESVIADORES (B) E (C)



FONTE: AUTORES.

Os cabos da protensão não aderente são constituídos de cordoalhas engraxadas e revestidas com polietileno de alta densidade (HDPE). Para o aumento da força de protensão da peça, vários destes podem ser unidos dentro de um duto, como o da Figura 4, o qual é preenchido internamente com resina epóxi ou nata de cimento.

FIGURA 4: SISTEMA DE DUTOS E ANCORAGENS DE CABOS DE AÇO



FONTE: AUTORES.

Este sistema, muito utilizado em reforços por pro-tensão externa, possui várias vantagens, como proteção contra os raios ultravioleta, em virtude do HDPE, contra a corrosão, em virtude da graxa, possibilidade de substituição dos cabos internos, maior controle e manutenção da protensão ao longo da vida útil da obra.

5. EXEMPLO TEÓRICO

Para exemplificar esta técnica de reforço à flexão de vigas longarinas, esta etapa trata da análise de uma situação típica em que uma ponte construída no fim da década de 70, deve ser ampliada, porém não se possui seu projeto original. Após o um típico levantamento de campo obtém-se a resistência do concreto existente bem como a geometria da obra.

A análise estrutural é feita com estas informações, com base nas normas vigentes na época de projeto, sendo calculados os esforços para os quais a ponte foi dimensionada originalmente, então calcula-se o reforço, garantindo-se que resista aos esforços da obra ampliada e verificada pelas normas atuais.

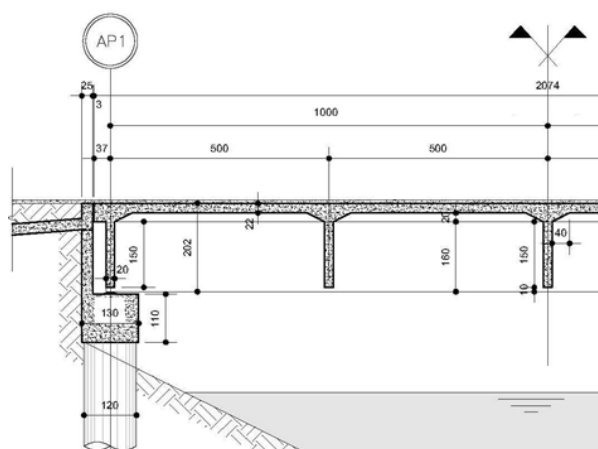
5.1. CARACTERÍSTICAS DO MODELO

A obra fictícia analisada possui 20 m de vão teórico, e vigas longarinas simplesmente apoiadas na mesoestrutura. Sistema estrutural típico desta época (DNIT 2004 [3]) em duas vigas longarinas contraventadas por 5 vigas transversinas.

A largura total da seção transversal é de 10 m, com 830 cm de pista. Não há proteção entre a pista e os passeios, apenas guarda-corpos protegem as extremidades da obra. Esta ponte foi dimensionada para o veículo de 360 kN de peso da antiga NB-6 de 1960 [4].

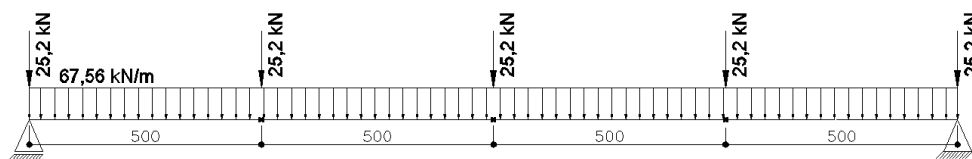
Nas Figuras 5 e 6 encontra-se o projeto da obra original.

FIGURA 5: MEIO CORTE LONGITUDINAL DA OBRA



FONTE: AUTORES.

Figura :Esquema estático para cargas permanentes – obra original (medidas em cm)

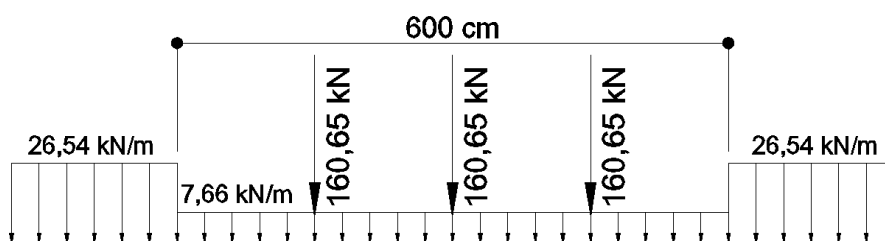


FONTE: AUTORES.

Para as cargas móveis de projeto, foram utilizadas a Norma de Pontes, NB-2 de 1961 e a de Cargas Móveis NB-6 de 1960. Esta norma considera o trem-tipo de 360 kN de peso total.

Este veículo em conjunto com a carga distribuída, na posição mais desfavorável para uma das vigas, por linha de influência (na seção transversal) resulta no esquema estático de cargas da Figura 9 para a viga mais solicitada.

FIGURA 8: ESQUEMA ESTÁTICO PARA CARGAS MÓVEIS – OBRA ORIGINAL



FONTE: AUTORES.

Os carregamentos anteriormente detalhados resultaram nos seguintes momentos fletores:

TABELA 1. MOMENTOS FLETORES DO PROJETO ORIGINAL DA PONTE (M_0 , UNITS IN $kN \cdot m$)

Cargas	Valores parciais (S_k)	Valor final (S_d)
M_{0G} (carga permanente)	3630,0	9262,4
M_{0Q} (carga acidental veículo)	2986,0	

FONTE: AUTORES.

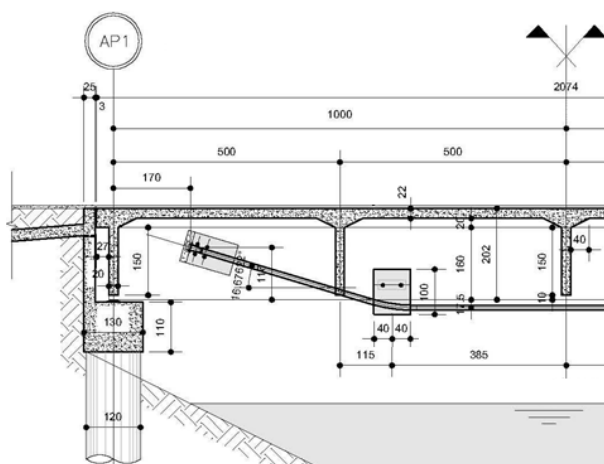
Com os valores da Tabela 1, e características da obra existente, de acordo com a Norma Brasileira de Concreto vigente na época de projeto, ou seja, NB-1 de 1978 [6], determinou-se a armadura existente, resultando em 118 cm² de aço CA-50.

5.3. ANÁLISE ESTRUTURAL NAS NOVAS CONDIÇÕES DA PONTE

Para as novas condições da ponte, com maior largura e maior comprimento de pista, espera-se aumento considerável de esforços nas vigas longarinas.

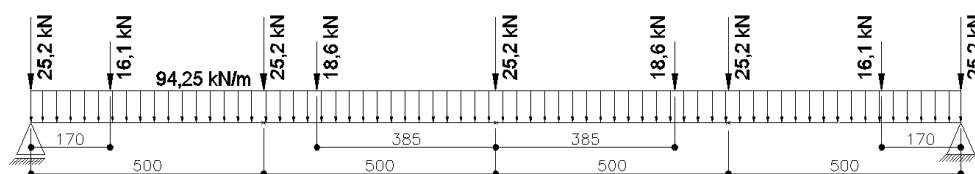
Considerando a solução de reforço por protensão externa com blocos desviadores e de ancoragem em concreto armado, estes elementos foram dispostos conforme a Figura 10 e seus pesos levados em conta nas cargas permanentes, juntamente com o peso dos demais elementos, conforme a Figura 11.

FIGURA 9: MEIA SEÇÃO LONGITUDINAL



FONTE: AUTORES.

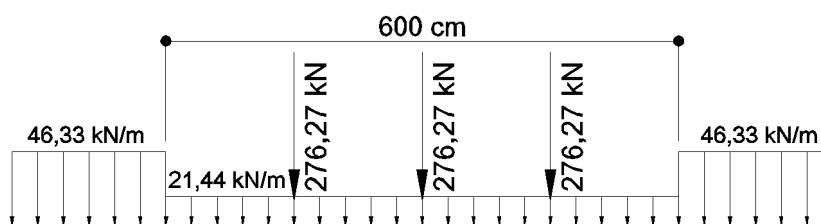
Figura 10: Esquema estático para cargas permanentes – obra final (medidas em cm)



FONTE: AUTORES.

Para as cargas móveis finais, foi utilizada a Norma Brasileira atual correspondente, NBR 7188 de 2013 [5], resultando para cada viga longarina, por linha de influência, as cargas da Figura 12.

FIGURA 11: CARGAS ACIDENTAIS PARA VEÍCULO - OBRA FINAL



FONTE: AUTORES.

Para o cálculo dos esforços foram utilizados coeficientes brasileiros de majoração, de 1,35 para cargas permanentes e 1,5 para cargas móveis, resultando nos valores da Tabela 2.

TABELA 2. MOMENTOS FLETORES DA OBRA FINAL DA PONTE (M_F , UNITS IN $kN \cdot m$)

Cargas	Valores parciais (S_k)	Valor final (S_d)
M_{FG} (carga permanente)	5106,25	14953,79
M_{FQ} (carga acidental veículo)	5373,5	

FONTE: AUTORES.

5.4. RESUMO DOS ESFORÇOS

Observa-se na Tabela 3, um aumento de cerca de 60 % dos esforços, aumento que deve ser resistido pelo sistema de protensão externa.

TABELA 3. COMPARAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES (M , UNITS IN $kN \cdot m$)

Forças	S_k	S_d	ΔS_d
M_{0G}	3630,00	9262,40	5691,39
M_{0Q}	2986,00		
M_{FG}	5106,25	14953,79	(61,4%)
M_{FQ}	5373,50		

FONTE: AUTORES.

5.5. CÁLCULO DO REFORÇO

Com a mudança de normas, alguns parâmetros sofreram alteração, como no caso da seção resistente considerada, a qual sofreu alterações em relação às flanges.

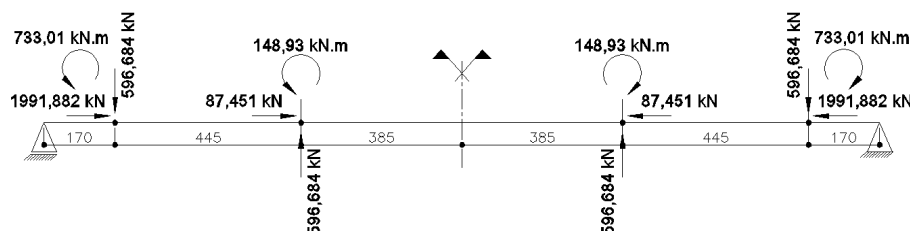
É adotada uma área de aço de protensão para resistir ao esforço acrescido. Esta área de aço, tracionada ao seu limite (determinado pela norma brasileira de concreto armado [6]),

ancorada de forma excêntrica e com geometria inclinada, gera esforços concentrados nos pontos de desvio e ancoragem.

Para o presente caso, a área de aço de protensão foi adotada com base em um cálculo de armadura necessária de protensão para o valor total de sollicitação de momentos fletores. Da área de aço total de protensão calculada, foi descontado a parcela de armadura passiva existente e este valor arredondado para áreas de aço comerciais, resultando em dois cabos com 7 cordoalhas de 12,7 mm (área de protensão efetiva = 13,82 cm²).

As forças concentradas, conferidas por esta armadura inicialmente adotada, estão representadas na Figura 13.

FIGURA 12: CARGAS EQUIVALENTES POR PROTENSÃO EXTERNA



FONTE: AUTORES.

As cargas explicitadas na figura anterior geram esforços de momentos fletores de sentido contrário ao das sollicitações dos veículos e das cargas permanentes, conforme a Figura 14.

FIGURA 13: DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES DEVIDO À PROTENSÃO EXTERNA



FONTE: AUTORES.

Uma combinação destes esforços com os das cargas permanentes e cargas acidentais dos veículos, configuram o novo esforço sollicitante. Por conter também o esforço aplicado pelo reforço, seu valor pode ser menor que o esforço atuante inicialmente.

Dado os valores de momentos sollicitantes são:

$$M_{cargas\ permanentes} = 5106,25\ kN.m;$$

$$M_{carga\ acidental\ ve\acute{c}ulo} = 5373,5\ kN.m;$$

$$M_{protens\~{a}o\ externa} = -3537,18\ kN.m;$$

Com estes valores, aplicados os coeficientes das normas brasileiras, determina-se o valor de momento fletor atuante final M_{df} , que neste caso, resultou em:

$$M_{df} = 11770,23\ kN.m.$$

Para a seção considerada com as armaduras previamente calculadas, ativa e passiva existente, com seus respectivos braços de alavanca, chega-se ao momento resistente $M_{rd} = 13616\ kN.m$, portanto maior que o momento solicitante final M_{df} .

Confirmando-se esta condição, armadura anteriormente adotada é suficiente para resistir ao aumento de esforços, sendo esta armadura constituída de dois cabos com 7 cordoalhas de 12,7 mm por viga longarina.

Caso M_{rd} fosse menor que M_{sd} , seria necessário considerar maior área de aço de protensão, recalculando as forças concentradas aplicadas (cargas equivalentes), recalculando os esforços por ela gerados, determinando-se o novo esforço solicitante de cálculo, então calcular o momento resistente da seção com a nova área de aço, até que a condição $M_{rd} > M_{sd}$ seja satisfeita.

6. CONCLUSÃO

Para este caso teórico, 2 Cabos por viga, com 7 cordoalhas de 12,7 mm de aço CP-190SR são suficientes para absorver este aumento de momentos solicitantes de 61%.

Este reforço pode ser feito sem a interrupção de tráfego na obra, provavelmente com menores transtornos que uma situação convencional de reforço por envelopamento ou por chapas metálicas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Pini, 1998.

- [2] ALMEIDA T. G. M. **Reforço de vigas de concreto armado por meio de cabos externos protendidos**. University of São Paulo. São Carlos, 2001.
- [3] DNIT - **Brazil's national transport infrastructure department**. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. Road Research Institute. 2nd Ed. Rio de Janeiro, 2004.
- [4] ABNT - Brazilian Association of Technical Norms. **NB-6 Carga Móvel em Pontes Rodoviárias**. Rio de Janeiro: ABNT, 1960.
- [5] ABNT - Brazilian Association of Technical Norms. **NBR-7188, Road and pedestrian live load on bridges, viaducts, footbridges and other structures**, 2013.
- [6] ABNT - Brazilian Association of Technical Norms. **NBR-6118, Design of concrete structures – Procedure**, 2014.

RESUMO SOBRE OS



AUTORES

Daniel Nelson Maciel

dnmaciel@ect.ufrn.br

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2000), com mestrado em Engenharia Civil e ênfase em Engenharia de Estruturas, pela Universidade de São Paulo (2003). Doutorado na mesma área pela Universidade de São Paulo (2008), tendo realizado estágio doutoral na Universidade de Cambridge, no Reino Unido. Possui experiência como engenheiro de Estruturas Aeronáuticas (Stress Engineer), tendo trabalhado nas empresas Akaer Engenharia, Aernnova Engineering e Boeing Company. Atualmente, é Professor Associado na Escola de Ciências e Tecnologia da UFRN e Professor permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PEC) da UFRN. Suas áreas de interesse incluem formulações não lineares no Método dos Elementos Finitos, Análise Dinâmica de Estruturas, Termomecânica e Hiperelasticidade.

Eduardo Bicudo de Castro Azambuja

ebcazambuja@azmb.com.br

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (UnB) em 1991, com especializações em Tecnologia para Uso do Aço pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Gestão Empresarial pelo UniCEUB, e Avaliações e Perícias em Engenharia pelo Instituto de Educação Tecnológica De Luca Daher. Possui também mestrado em Tecnologia pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB). Possui experiência na área de Engenharia Civil, com foco em Estruturas Metálicas e Concreto Armado, atuando em projetos, reforço e recuperação estrutural. Atualmente, é professor no Instituto de Pós-graduação (IPOG).

Eduardo Valeriano Alves

eduardovalerianoalves@gmail.com

Graduado em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas pela UERJ (1983), possui Mestrado em Engenharia Civil com especialização em Estruturas pela COPPE/UFRJ (1994) e Doutorado em Engenharia Civil pela UFF (2009). Atualmente, é Professor Associado no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense (UFF). Com vasta experiência na área de Estruturas, sua atuação concentra-se em projetos, construção e reabilitação de pontes e viadutos, com especial destaque para a utilização de concreto protendido.

Fernanda Karen Melo da Costa

fernandakmcosta@gmail.com

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2018), mestrado em Engenharia Civil pela mesma instituição (2021), além de formação técnica em Tecnologia da Informação com ênfase em Informática para Internet (2013) e em Edificações (2013), ambos pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Instituto Federal do Rio Grande do Norte, respectivamente. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com foco em Estruturas, atuando principalmente nos seguintes temas: pontes de concreto, fator de distribuição de cargas, alargamento de pontes, e Método dos Elementos Finitos (MEF).

Flávia Moll de Souza Judice

flaviamoll@poli.ufrj.br

É graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (1994), com mestrado (1998) e doutorado (2002) em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ. Desde 2006, atua como professora no Departamento de Estruturas (DES) da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Sua experiência é voltada para a área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas de Concreto, trabalhando especialmente com concreto armado e protendido, pontes e pré-fabricados. Atualmente, exerce o cargo de Chefe do Departamento de Estruturas (DES) e é Representante Titular no Conselho de Ensino de Graduação (CEG) da UFRJ.

Gláucyo Santos

glaucyo.santos@gmail.com

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Uberlândia (1993) e possui mestrado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (2003). Possui experiência na área de Engenharia Civil, com foco em Métodos Numéricos, e trabalha principalmente com os temas de software educativo, ensino de engenharia, elementos finitos e método das forças. Também atua na elaboração de projetos e reforços em estruturas metálicas, concreto armado e protendido, voltados para obras de infraestrutura e edificações.

Iberê Pinheiro de Oliveira

iberep@gmail.com

Graduado em Engenharia Civil pela UFMG (1995), com mestrado (2019) e doutorado (2023) em Arquitetura na área de Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade pela PPGFAU/UnB, com publicações focadas no ciclo de vida dos imóveis, mecanismos de degradação, desempenho, obsolescência e depreciação. Pós-graduado em Auditoria, Avaliações e Perícias pelo IPOG e em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações pelo UniCEUB. É membro efetivo e revisor da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), participando da elaboração de normas como a ABNT NBR 14653 (Avaliação de bens), ABNT NBR 6118 (Projeto de estrutura de concreto) e ABNT NBR 15200 (Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio), entre outras. Atuou como Vice-Presidente do IBAPE/DF, é filiado ao ICOMOS-DF e pesquisador do Laboratório do Ambiente Construído (LabRAC). Com experiência em diversas áreas da construção civil, já inspecionou mais de 1.000.000 metros quadrados, e trabalhou com projetos e cálculos estruturais em concreto, madeira e aço, além de execução de obras. É autor do livro 'Como Cuidar do Seu Imóvel'.

João da Costa Pantoja

joaocpantoja@gmail.com

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (1991), com mestrado em Estruturas e Construção Civil pela mesma instituição (2003) e doutorado em Estruturas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC) (2012), tendo realizado estágio doutoral na University of Illinois at Urbana-Champaign, IL, Estados Unidos. Completou o pós-doutorado na Universidade do Porto - FEUP (2018). Desde agosto de 2014, é Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia na área de Estruturas da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Sua atuação acadêmica inclui especialização em modelos numéricos aplicados a estruturas, patologia das estruturas, inspeções especializadas, reabilitação estrutural para conservação patrimonial, modelos multicritérios para avaliação de imóveis urbanos e bens singulares, e modelos para certificação de empreendimentos. Na área profissional, foi responsável pela implementação do processo AGÊNCIA 93 nas agências bancárias do centro-oeste, nordeste e norte do Brasil pelo grupo ITAÚ, realizando inspeções preliminares, execução de planilhas de serviços, fiscalização e gerenciamento de obras de 1992 a 1995. Coordenou projetos para a implantação do trecho subterrâneo do METRO/DF na Asa Sul, incluindo oito estações enterradas e a execução completa do túnel em Brasília/DF, de 1996 a 2000. Acumulou aproximadamente 200 anotações de responsabilidade técnica (ARTs) relativas a consultoria técnica, execução e gerenciamento de obras, projetos civis em edificações, laudos

técnicos, pareceres e perícias entre 1992 e 2022. É coordenador do Laboratório de Reabilitação do Ambiente Construído (LabRAC) da Universidade de Brasília e tem coordenado diversos projetos de pesquisa nas áreas de Arquitetura e Engenharia focados na reabilitação de edificações.

Joel Araújo do Nascimento Neto

joel.neto@ufrn.br

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (1996), com mestrado (1999) e doutorado (2003) em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas, ambos pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Atualmente, é Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PEC/UFRN). Possui experiência na área de Engenharia Civil com foco em Estruturas de Concreto e Alvenaria, trabalhando principalmente com modelagem de edifícios, alvenaria estrutural, painéis de contraventamento e interação parede-viga.

José Neres da Silva Filho

jneres@ect.ufrn.br

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) (1996), com mestrado (2000) e doutorado (2005) em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (UnB), tendo realizado parte do doutorado na North Carolina State University (NCSU), EUA (2002/2004). Possui também MBA Executivo em Gerência e Controle de Projetos pela Universidade Gama Filho (UGF) (2007). Atuou como consultor do DNIT em Obras de Arte Especiais, incluindo pontes, estruturas de contenção e viadutos. Foi Professor Adjunto e Diretor de Planejamento e Infraestrutura na Universidade Federal de Roraima (UFRR), onde coordenou o planejamento e a construção das obras de Reestruturação Universitária (REUNI) e presidiu várias comissões de licitações (CPL-UFRR). Também foi consultor do Conselho de Trânsito do Estado de Roraima (CETRA-RR). Foi Professor Adjunto na Escola de Ciências e Tecnologia da UFRN e, atualmente, é Professor Associado no Departamento de Engenharia Civil e na Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRN. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Planejamento e Controle de Obras, Licitação de Obras Públicas, Estruturas de Concreto Armado e Protendido, Patologia das Estruturas, Projeto de Edifícios, Estruturas de Madeira, Projeto, Recuperação e Reforço de Estruturas, Interação Solo-Estruturas, Aerogeradores Onshore, Pontes em Concreto Armado e Protendido, e Modelagem de Estruturas.

Karen Andreza Marcelino
karen.marcelino.106@ufrn.edu.br

É doutoranda no Departamento de Engenharia Civil, de Construção e Ambiental (CCEE) da North Carolina State University (NCSU). Possui curso técnico em Geologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), onde teve bolsa de Iniciação Científica do CNPq, e mestrado em Engenharia Civil e Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFRN (PPCivAm/UFRN), com ênfase em Estruturas e bolsa de mestrado CAPES/DS. Tem interesse na área de Estruturas de Concreto e participou de projetos de pesquisa em Geotecnia.

Luiz Carlos de Almeida
luish.pinheiro@hotmail.com

É engenheiro Civil formado em 1978, com mestrado (2001) e doutorado (2006) em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Completou dois pós-doutorados na Universidad Castilla-La Mancha, em 2008 e 2016. Desde 1978, é Professor Associado I (MS-5.1) em Regime de Dedicção Integral à Docência e à Pesquisa (RDIDP) na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FECFAU) da UNICAMP. Leciona no curso de Graduação em Engenharia Civil, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e no curso de Formação de Especialista em Estruturas de Concreto Armado. Foi Vice-Prefeito da Cidade Universitária Zeferino Vaz da UNICAMP, Chefe do Departamento de Estruturas da FEC/UNICAMP e Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Civil. Também coordenou o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil de 2018 a 2021 e atualmente é Coordenador do Curso de Formação de Especialista em Projetos de Estruturas de Concreto Armado. Sua experiência na área de Engenharia Civil é focada em Estruturas de Concreto Armado, com ênfase em análise estrutural, diagnóstico estrutural, patologias das estruturas de concreto armado, análise inversa e monitoração estrutural.

Leandro Mouta Trautwein
leandromt@unicamp.br

Possui graduação em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (1998), mestrado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (2001) e doutorado em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2006). Obteve o título de Livre Docência em 2021 pela UNICAMP. Atualmente é professor Associado da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Análise Estrutural, atuando

principalmente nos seguintes temas: concreto armado e protendido, modelagem computacional via método dos elementos finitos, análise experimental de estruturas e monitoração de estruturas. É líder do grupo de pesquisa GMAE/Unicamp (Grupo de Monitoração e Análise Numérica de Estruturas) e do Laboratório de Modelagem Estrutural e Monitoração. Foi agraciado com o prêmio de Melhor de Tese de Doutorado em Estruturas no ano de 2008, em concurso promovido pelo Instituto Brasileiro do Concreto. Foi coordenador do Comitê Científico do Congresso Brasileiro do Concreto, por 4 anos. É membro atuante de diversas Comissões de Estudo da ABNT e do IABMAS (International Association for Bridge Maintenance and Safety) e do Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON. Autor de trabalhos e artigos técnico-científicos publicados em congressos, nacionais e internacionais e em periódicos indexados.

Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa

leonardo@inojosa.com.br

É graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2003), com mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília (2010) e doutorado pela Universidade de Brasília (2019) e Especialização Master em Estruturas de Edificações pela Universitat de Barcelona (2022). Atuou como chefe do Departamento de Edificações - DEDI, da NOVACAP - Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (2015-2017) e como Diretor do CEPLAN - Centro de Planejamento Oscar Niemeyer - UnB (2020-2021). Tem experiência acadêmica em Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Tecnologia da Arquitetura, Estruturas e Representação Gráfica, atuando principalmente nos seguintes temas: arquitetura, projeto, sistema estrutural, estrutura de concreto, desenho técnico e BIM - Building Information Modeling. Atualmente é professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT-UnB).

Luís Henrique Bueno Pinheiro

luish.pinheiro@hotmail.com

É engenheiro Civil pela Unesp de Ilha Solteira, Mestre em Engenharia Civil, na área de Estruturas e Geotécnica pela Unicamp, Diretor na Arcoponte Consultoria e Projetos Ltda. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia de Estruturas, atuando principalmente nos seguintes temas: Consultoria técnica de estruturas de concreto armado, protendido, metálicas e madeiras, incluindo a interação com o solo; Inspeção, investigação, testes, avaliação do quadro patológico das estruturas e Terapia de estruturas. Cálculo Estrutural: Dimensionamentos, cálculos estruturais e elaboração de projetos estruturais básicos e executivos de obras de arte especiais, estações

ferroviárias e metroviárias, obras enterradas, portos, dentre outras obras de infraestrutura e de edificações, industriais e residenciais; Análise estrutural quanto à capacidade portante de pontes e viadutos; Estudo de Viabilização de Transporte de Cargas; Reforço de pontes e outras estruturas por várias técnicas, dentre elas Protensão Externa e Fibras de Carbono; Estruturas mistas de madeira e concreto; Uso de cálculo pelo Método dos Elementos Finitos; Ensaio e Testes Estruturais: Provas de carga; Instrumentação de estruturas; Avaliação de dados adquiridos; Ensaio destrutivo e não destrutivo em estruturas metálicas, madeiras, concreto armado e protendido; Testes e provas de carga em solos, estruturas de fundação e estruturas enterradas; Demais: Desenvolvimento de projeto estrutural de edificações comerciais e residenciais multifamiliares (conjuntos residenciais); Desenho técnico 2D e 3D em softwares CAD, como AutoCAD e ArchiCAD (plataforma BIM). Projetos de estruturas e fundação.

Márcio Augusto Roma Buzar
marcio.buzar@gmail.com

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (1994), com mestrado (1996) e doutorado (2004) em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (UnB). É Professor Associado na UnB, onde coordenou o Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura (PPG-FAU-UnB) de 2013 a 2015. Tem ampla experiência em Engenharia Civil, com destaque para projetos de Segurança Estrutural e participação no Projeto REUNI, no qual projetou e coordenou mais de 250 mil m² nos campi da UnB. Desde 2005, leciona no Programa de Pós-Graduação da FAU-UnB nas áreas de Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade, e sistemas estruturais. É coordenador da Linha de Pesquisa Estrutura e Arquitetura e ministra a disciplina Patologia das Construções na Pós-Graduação. Colabora com a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros do DF, com foco em monitoramento de áreas de risco. Suas pesquisas incluem a reabilitação de Obras de Arte Especial (OAEs) e o estudo de novos materiais como concreto translúcido, leve e colorido, além do uso de resíduos da construção (RCD) e EPS. Investiga a integração entre projetos estruturais e arquitetônicos e estuda a estruturação das obras de Oscar Niemeyer. Recentemente, tem se dedicado à sustentabilidade na construção e à computação gráfica aplicada às estruturas. Com formação em mecânica das estruturas, atua principalmente em análise estrutural de edifícios, análise plástica limite e métodos dos elementos finitos. Foi Diretor do Departamento de Estradas e Rodagens do Distrito Federal (DER-DF) em 2018, coordenando a reabilitação do Viaduto do Eixo Rodoviário Sul (Eixão) e a construção da Saída Norte de Brasília, que inclui mais de 27 viadutos e pontes. Também propôs metodologias para a análise de OAEs, auxiliando na recuperação de patrimônio moderno. Atuou como Diretor de Edificações da NOVACAP (2015-2017), coordenando centenas de obras públicas em Brasília.

Foi agraciado com a Medalha da Defesa Civil do Distrito Federal, o Título de Comendador do Corpo de Bombeiros do DF e a Medalha Mérito Segurança Pública da Secretaria de Estado de Segurança Pública do DF. Atualmente, realiza pós-doutorado na FEUP, Universidade do Porto, Portugal, sob a orientação do Professor Catedrático Humberto Varum.

Marcos Henrique Ritter de Gregório

marcos@ritter.arq.br

MESTRE em Tecnologia pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (UnB - 2010). PROFESSOR da Faculdade de Tecnologia do Centro Universitário de Brasília - CEUB. Sócio das empresas "Construtora Ritter", "Victum Manutenção Predial" e "AlugaDF". CONSULTOR da "Projetos Consultoria Integrada" na área de edificações. Possui graduação em ARQUITETURA E URBANISMO pelo Centro Universitário de Brasília (UniCEUB - 2006). Concluiu 50% do curso de graduação em ENGENHARIA CIVIL da Universidade de Brasília (UnB - 1998-2001).

Mayra Soares Pereira Lima Perlingeiro

mayraperlingeiro@id.uff.br

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFF), com mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFRJ) e doutorado em Engenharia Civil pela UFRJ. É professora associada DE, com atuação nos cursos de graduação e de pós-graduação em Engenharia Civil da UFF, vice-coordenadora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFF desde 2021; Editor-chefe da Revista Científica Engevista desde 2023; professora colaboradora na Escola Politécnica da UFRJ. Participou do Comitê da ABNT/CEE-231 no Projeto de Revisão ABNT NBR 7187:2021 e ABNT NBR 6118:2023. Diretora técnica do IBRACON da Regional Rio de Janeiro biênio 2021-2023 e 2023-2025. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas de Concreto, atuando principalmente nos seguintes temas: projetos de engenharia, análise estrutural, concreto armado, concreto protendido, concretos especiais, reforço estrutural e pontes. Coordenou projeto sobre Comportamento de Elementos Estruturais em Concreto Armado e Protendido na UFF. Suas publicações têm como foco temas relacionados ao comportamento de elementos estruturais em concreto armado e protendido, reforço com materiais compósitos de resina e fibras em elementos estruturais de concreto e dimensionamento de pontes. É membro do projeto de pesquisa Metodologias e Processos Inovadores com Foco na Redução de Patologias e Melhoria do Desempenho dos Materiais de Construção cadastrado na plataforma Sucupira.

Naiara Guimarães de Oliveira Porto

naiara.porto@aluno.unb.br

Doutoranda na área de Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade, pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, financiada, parcialmente, pela FAP/DF. Possui mestrado em Reabilitação Estrutural de Edifícios pela Universidade de Coimbra (2020). Especialização em Reabilitação Ambiental e Sustentável Arquitetônica e Urbanística (em andamento). Graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Brasília (2016). Atua na área de engenharia civil, com ênfase em análise e reabilitação estrutural, patologias das estruturas e engenharia diagnóstica, com a realização de perícias, inspeções especializadas e elaboração de laudos e projetos. Realizou trabalhos e publicações relacionados aos estudos de concreto armado, metodologias de análise de danos em edificações e em patrimônios culturais. Atualmente faz parte como pesquisadora colaboradora do Laboratório de Reabilitação do Ambiente Construído (LabRAC) da Universidade de Brasília.

Olímpia Loures Vale Pujatti

olimpia.ufop@gmail.com

Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2020), MBA em Gerenciamento de Projetos pela FGV (2015) e Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto (2010). Trabalhou durante 6 anos na área de planejamento e qualidade em obra de construção de estação metroviária. Atualmente é professora do curso de Engenharia Civil na Universidade Potiguar.

Patrícia Caroline Souza da Rocha Vieira

patriciavieira88@yahoo.com.br

Engenheira civil formada desde 2016; pós graduada em Auditoria, Avaliações e Perícias de Engenharia em 2019; pós graduada em Construções Sustentáveis e Ecurbanismo em 2020; Pós graduada em Patologia das construções em 2021; Pós graduanda em BIM Management; Atualmente trabalhando com obras de pequeno e médio porte em concreto armado e estrutura metálica; Obras executadas e serviços executados: Galpões em estrutura metálica Prédio em estrutura mista (concreto armado e estrutura metálica) Prédio residencial em concreto armado Laudos técnicos Serviços de manutenção predial.

Paulo Robert Santos Machado

robertsm@gmail.com

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Paulista (2010) e Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela universidade de Brasília (2024). Atualmente é analista de gestão e fiscalização rodoviária - Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Rodoviária, Projetos e Construções.

Ramon Saleno Yure Rubim Costa Silva

salenojure@hotmail.com

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (2009), com Mestrado e Doutorado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília. Trabalhou como Gerente de Projetos na VALEC por 8 anos. Atualmente, é Professor Adjunto no curso de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB), onde leciona Mecânica dos Sólidos, Teoria das Estruturas e Projeto de Pontes. É membro do Comitê Brasileiro de Normalização Metroferroviário (CB-06) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e participou de 18 congressos e seminários científicos no Brasil e no exterior. Atua como revisor para revistas como a Revista IBRACON de Estruturas e Materiais (RIEM), Applied Mathematical Modelling e Frattura ed Integrità Strutturale. Tem experiência em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas Metálicas, Ferrovias, Dinâmica, Estruturas de Concreto, Pontes, Problemas Inversos e BIM. É membro do IABMAS (International Association for Bridge Maintenance and Safety) e do IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto). É autor de artigos e periódicos científicos apresentados em congressos nacionais e internacionais.

Ricardo Valeriano

eduardovalerianoalves@gmail.com

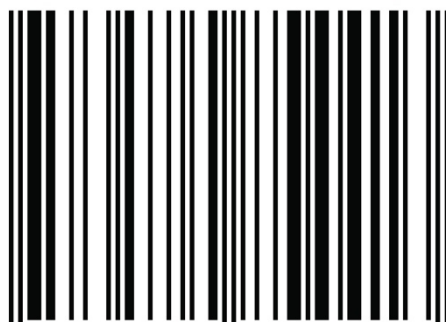
Professor associado da Escola Politécnica da UFRJ. Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (1985). Possui Mestrado (1989) e doutorado (1995) em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ no programa de Estruturas. Atuação em Mecânica das Estruturas, Pontes, Concreto Protendido e Estabilidade Elástica.

Rodrigo Barros
barrosrn@ufrn.edu.br

Possui Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2006), Mestrado em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela Universidade de São Paulo (2009) e Doutorado em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela mesma instituição. Foi bolsista da CAPES e do CNPq durante o Mestrado e o Doutorado no Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos. Atualmente é Professor Adjunto IV da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Projetos de Estruturas e Projetos de Fundação. Foi professor do curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Araraquara, do curso de Especialização em Engenharia de Estruturas da UNILINS e do curso Especialização em Estruturas de Concreto e Fundações do INBEC - Instituto Brasileiro de Educação Continuada até o ano de 2013. Como pesquisador, atua principalmente nos seguintes temas: modelo de Bielas e Tirantes, Fundações, Bloco sobre estacas e Modelos de Cálculo para Força Cortante.

ISBN: 978-65-84854-41-3

CR



9 786584 854413