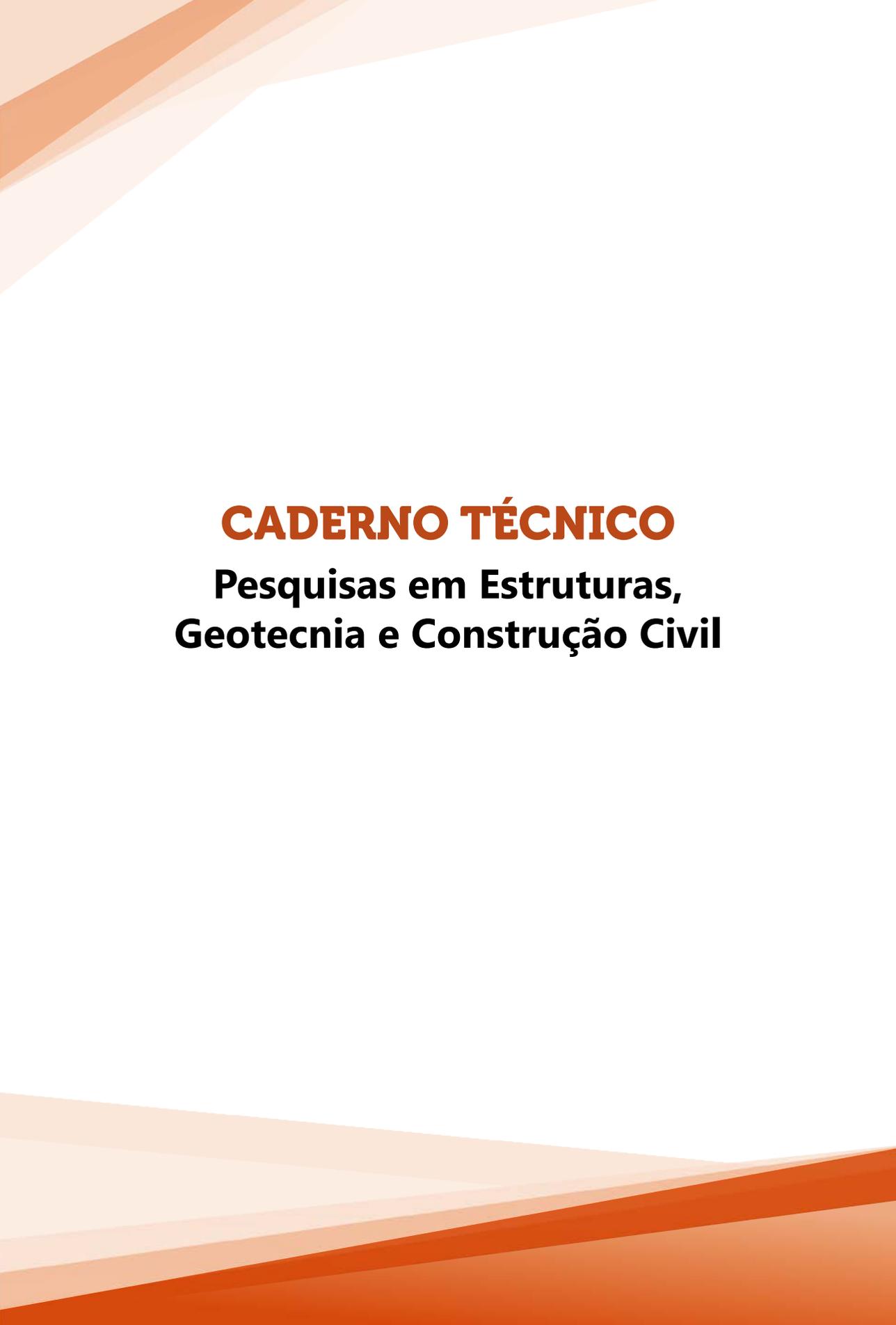




# CADERNO TÉCNICO

**PESQUISAS EM ESTRUTURAS,  
GEOTECNIA E CONSTRUÇÃO CIVIL**





**CADERNO TÉCNICO**  
**Pesquisas em Estruturas,  
Geotecnia e Construção Civil**

B273p

Barreto, Douglas.

Pesquisas em estruturas, geotecnia e construção civil / Douglas Barreto, André Kazunori Maebara, Fernanda Giannotti da Silva Ferreira. -- São Carlos : Suprema Gráfica Editora Eireli, 2019.

56 p. - (Caderno Técnico; 5)

1. Engenharia civil. 2. Engenharia - Pesquisa. 3. Estruturas. 4. Geotecnia. 5. Construção civil. I. Título. II. Série.

CDD - 624 (20a)

CDU - 624

## APRESENTAÇÃO

**A**o longo de nossa atuação profissional nos defrontamos com uma gama muito grande de problemas, os quais exigem uma rápida e eficaz solução técnica, sendo que muitas vezes revolucionamos o estado da arte sem mesmo nos dar conta de tal feito.

Visando aproximar os profissionais às pesquisas estudadas e propostas no âmbito das Universidades, este Caderno Técnico – Pesquisas em Estruturas, Geotecnia e Construção Civil apresenta um conjunto de pesquisas que vem sendo desenvolvidas no âmbito de um programa de pós-graduação em Engenharia Civil.

É uma pequena amostra de apenas uma área da Engenharia, a Civil, que resultou numa grande variedade de pesquisas, nos níveis de Mestrado e Doutorado, de modo que se pode verificar o quanto tem sido os esforços desenvolvidos em prol do avanço da técnica, cujos resultados têm aplicação direta nas atividades de engenharia.

Este Caderno Técnico deve ser visto como uma referência pontual, que mesmo assim, reuniu 45 trabalhos de engenheiros e tecnólogos, que se dedicam ao seu aprimoramento profissional, sendo que os resultados das pesquisas por eles desenvolvidas constituem-se num grande acervo disponível e que podem e devem ser lidos e aplicados por toda a sociedade.

Por conta dos esforços destes profissionais, que podemos usufruir destas pesquisas, sendo que muitas delas podem nos ajudar na resolução de problemas e colaborar na proposição de soluções técnicas adequadas e inovadoras.

Salienta-se que neste Caderno Técnico, parte impressa, estão apresentados os resumos dos 45 trabalhos de pesquisa. Os trabalhos completos estão em um Anexo, de forma digital, disponível no link < [www.aeasc.net/cadtec19](http://www.aeasc.net/cadtec19)>. Isto foi necessário, pois os trabalhos completos somam mais de 500 páginas, o que tornaria um volume impresso muito grande. Assim agindo, visamos a sustentabilidade evitando o uso de papel, conseqüentemente diminuindo o consumo de árvores para produção de polpa de celulose.

Por fim, destaca-se que há muito mais pesquisas sendo feitas na Universidades, e que explorar este imenso mar de conhecimento só traz benefícios aos profissionais, de modo a encurtar distâncias entre academia e mercado, bem como podemos dar um feedback que permita avançar mais ainda o conhecimento e a técnica, permitindo o nosso aprimoramento contínuo. Também, destaca-se o apoio do CREA-SP que sempre incentiva ações que permitam a ampliação da capacitação dos profissionais do Sistema.



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
ESTRUTURAS .....	13
Durabilidade e comportamento de vigas de concreto armado reforçadas com mantas de CFRP expostas ao intemperismo.....	13
Discente: Camila Pessoa Pinto, Engenheira Civil, Mestranda em Engenharia Civil	
Comportamento estrutural de pilares de concreto armado reforçados com mantas de GFRP expostos a mecanismos de degradação .....	14
Discente: Fabrício Antônio Goulart Pereira, Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Civil	
Avaliação ao longo do tempo da aderência de barras de GFRP e barras de aço em ambiente marinho .....	15
Discente: Gabriel Henrique Morgan, Engenheiro Civil	
Análise numérica da influência de aberturas em lajes alveolares protendidas submetidas ao esforço cortante.....	16
Discente: Igor Pacchioni Cândido da Silva, Bacharel em Engenharia Civil	
Ferramenta Computacional para Análise e Projeto de Estruturas de Cobertura com Trelças Planas de Madeira.....	17
Discente: Iuri Fazolin Fraga, Bacharel em Engenharia Civil, Especialista em Estruturas de Concreto	
Relações entre propriedades de rigidez de madeiras do grupo das folhosas .....	18
Discente: João Paulo Boff Almeida, Engenheiro Civil	
Comportamento e durabilidade de vigas de concreto armado reforçadas com mantas de cfrp submetidas a umidade constante .....	19
Discente: Luiz Antonio Sarti Junior, Bacharel em Engenharia Civil	
Viga delgada protendida: verificação da influência da armadura transversal em terças pré-fabricadas, ensaio da resistência a força cortante .....	20
Discente: Luiz Carlos de Alvarenga Junior, Engenharia civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil	
Diagramas de interação m-n para a verificação de pilares mistos de aço e concreto submetidos a flexo-compressão normal .....	21
Discente: Matheus Oliveira Fernandes, Bacharel em Engenharia Civil	
Ligação adesivada em vigas mistas de aço e concreto .....	22
Discente: Paulo Eduardo Soares Andrade Filho, Bacharel em Engenharia Civil	
Análise de Sistemas de Reforço para Alvenaria Estrutural .....	23
Discente: Renato Baiochi Alves Veronese, Engenheiro Civil, Especialista em Construção Civil	
Avaliação da largura efetiva de pontes e viadutos em seção caixão mista de aço e concreto para o grau de interação total e parcial.....	24
Discente: Renato Silva Nicoletti, Engenheiro Civil	
Análise numérica de pilares trelçados de aço formados a frio submetidos à compressão centrada e excêntrica .....	25
Discente: Riterson Jacques Nunes, Engenheiro Civil, Especialista em Docência no Ensino Superior	

Estudo dos mecanismos resistentes de junta com chaves de cisalhamento em viga-pilar em consolos pré-fabricados com a utilização de chapa metálica no apoio da viga .....	26
Discente: Rogério José Solidario Chaves, Bacharel em Engenharia Civil	
Estudo sobre a substituição de armadura metálica por barras de GFRP em vigas de concreto armadas à flexão .....	27
Discente: Amanda Duarte Escobal Mazzú, Engenheira Civil	
Análise do Comportamento de Sistemas Estruturais de Concreto Armado Moldado in loco Sob Efeito do Colapso Progressivo .....	28
Discente: Heloiza Candeia Ruthes, Engenheira Civil, Mestranda em Engenharia Civil	
Uso de concreto com agregados de resíduos de concreto em pilares mistos preenchidos .....	29
Discente: Mayara Turi Gerin, Engenheira Civil, Mestranda em Engenharia Civil	
Verificação à fadiga de vigas de pontes de concreto armado: estudo comparativo entre o uso do trem-tipo normativo e as cargas reais nas rodovias brasileiras .....	30
Discente: Fernando Júnior Resende Mascarenhas, Bacharel em Engenharia Civil, Mestrando em Engenharia Civil	
Estudo teórico e experimental da estabilidade distorcional em vigas mistas de aço e concreto em região de momento negativo .....	31
Discente: Alexandre Rossi, Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil	
Caracterização Experimental e Numérica para Avaliação do Edifício Histórico do Museu Paulista utilizando Técnicas Não Destrutivas .....	32
Discente: Daniele Melo Santos Paulino, Engenheira Civil, Mestre em Engenharia de Estruturas	
Metodologia para otimização projeto de viadutos de múltiplas longarinas considerando critérios sociais-ambientais e econômicos .....	33
Discente: Eduardo Vicente Wolf Trentini, Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Estruturas	
Comportamento de vigas mistas celulares formadas por perfis i duplamente simétricos e lajes alveolares pré-fabricadas de concreto .....	34
Discente: Felipe Piana Vendramell Ferreira, Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil	
Contribuição ao estudo de aderência e propriedades mecânicas do concreto autoadensável com baixo consumo de cimento reforçado com fibras de aço .....	35
Discente: Izabella Sant'Ana Storch, Mestre em Estruturas e Construção Civil	
Legislação de combate a incêndio em estruturas de madeira: Cenário nacional e internacional .....	36
Discente: Julia Naves Teixeira, Bacharel em Engenharia Civil, Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil	
Edifícios em alvenaria estrutural sob ação sísmica .....	37
Discente: Klaus André de Sousa Medeiros, Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil/Estruturas	
Resistência à punção na ligação laje-pilar: análise numérico experimental e proposta de padronização do modelo de ensaio .....	38
Discente: Tamiris Luiza Soares Lanini, Engenheira Civil, Mestre em Estruturas e Construção Civil	

Análise teórica e numérica da influência do tamanho e posicionamento de furos adjacentes a pilares de seção retangular em sistemas estruturais de lajes sem vigas .....	39
Discente: Leandro Dias Küster, Engenheiro Civil, Mestre em Estruturas e Construção Civil	
Análise numérica e experimental da alvenaria estrutural com blocos de concreto em temperaturas elevadas .....	40
Discente: Wallison Angelim Medeiros, Engenheiro Civil, Mestre	
<b>CONSTRUÇÃO CIVIL.....</b>	<b>41</b>
Indicadores de Desempenho de Lean Six Sigma em Empresas Construtoras .....	41
Discente: Lucio Schiavon Yamamoto, Bacharel em Engenharia Civil	
Verificações experimentais não destrutivas de lajes alveolares protendidas na fábrica para conformidade de projeto .....	42
Discente: Luis Fernando Borzi Bazilio, Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil	
Método de avaliação das condições de adequabilidade das edificações para uso de energia fotovoltaica .....	43
Discente: Priscila Lima de Oliveira, Engenheira Civil, Gestão, tecnologia e sustentabilidade na construção civil	
Avaliação do desempenho empresarial de acordo com a mentalidade Lean em empreendimentos de Habitação de Interesse Social .....	44
Discente: Priscila Mirapalmete Rodegheri, Engenheira Civil	
Técnicas eletroquímicas de monitoramento de corrosão aplicadas em armaduras embutidas em corpos de prova de argamassa.....	45
Discente: Thiago Alex Hemkemeier, Engenheiro Civil	
Diagnóstico da disseminação da Primeira Etapa do BIM BR .....	46
Discente: Thiago Rodrigo de Oliveira Alves, bacharel em Engenharia Civil	
Diretrizes para o desenvolvimento de empreendimentos do tipo Student Housing.....	47
Discente: Hyago Maurício Bremm Muller, Engenheiro Civil	
Caracterização e aplicação de escória de aciaria estabilizada na fabricação de blocos de concreto.....	48
Discente: Leandro Henrique Benitz, Engenheiro Civil	
Propriedades residuais pós-altas temperaturas de compósitos cimentícios de alto desempenho com pó de vidro.....	49
Discente: Adalberto de Oliveira Júnior, Engenheiro Civil	
Alvenaria em Situação de Incêndio - Critério de Isolamento Térmico.....	50
Discente: Andre Kazunori Maebara, Engenheiro Civil, Mestre em Estruturas e Construção Civil	
Avaliação experimental de prismas da alvenaria estrutural em blocos cerâmicos e de concreto submetidos a altas temperaturas.....	51
Discente: Cleber Eduardo Fernandes Leal, Engenheiro Civil, Mestre em Estruturas e Construção Civil	
Captura de co2 em blocos de concreto através da cura por carbonatação acelerada e aplicabilidade industrial .....	52
Discente: Livia Regueira Fortunato Benitz, Engenheira civil, Doutoranda em engenharia civil	

Fenômenos de passivação e corrosão de armaduras de compósitos cimentícios.....	53
Discente: Mariana de Almeida Motta Rezende, Engenheira Civil, Mestra em Estruturas e Construção Civil	
Análise Ergonômica do Trabalho na execução de sistemas de alvenaria: comparação entre o sistema de alvenaria de vedação com o sistema de alvenaria estrutural .....	54
Discente: Andreia Sofia Moreira Martins, Engenheira Civil, Mestre em Arquitetura e Urbanismo	
BIM-4D Aplicado ao Projeto para Segurança na Construção.....	55
Discente: Carla Barroso O. Leão, Engenharia Civil, M.Sc. Construção Civil	
GEOTECNIA .....	56
Estudo da influência do subleito na retração de GCLs .....	57
Discente: José Wilson Batista da Silva, Engenheiro Civil	
Avaliação estatística dos parâmetros de resistência ao cisalhamento de RSU brasileiros.....	58
Discente: Leonardo Vinícius Paixão Daciolo, Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Civil	

## INTRODUÇÃO

Há muita coisa sendo desenvolvida no âmbito das Universidades pelo Programas de Pós-graduação, segundo o INEP<sup>1</sup>, em 2017, existiam no Brasil 199 Universidades, sendo que 106 públicas e 93 privadas, sendo que nestas Universidades concentram vários Programas de pós-graduação.

Os Programas de Pós-Graduação oferecem cursos de Mestrado, acadêmico e profissional; e Doutorado, sendo que são recomendados pela CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior<sup>2</sup> aqueles que são avaliados e tenham nota igual ou superior a “3”, e somente os cursos reconhecidos pelo CNE – Conselho Nacional de Educação do Ministério da Educação e Cultura estão autorizados a expedir diplomas de mestrado e/ou doutorado com validade nacional.

Segundo a CAPES, na Plataforma Sucupira<sup>3</sup>, existem 128 Programas de pós-graduação, na área de Engenharias I, que abrange as Engenharias Civil, de Transportes e Sanitária. Área de Engenharia Civil são 76, Programas, sendo que a UFSCar tem dois programas, um de Engenharia Civil e outro de Engenharia Urbana, ambos pertencentes ao Departamento de Engenharia Civil - DECIV.

Conforme consta no site do PPGECiv<sup>4</sup>: *“O Programa de Pós-Graduação em Estruturas Construção Civil iniciou suas atividades de pesquisa em 2002 com o curso de Mestrado e sob a denominação de Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Naquele momento, o objetivo principal do curso era atuar como agente transformador/gerador de conhecimento, desenvolvendo pesquisas, formando profissionais de alto nível em áreas estratégicas e contribuindo de forma efetiva para o desenvolvimento tecnológico, científico e social de todo o setor da construção civil no Brasil. Em 2012, o Programa foi reformulado, passando a se denominar Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PPGECiv), motivado pela integração diferenciada já existente entre as áreas de construção civil e estruturas. Concomitantemente, foi aprovado o curso de Doutorado, em sintonia com a proposta inicial do Programa, dando continuidade e ampliação dos objetivos propostos no curso de Mestrado, agregando a consolidação de um pólo para formação de recursos humanos de alto nível, para atuarem como pesquisadores e docentes nas áreas de estruturas e construção civil. Em 2018, passou a Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, com duas áreas de concentração: Construção Civil, e, Estruturas e Geotecnia.”*

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira -(Inep). Disponível em <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_superior/censo\\_superior/documentos/2018/censo\\_da\\_educacao\\_superior\\_2017-notas\\_estatisticas2.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2018/censo_da_educacao_superior_2017-notas_estatisticas2.pdf)>. Acesso em dezembro 2019

<sup>2</sup> Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Disponível em < <https://www.capes.gov.br/avaliacao/dados-do-snpq/cursos-recomendados-reconhecidos>> Acesso em dezembro de 2019

<sup>3</sup> Plataforma SUCUPIRA – CAPES. Disponível em < <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/quantitativos/quantitativoAreaConhecimento.jsf?areaAvaliacao=10>>. Acesso em dezembro de 2019

<sup>4</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGECiv. Disponível em <<http://www.ppgeciv.ufscar.br/index.php/apresentacao>>. Acesso em novembro de 2019.

O foco deste Caderno Técnico é apresentar um panorama das pesquisas que vem sendo realizadas no momento, e que foram objeto do IV – Workshop em Estruturas, Geotecnia e Construção Civil – novembro de 2019, realizado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSCar.

Os resumos das pesquisas aqui descritas foram organizados nas áreas de concentração do Programa, que são: Estruturas, Geotecnia e Construção Civil, conforme o quadro a seguir.

Área	Quantidade de resumos
Estruturas	28
Construção Civil	15
Geotecnia	02
Total	45

Para efeito de organização as pesquisas foram agrupadas conforme apresentado no quadro a seguir.

Área	Nível	Estruturas		Construção Civil		Geotecnia		Total
		M	D	M	D	M	D	
	Início	12	9	6	3	1	0	31
Estágio	Qualificada	4	2	2	3	1	0	12
	Final	1		1			0	2
<b>Total</b>		<b>17</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>45</b>

A seguir estão apresentados os resumos dos 45 trabalhos de pesquisa organizados por área de concentração (Estruturas, Construção Civil e Geotecnia), por nível (mestrado ou doutorado) e por estágio (início, qualificada e final).

O conteúdo completo dos trabalhos, como já comentado, está contido num arquivo digital de livre acesso, e espera-se que os mesmos venham a contribuir para o aprimoramento dos profissionais e que sejam utilizados no cotidiano das atividades técnicas desenvolvidas no processo da construção das edificações e cidades no estado de São Paulo e Brasil.

## ESTRUTURAS

### Durabilidade e comportamento de vigas de concreto armado reforçadas com mantas de CFRP expostas ao intemperismo

*Durability and behavior of reinforced Concrete beams with CFRP sheets exposed to Weathering*

**Discente:** Camila Pessoa Pinto, Engenheira Civil, Mestranda em engenharia civil.

**Orientador:** Profa. Dra. Gláucia Maria Dalfré; Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

#### RESUMO

A durabilidade e, conseqüentemente, a vida útil das estruturas tem sido tema de discussão nos dias atuais. Com isso, novas pesquisas sobre reforço estrutural com novos materiais e métodos tem sido desenvolvidas. Um desses materiais é o CFRP que, devido ao seu baixo peso próprio e boas propriedades mecânicas, tem sido cada vez mais utilizado. Neste contexto, um estudo da durabilidade desse material frente ao intemperismo se torna necessário. Diante do exposto, este trabalho visa a análise experimental de vigas de concreto armado, reforçadas com mantas de CFRP, e exposto a dois ambientes distintos: laboratorial (interno, protegido) e externo (intemperismo). O programa experimental é composto por doze vigas, das quais duas não possuem qualquer tipo de reforço (referencia) e as demais foram reforçadas com uma camada de manta de CFRP. As vigas serão submetidas ao ensaio de flexão de três pontos tornando-se possível analisar a diferença da capacidade portante em ambientes e idades distintas. Espera-se que as vigas localizadas no ambiente externo sofram maior degradação, atingindo uma menor capacidade portante.

**Palavras-Chave:** CFRP; Reforço; Vigas; Flexão; Degradação.

#### ABSTRACT

The durability and, consequently, the service life of the structures has been the mainly topic of discussion nowadays. Thus, new researches on structural strengthening techniques with new materials and methods has been developed. In this context, one of these materials is the CFRP, which, due to its low self-weight and good mechanical properties, has been increasingly used. In this context, a study of the durability of this material against weathering becomes necessary. Thus, an ongoing experimental analysis of reinforced concrete beams strengthened with CFRP sheets is being carried out. The beams were exposed to two different environments: laboratory (internal, protected) and external (weathering). The experimental program is composed of twelve beams, two of them are unstrengthened (reference) and the others were strengthened with one layer of CFRP sheet. The beams will be subject to a three-point bending test in order to evaluate its load carrying capacity after the exposure. The beams located in the external environment are expected to suffer more degradation, presenting a lower load carrying capacity.

**Keywords:** CFRP; Strengthening; Beams; Flexure; Degradation.

## Comportamento estrutural de pilares de concreto armado reforçados com mantas de GFRP expostos a mecanismos de degradação

*Structural behavior of reinforced concrete columns strengthened with GFRP sheets exposed to degradation mechanisms*

**Discente:** Fabrício Antônio Goulart Pereira, Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Civil.

**Orientadora:** Profa. Dra. Glauca Maria Dalfré

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

Dentre as diferentes técnicas de reforço de estruturas de concreto, destaca-se a baseada no uso de Polímeros Reforçados com Fibras (FRPs - Fiber Reinforced Polymers, em língua inglesa), os quais tem se difundido na construção civil principalmente por suas características de baixo peso próprio e sua aplicabilidade. Estudar e contribuir para o banco de dados desta técnica de reforço estrutural torna-se interessante para o conhecimento de todas suas benfeitorias na construção civil. Além disso, as estruturas de concreto armado e conseqüentemente os reforços estruturais estão sujeitos a diferentes tipos de degradação causada pelos ambientes em que estão inseridos. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo estudar a degradação e o comportamento estrutural de pilares de concreto armado encamisados com mantas de polímeros reforçados com fibras de vidros (GFRP - Glass Fiber Reinforced Polymers, em língua inglesa) aplicadas segundo a técnica EBR quando exposto ao intemperismo e a umidade constante. **Palavras-Chave:** FRP, Reforço, GFRP, Pilares, Degradação.

### ABSTRACT

Among the different strengthening techniques of concrete structures, a highlight is given to the one based on the use of Fiber Reinforced Polymers (FRPs), which has been spreading in civil construction mainly due to its low own weight and its applicability. Studying and contributing to the database of this structural strengthening technique becomes interesting for the knowledge of all its improvements in civil construction. In addition, reinforced concrete structures and consequently structural strengthening techniques are subject to different types of degradation caused by the environments in which they are inserted. In this sense, the objective of this work is to study the degradation and structural behavior of strengthened concrete columns with Glass Fiber Reinforced Polymers (GFRP) sheets applied by the EBR technique when exposed to weathering and constant humidity.

**Keywords:** FRP, Strengthening, GFRP, Columns, Degradation.

## Avaliação ao longo do tempo da aderência de barras de GFRP e barras de aço em ambiente marinho

*Assessment over time of adherence of GFRP bars and steel bars in the marine environment.*

**Discente:** Gabriel Henrique Morgan, Engenheiro Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian / Profa. Dra. Gláucia Maria Dalfré

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

O emprego de barras de fibra de vidro (GFRP, do inglês Glass Fiber Reinforced Polymer) tem se tornado cada vez mais presente na área da construção civil, devido a vantagens como: alta resistência a tração, origem não magnética e baixa susceptibilidade a corrosão. Tendo em vista essa possibilidade existe a necessidade de ampliar o estudo, principalmente porque no Brasil não possui uma norma regulamentadora nacional. Nesse sentido, a pesquisa aborda a análise experimental do comportamento da aderência de barras de GFRP e concreto quando expostos a um ambiente com alta concentração de cloretos e umidade. Serão avaliadas tanto barras de GFRP quanto barras de aço, para modelos de referência sem a exposição a este ambiente e modelos que em um determinado prazo ficarão expostos, posteriormente por meio de ensaios de arrancamentos serão obtidos os valores de resistência da ligação das barras com o concreto e verificado se o ambiente ocasiona algum dano para aderência em ambas as barras.

**Palavras-Chave:** GFRP, cloretos, umidade, aderência

### ABSTRACT

The use of Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) has become increasingly present in the building construction due to advantages, such as high tensile strength, non-magnetic origin and low susceptibility to corrosion. Facing this possibility, it is necessary to expand the study, mainly because there is not a national regulatory standard in Brazil. In this sense, the research addresses the experimental analysis of the adherence behavior of GFRP and concrete bars when exposed to an environment with high chloride and moisture concentration. Both GFRP and steel bars will be assessed, for reference models without exposure to this environment and models that will be exposed in a certain period of time later, through pullout tests, resistance values will be obtained from the bonding of the bars to the concrete and checked if the environment causes any damage on both bars adhesion.

**Keywords:** GFRP, chlorides, moisture, adhesion

## Análise numérica da influência de aberturas em lajes alveolares protendidas submetidas ao esforço cortante

*Numerical study about the openings influence on hollow core slabs submitted shear strain*

**Discente:** Igor Pacchioni Cândido da Silva, Bacharel em Engenharia Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Fernando Menezes de Almeida Filho

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

As vantagens do uso das lajes alveolares pré-fabricadas protendidas, fez com que elas se tornassem um sistema competitivo no mercado da construção civil. Entretanto, por se tratar de uma peça fabricada em indústria, é necessário realizar adaptações, aberturas e cortes nos painéis, a fim de compatibilizar a estrutura com as demais disciplinas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é analisar o comportamento estrutural dos painéis alveolares com aberturas quando submetidos ao esforço cortante. Para isso, será realizada uma análise numérica não-linear por meio do software ABAQUS® e uma análise paramétrica em cima das variáveis de maior interferência nos modelos constitutivos. Por fim, espera-se que os resultados possam convergir com o comportamento esperado, sendo as aberturas responsáveis pela perda da capacidade portante dos painéis.

**Palavras-Chave:** lajes alveolares, pré-fabricadas, protendidas, elementos finitos.

### ABSTRACT

The advantages of using precast and prestressed hollow core slabs, made it a competitive system in the construction. Meanwhile, as part manufactured in industry, adjustments, openings and skew cuts in the panels are necessary, to make the structure and the other disciplines compatible. Therefore, the presente study aim is to analyze the structural behavior of hollow core slabs with openings when submitted to shear strain. To reach this objective, a nonlinear numerical analysis using the software ABAQUS® and a parametric analysis with the high interference variables in the constitutive model will be made. Finally, the expectative is that the results may converge with predicted behavior, that the openings are the reason for the loss of carrying capacity of the panels.

**Keywords:** hollow core slabs, precast, prestressed, finite elements.

# Ferramenta Computacional para Análise e Projeto de Estruturas de Cobertura com Treliças Planas de Madeira

*Computational Tool for Analysis and Design of Roof Structures with Flat Timber Trusses*

**Discente:** Iuri Fazolin Fraga, Bacharel em Engenharia Civil, Especialista em Estruturas de Concreto

**Orientador:** Prof. Dr. André Luis Christoforo

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

## RESUMO

Por conta de suas vantagens, a madeira tem sido utilizada em estruturas de muitas edificações, principalmente nos países desenvolvidos. Entretanto, no Brasil seu consumo é baixo devido aos preconceitos resultantes da má utilização e falta de conhecimento de suas propriedades. Sua principal aplicação na construção civil brasileira é observada em telhados de edificações residenciais. No entanto, na maioria dos casos é dimensionada de forma empírica e por pessoal não especializado. Sendo assim, o presente trabalho objetiva desenvolver um software para análise e projeto de estruturas de madeira para telhados com treliças planas, considerando o novo projeto de norma da NBR 7190. Pretende-se avaliar a influência de uma simulação mais refinada do carregamento devido ao peso-próprio, considerando a densidade das barras por nó e não por unidade de área. Além disso serão simulados vários modelos para avaliar o consumo de madeira com ligações de Chapas C.D.E em relação a ligações com pinos.

**Palavras-Chave:** software; estruturas de madeira; treliças; ligações.

## ABSTRACT

Due to its advantages, wood has been used in structures of many buildings, mainly in developed countries. However, in Brazil its consumption is low due to the prejudices resulting from misuse and lack of knowledge of its properties. Its main application in Brazilian construction is observed on roofs of residential buildings. However, in most cases it is empirically sized and by non-specialized personnel. Thus, the present work aims to develop a software for analysis and design of wooden structures for roofs with flat trusses, considering the new standard project of NBR 7190. It is intended to evaluate the influence of a more refined simulation of the loading due to its own weight, considering the density of the bars per node and not per unit of area. In addition, several models will be simulated to evaluate wood consumption with Connections of C.D.E in relation to connections with pins.

**Keywords:** software; wooden structures; trusses; connections.

## Relações entre propriedades de rigidez de madeiras do grupo das folhosas

*Relations among stiffness properties of hardwoods group*

**Discente:** João Paulo Boff Almeida, Engenheiro Civil

**Orientador:** Prof. Dr. André Luis Christoforo

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Qualificação (11/10/2019, Banca: Prof<sup>a</sup>. Dr. Cristiane Inácio de Campos - UNESP e Prof. Dr. Julio Cesar Molina - UNESP)

### RESUMO

No Brasil, apesar do notório potencial florestal, o uso da madeira para construção sofre preconceitos sobre sua qualidade e desempenho, devido principalmente ao desconhecimento das espécies e de suas propriedades mecânicas. Visando facilitar a caracterização do material, a norma brasileira ABNT NBR 7190 (1997), estabelece relações simplificadas entre propriedades mecânicas. Dentre tais relações, a norma permite, na impossibilidade da realização de ensaios experimentais, a determinação do módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras ( $E_{c0}$ ), por meio do módulo de elasticidade na tração paralela às fibras ( $E_{t0}$ ) e do módulo de elasticidade convencional na flexão ( $E_M$ ). Neste contexto, em alternativa as relações simplificadas da norma brasileira, este trabalho busca determinar, por meio de modelos de regressão, estimativas precisas do  $E_{c0}$  em função da densidade aparente, visto que essa propriedade física é de fácil determinação. E por fim, comparar as estimativas obtidas com as oriundas das relações prescritas pela norma brasileira.

**Palavras-Chave:** Relações entre propriedades; Madeiras tropicais; Rigidez; Análise de variância (ANOVA).

### ABSTRACT

In Brazil, despite the evident forest potential, the use of wood for constructions is subject to prejudiced by its quality and performance, mainly due to lack of knowledge of species and their mechanical properties. In order to facilitate the characterization of the material, the Brazilian standard ABNT NBR 7190 (1997) establishes simplified relations among mechanical properties. Among such relations, the Brazilian standard allows, in the impossibility of conducting experimental tests, the determination of the modulus of elasticity in parallel compression to the grain ( $E_{c0}$ ), through the modulus of elasticity in the parallel tension to the grain ( $E_{t0}$ ) and of the conventional modulus of elasticity on static bending ( $E_M$ ). In this context, alternatively the simplified relations of the Brazilian standard, this paper seeks to determine, through regression models, accurate estimates of  $E_{c0}$  as a function of density at 12% moisture content, since this physical property is easily determined. Finally, compare the estimates obtained with those derived from the relations prescribed by the Brazilian standard.

**Keywords:** Relations among properties; Hardwood; Stiffness, Analysis of variance (ANOVA).

## Comportamento e durabilidade de vigas de concreto armado reforçadas com mantas de CFRP submetidas a umidade constante

*Behavior and durability of reinforced concrete beams strengthened with EBR-CFRP sheets subjected to constant humidity*

**Discente:** Luiz Antonio Sarti Junior, Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientador:** Profa. Dra. Gláucia Maria Dalfré, Prof. Me. Ciro José Ribeiro Villela Araújo

**Nível:** Mestrado.

**Estágio da pesquisa:** Qualificada

### RESUMO

Esta pesquisa baseia-se na análise experimental de vigas de concreto armado reforçadas com mantas de CFRP (Carbon Fiber Reinforcement Polymer, na língua inglesa), aplicadas segundo a técnica EBR (Externally Bonded Reinforcement, na língua inglesa), objetivando um melhor entendimento sobre o comportamento dos elementos reforçados a longo prazo frente a umidade constante. Para isso, um programa experimental composto por 16 vigas será realizado, onde 8 vigas não possuirão nenhum tipo de reforço (referência) e 8 vigas serão reforçadas com uma camada de manta de CFRP aplicada segundo a técnica EBR. As vigas serão submetidas a ensaios de degradação acelerados e, posteriormente, ensaios de flexão de 3 pontos serão realizados para verificação de capacidade portante e da possível degradação do sistema de reforço.

**Palavras-Chave:** Sistema de reforço EBR, concreto, CFRP, durabilidade, umidade constante.

### ABSTRACT

This research is based on the experimental analysis of reinforced concrete beams strengthened with CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) sheets, applied according the Externally Bonded Reinforcement technique (EBR), aiming at a better understanding on the long-term behavior of strengthened elements under constant humidity. Thus, an ongoing experimental program composed of 16 beams, in which 8 unstrengthened reinforced concrete beams form the reference set and 8 beams strengthened with one layer of CFRP sheets applied according to the EBR technique, is being carried out. The beams will be subjected to an accelerated degradation protocol and, subsequently, a 3-point bending test will be performed to verify the load carrying capacity and the possible degradation of the strengthening system.

**Keywords:** EBR strengthening system, concrete, CFRP, durability, constant humidity.

## Viga delgada protendida: verificação da influência da armadura transversal em terças pré-fabricadas, ensaio da resistência a força cortante

*Slender beams prestressed: verification of the influence of transverse reinforcement in prefabricated purlin, shear strength test*

**Discente:** Luiz Carlos de Alvarenga Junior, Engenharia civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Marcelo de Araújo Ferreira

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

Terças correspondem a vigas delgadas executadas sem armaduras transversais e são utilizadas nas coberturas de galpões pré-fabricados. As normas brasileiras não fazem prescrições quanto ao cálculo da força cortante de terças protendidas, entretanto, a NBR 9062:2017 permite que partes do projeto sejam executados com base em ensaios. O objetivo deste trabalho é avaliar a resistência à força cortante de terças protendidas e analisar os mecanismos resistentes próximo à ruína. Os ensaios serão realizados pelo método padronizado para lajes alveolares segundo o manual FIP (1992). Serão analisadas experimentalmente terças protendidas com e sem a presença de estribos. Além disso, para a análise teórica serão considerados equacionamentos para a determinação da força cortante de lajes alveolares (seção nervurada protendida) recomendados pelo manual FIB (2000). Assim, pretende-se analisar o comportamento estrutural das terças identificando os mecanismos resistentes próximo à ruína e verificar qual equacionamento é válido para representar o comportamento destes elementos. **Palavras-Chave:** Terça Protendida, Cisalhamento, Desempenho estrutural, Prova de Carga, Armadura Transversal.

### ABSTRACT

Purlin correspond to slender beams made without transverse reinforcement and are used in prefabricated sheds roofs. Brazilian technical standards do not prescribe the calculation of the shear force of prestressed purlin, however, NBR 9062: 2017 allows parts of the project to be performed based on experimental testing. The objective of this work is to evaluate the shear strength of prestressed purlin and to analyze the resistance mechanisms near the ruin. The tests will be performed by the standardized method for hollow core slabs according to the FIP manual (1992). Will be analyzed experimentally prestressed purlin with and without the presence of transverse reinforcement. For the theoretical analysis will be considered equations for determining the shear force of hollow core slabs (prestressed ribbed section) recommended by the FIB manual (2000). It is intended to analyze the structural behavior of purlin by identifying the resistant mechanisms near the ruin and to verify which equation is valid to represent the behavior of these elements.

**Keywords:** Prestressed Purlin; Shear; Structural Performance; Load Test; Transverse Reinforcement.

## Diagramas de interação m-n para a verificação de pilares mistos de aço e concreto submetidos a flexo-compressão normal

*M-n interaction diagrams for verification of steel- concrete composite columns submitted to normal flexo-compression*

**Discente:** Matheus Oliveira Fernandes, Bacharel em Engenharia Civil

**Orientador:** Profa. Dra. Silvana De Nardin

**Coorientador:** Prof. Dr. Fernando Menezes de Almeida Filho

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

O dimensionamento de pilares mistos em aço e concreto pode ser trabalhoso. Pilares de concreto armado apresentam ábacos que possibilitam um dimensionamento rápido; o que infelizmente ainda não foi aplicado de forma ampla a pilares mistos de aço e concreto. A pesquisa objetiva a produção de diagramas de interação que permitam a verificação de pilares mistos de aço e concreto frente a flexo-compressão. Através de uma boa revisão bibliográfica será possível a elaboração de tais ferramentas e posteriormente executado um processo rigoroso de validação dos resultados obtidos, a luz da norma vigente.

**Palavras-Chave:** flexo-compressão, ábacos, pilares mistos.

### ABSTRACT

The design of steel-concrete composite columns can be labor intensive. Reinforced concrete pillars feature abacus that enables quick design; which unfortunately has not yet been widely applied to mixed steel and concrete columns. The research aims the production of interaction diagrams that allow the verification of mixed steel and concrete pillars against flexural compression. Through a good literature review it will be possible the elaboration of such tools and afterwards executed a rigorous process of validation of the obtained results, in the light of the current norm.

**Keywords:** flexo-compression, abacus, composite columns.

## Ligação adesivada em vigas mistas de aço e concreto

*Adhesive connection in steel-concrete composite beams*

**Discente:** Paulo Eduardo Soares Andrade Filho, Bacharel em Engenharia Civil

**Orientador:** Profa.Dra. Silvana De Nardin

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

Desde a década de 1960, são realizados estudos para avaliar o comportamento de vigas mistas, tendo em conta o mecanismo usado para promover o comportamento conjunto entre os materiais. Mais precisamente, em vigas de aço e concreto é avaliado o uso de adesivos como possíveis substitutos a dispositivos mecânicos, como os conectores tipo pino com cabeça. Esse projeto busca investigar o uso de um adesivo à base de epóxi para promover a ligação aço-concreto de vigas mistas. A investigação será feita por meio de um estudo experimental e por simulação numérica; em ambos será avaliada a transferência de esforços de cisalhamento entre os componentes da viga mista. O uso de adesivos em vigas mistas de aço e concreto ainda é inexplorado no Brasil, porém a potencial utilização dessa técnica em pontes e edifícios de grandes solicitações, é crescente.

**Palavras-Chave:** Viga mista de aço e concreto, comportamento conjunto, ligação adesivada, adesivo à base de epóxi.

### ABSTRACT

Since the 1960s, studies have been conducted to evaluate the behavior of composite beams, taking into account the mechanism used to promote conjoint behavior between materials. More specifically, in steel and concrete beams, the use of adhesives as possible substitutes for mechanical devices, like Stud-bolt connectors, is evaluated. This project investigates the use of an epoxy adhesive to promote steel-concrete bonding of composite beams. The investigation will be done through an experimental study and by numerical simulation; in both the shear stress transfer between the composite beam components will be evaluated. The use of adhesives on steel and concrete composite beams is still untapped in Brazil, however, the potential use of this technique in bridges and high-demand buildings is increasing.

**Keywords:** Steel and concrete composite beam, conjoint behavior, adhesive bond, epoxy adhesive.

## **Análise de Sistemas de Reforço para Alvenaria Estrutural**

### *Analysis of Structural Masonry Restrengthening Systems*

**Discente:** Renato Baiocchi Alves Veronese, Engenheiro Civil, Especialista em Construção Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

**Co-orientadora:** Profa. Dra. Gláucia Maria Dalfré

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

#### **RESUMO**

A proposta do presente trabalho é avaliar a utilização de sistemas de reforço aplicados em painéis de Alvenaria Estrutural sob ações laterais. Para a pesquisa, foram escolhidos sistemas de reforço com polímero reforçado com fibra vidro e com revestimento argamassado, aproveitando experiências anteriores do grupo de pesquisa, os quais foram aplicados em paredes de alvenaria estrutural feitas com blocos de concreto. A primeira parte da metodologia consiste na revisão bibliográfica, com o intuito de analisar técnicas de dimensionamento e modelos para alvenaria estrutural sob cargas laterais, e ainda reunir informações referentes à utilização dos reforços de alvenaria. A segunda parte do trabalho consiste na modelagem numérica de ensaios já realizados pelo grupo de pesquisa, a fim de comparar-se os resultados obtidos. Por fim, pretende-se verificar a viabilidade técnica da utilização dos métodos de reparo estudados.

**Palavras-Chave:** Modelagem numérica; Alvenaria Estrutural; Reforço.

#### **ABSTRACT**

The purpose of this work is to evaluate the use of restrengthening systems applied to Structural Masonry panels under lateral actions. For the research, have been chosen restrengthening systems with reinforced polymeric fibers and coating reinforcements, taking advantage of previous experiences of the research group, which had applied in walls of structural masonry made with concrete blocks. The first part of the methodology consists in a bibliographical review, with the purpose of analyzing structural design techniques and models for structural masonry under lateral loads, as well as gathering information regarding the use of masonry reinforcements. The second part of the work consists in the numerical modeling of tests carried out by the research group, besides the execution of laboratory tests on a masonry panel restrengthened with composite grids, in order to compare the results obtained. Finally, the technical feasibility on the use of the studied methods will be verified.

**Keywords:** Numerical modelling; Structural masonry; Restrengthening.

## **Avaliação da largura efetiva de pontes e viadutos em seção caixão mista de aço e concreto para o grau de interação total e parcial**

*Evaluation of the effective width of bridges and viaducts in composite box section of steel and concrete for the degree of total and partial interaction*

**Discente:** Renato Silva Nicoletti, Engenheiro Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Alex Sander Clemente de Souza

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

### **RESUMO**

As pontes e viadutos são construções de vital importância para a infraestrutura viária de um país e, em consequência, para o desenvolvimento econômico do mesmo. Na busca de sistemas construtivos eficientes, despontam as estruturas mistas de aço e concreto, em especial, as pontes em seção caixão. Entretanto, para a construção de pontes, o potencial das estruturas mistas ainda é pouco explorado por diversos fatores, como, por exemplo, a inexistência de normas técnicas específicas, ferramentas de projeto e conhecimento técnico limitado. O presente trabalho busca analisar, via simulação numérica, a largura efetiva da laje e verificar se as expressões para seu cálculo em vigas mistas com perfis tipo "I" são válidas para seção caixão mista. Ademais, visa-se ainda estudar o comportamento da seção caixão, com ênfase no estudo da interface aço-concreto na situação de interação total e parcial entre a viga e o tabuleiro, visando analisar a viabilidade técnica desta última.

**Palavras-Chave:** Pontes mistas de aço e concreto; Seção caixão; Largura efetiva; Interação total e parcial.

### **ABSTRACT**

Bridges and viaducts are very important constructions for a country's road infrastructure and, consequently, for its economic development. Searching for efficient building systems, the composite structures of steel and concrete, especially the bridges in box section, are emerging. However, for the construction of bridges, the potential of composite structures is still underexplored due to several factors, such as the lack of specific technical standards, design tools and limited technical knowledge. The present work intends to analyze, by numerical simulation, the effective width of the slab and to verify if the expressions for its calculation in composite beams with type "I" profiles are valid for composite box section. In addition, the objective is to study the behavior of the box section, focusing on the study of the steel-concrete interface in the situation of total and partial interaction between the beam and the board, analyzing the technical feasibility of the latter.

**Keywords:** Composite steel-concrete bridges; Box section; Effective width; Total and partial interaction.

## **Análise numérica de pilares treçados de aço formados a frio submetidos à compressão centrada e excêntrica**

*Numerical analysis of laced columns in cold formed steel submitted to centered and eccentric compression*

**Discente:** Riterson Jacques Nunes, Engenheiro Civil, Especialista em Docência no Ensino Superior

**Orientador:** Prof. Dr. Wanderson Fernando Maia

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

### **RESUMO**

Este trabalho analisará o comportamento estrutural de pilares treçados, de perfis formados a frio, submetidos à compressão centrada e excêntrica. Devido aos poucos procedimentos normativos relativos ao seu dimensionamento, será realizada uma análise numérica, com o software ANSYS, a fim de simular resultados experimentais já publicados, mensurar a influência dos parâmetros estudados e extrapolar resultados para novas configurações geométricas, diferentes tipos de perfil, variando valores de esbeltez.

**Palavras-Chave:** Pilares treçados de aço; perfis formados a frio; compressão centrada; compressão excêntrica.

### **ABSTRACT**

This paper will analyze the structural behavior of laced columns, of cold formed steel, submitted to centered and eccentric compression. Due to the few normative procedures related to the sizing, a numerical analysis will be performed with the ANSYS software, in order to simulate experimental results already published, to measure the influence of the studied parameters and to extrapolate results to new geometric configurations, different profile types, varying slenderness values.

**Keywords:** Laced columns; cold formed steel; centered compression; eccentric compression.

# Estudo dos mecanismos resistentes de junta com chaves de cisalhamento em viga-pilar em consolos pré-fabricados com a utilização de chapa metálica no apoio da viga

*Study of the strength of joining mechanisms with beam-pillar shear switches in prefabricated brackets using sheet metal to support the beam*

**Discente:** Rogério José Solidario Chaves, Bacharel em Engenharia Civil

**Orientador:** Dr. Marcelo de Araújo Ferreira

**Co-Orientador:** Dr. Roberto Chust de Carvalho

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

## RESUMO

Este trabalho consiste em um estudo teórico-experimental do mecanismo resistente de junta com chave de cisalhamento em ligações de pilar-viga, em consolos pré-fabricados com a utilização de chapa metálica no apoio da viga. Para este estudo serão realizados ensaios experimentais de um modelo de cisalhamento direto, afim de validar o ensaio experimental do modelo completo da ligação pilar-viga com o mecanismo de chave cisalhamento na viga e no pilar e preenchido posteriormente com graute. O principal objetivo será avaliar o comportamento da ligação pilar-viga e quantificar a parcela do esforço que o sistema com chave de cisalhamento absorve e alivia do consolo, afim de implementar os parâmetros definidos neste estudo à NBR9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Os resultados serão comparados aos resultados obtidos por Faleiros (2018) que ensaiou o mesmo modelo, porém com a utilização de almofada elastomérica, ao invés de chapa metálica conforme será exposto neste trabalho. E por fim será realizada uma análise numérica utilizando o método dos elementos finitos para parametrizar os resultados de forma que possam ser extrapolados com variação das dimensões do modelo.

**Palavras-Chave:** Chave Cisalhamento; Consolos; Pré-Moldado; Ligação

## ABSTRACT

This work consists of a theoretical and experimental study of the shear-resistant joint mechanism in shear-beam connections, in prefabricated consoles using a sheet metal to support the beam. For this study will be performed experimental tests of a direct shear model in order to validate the experimental test of the complete model of the column-beam connection with the beam and column shear switch mechanism and later filled with grout. The main objective will be to evaluate the behavior of the pillar-beam connection and to quantify the portion of the effort that the shear key system absorbs and relieves from the console, in order to implement the parameters defined in this study to NBR9062: Design and execution of precast concrete structures. -molded. The results will be compared to the results obtained by Faleiros (2018) who tested the same model, but with the use of elastomeric pad, instead of sheet metal as will be exposed in this work. Finally, a numerical analysis will be performed using the finite element method to parameterize the results so that they can be extrapolated with varying model dimensions.

**Keywords:** Shear Wrench; Consolations; Precast; Joint

## Estudo sobre a substituição de armadura metálica por barras de GFRP em vigas de concreto armadas à flexão

*Study on the replacement of steel reinforcement by GFRP bars in reinforced concrete beams subjected to bending*

**Discente:** Amanda Duarte Escobal Mazzú, Engenheira Civil

**Orientadora / Co-orientadora:** Profa. Dra. Gláucia Maria Dalfré / Profa. Dra. Fernanda Giannotti da Silva Ferreira

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Qualificada (13/06/2019, Prof. Dr. Daniel Veras Ribeiro e Prof. Dr. José Manuel de Sena-Cruz)

### RESUMO

O sistema estrutural composto por elementos de concreto armado com barras de aço é usualmente aplicado na indústria da construção civil no Brasil. Contudo, devido à existência de problemas relacionados principalmente à corrosão das armaduras de aço, novos materiais, tais como os Polímeros Reforçados com Fibras (FRP - Fiber Reinforced Polymer), vem sendo estudados. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo analisar, comparativamente, o comportamento mecânico e a durabilidade de vigas de concreto, armadas com barras de aço e de GFRP, quanto ao ataque de íons cloreto. Para isso, 6 vigas foram armadas com aço convencional, enquanto as demais foram armadas com barras de GFRP. As vigas serão expostas a dois ambientes distintos: laboratorial (protegido, com temperatura monitorada) e as demais serão mantidas em um tanque, com solução de NaCl e temperatura de 50°C, exposto a um protocolo de degradação acelerada. Posteriormente, as vigas serão submetidas à ensaio de flexão em três pontos de modo a se obter sua capacidade resistente, deslocamento vertical e modo de ruptura frente a exposição aos ambientes apresentados desta pesquisa.

**Palavras-Chave:** Aço, GFRP, concreto, cloretos, ensaios acelerados.

### ABSTRACT

The structural system composed of reinforced concrete elements composed of steel bars is currently applied in the Brazilian construction industry. However, due to the presence of problems mainly related to corrosion of the steel reinforcement, new materials, such as the Fiber Reinforced Polymers (FRP), is being studied. Thus, this work aims to analyze, comparatively, the mechanical behavior and the durability of the concrete beams, reinforced with steel or GFRP bars, under chlorine attack. For this, 6 beams were reinforced with conventional steel, while the others were reinforced with GFRP bars. The beams will be exposed to two different scenarios: laboratory (protected, with monitored temperature) and the rest will be kept in a tank, in a NaCl solution with a temperature of 50°C, exposed to an accelerated degradation protocol. Subsequently, the beams will be subjected to a three-point bending test in order to evaluate their load carrying capacity, vertical displacement and rupture mode against exposure to the environments presented in this research.

**Keywords:** Steel, GFRP, concrete, chlorides, accelerated testing.

# **Análise do Comportamento de Sistemas Estruturais de Concreto Armado Moldado in loco Sob Efeito do Colapso Progressivo**

*Analysis of Cast-in-place Reinforced Concrete Structures  
Subject to Progressive Collapse*

**Discente:** Heloiza Candeia Ruthes, Engenheira Civil, Mestranda em Engenharia Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Fernando Menezes de Almeida Filho

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Qualificação (02/07/2019- Banca: Prof. Dra Ana Lúcia Homce El Debs e Prof. Dr. André Luis Christoforo)

## **RESUMO**

Este trabalho busca identificar e avaliar o comportamento de estruturas de concreto armado in loco sujeitas ao colapso progressivo proveniente da perda de elementos primários, com aplicação de métodos de verificação e prevenção ao colapso progressivo. Esta simulação será realizada através da retirada de pilares em diferentes posições de uma estrutura com cinco pavimentos. A análise linear-estática será feita em quatro diferentes modelos, sendo uma para cada método abordado na revisão bibliográfica. Em cada modelo serão verificados quatro cenários de perda de pilar. Por fim, os resultados de momentos fletores e deslocamentos nodais serão analisados e comparados, verificando-se o comportamento da estrutura e a redistribuição dos esforços.

**Palavras-Chave:** Colapso progressivo, Concreto armado, Análise linear-estática, Falha.

## **ABSTRACT**

This work aims to identify and evaluate the behavior of cast-in-place reinforced concrete structures subject to progressive collapse resulting from the loss of primary elements, through the application of verification and prevention methods for the progressive collapse of international standards and its response will be investigated. For this, a linear-static analysis is applied to a five-story reinforced concrete building under four different damage scenarios for each investigated method. The response of the structure for each initial damage scenario is investigated and load redistribution is characterized. As well as the results of bending moment and nodal displacements

**Keywords:** Progressive collapse, Reinforced concrete, Linear-static analysis, Damage.

## Uso de concreto com agregados de resíduos de concreto pilares mistos preenchidos

*The use of recycled aggregates concrete in concrete filled steel tubes*

**Discente:** Mayara Turi Gerin, Engenheira Civil, Mestranda em Engenharia Civil

**Orientador:** Profa. Dra. Silvana De Nardin

**Co-orientador:** Prof. Dr. Almir Sales

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Qualificada (22/03/2019, Banca: Prof. Dr. Armando Lopes Moreno Junior, Profa. Dra. Ana Elisabete Paganelli G De Avila Jacintho.)

### RESUMO

O pilar misto preenchido com concreto de agregados de resíduos de concreto (PPCARC) surge como uma alternativa para o emprego de agregados de resíduos de concreto (ARC). Sabe-se que, em geral, o concreto com ARC apresenta propriedades mecânicas inferiores ao concreto com agregados naturais, principalmente quanto a deformabilidade. No entanto, o efeito de confinamento proporcionado pelo tubo de aço ao núcleo de concreto pode melhorar ainda mais as características mecânicas do concreto quanto maior for a sua deformabilidade. Dessa forma, este trabalho tem o objetivo de analisar experimentalmente a utilização do concreto com ARC em pilares mistos preenchidos. Ensaios preliminares foram realizados para caracterização dos materiais e posteriormente serão ensaiados modelos de PPCARC sob compressão. De acordo com os ensaios de caracterização, os traços de concreto de ARC resultaram em resistências a compressão e tração próximas e módulos de elasticidade inferiores para maiores teores de substituição, demonstrando potencial para aplicação nos PPCARC. **Palavras-Chave:** concreto reciclado, agregados de resíduos de concreto, pilares preenchidos, efeito de confinamento.

### ABSTRACT

The recycled aggregates concrete filled steel tube (RACFST) appears as an alternative to the use of recycled concrete aggregates (RCA). It is known that, in general, recycled aggregates concrete (RAC) has lower mechanical properties than natural aggregates concrete, especially regarding deformability. However, the confinement effect provided by the steel tube to the concrete core can further improve the mechanical characteristics of the concrete the greater its deformability. Thus, this work aims to experimentally analyze the use of RAC in concrete filled steel tubes (CFST). Preliminary tests were performed to characterize the materials and then PPCARC models under compression will be tested. According to characterization tests, ARC concrete mixtures resulted in close compressive and tensile strengths and lower elastic modulus for higher substitution contents, demonstrating potential for application in PPCARC.

**Keywords:** recycled concrete, recycled concrete aggregates, concrete filled steel tube, confinement.

**Verificação à fadiga de vigas de pontes de concreto armado:  
estudo comparativo entre o uso do trem-tipo  
normativo e as cargas reais nas rodovias brasileiras**

*Fatigue Verification in Reinforced Concrete Bridge Beams: A Comparative Study  
between the Normative Load-Train and Real Loads on Brazilian Roads*

**Discente:** Fernando Júnior Resende Mascarenhas, Bacharel em Engenharia Civil,  
Mestrando em Engenharia Civil

**Orientador:** Prof. Dr. André Luis Christoforo

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Defesa

**RESUMO**

Este trabalho analisa a vida útil à fadiga da armadura longitudinal em vigas de pontes de concreto armado considerando-se o número real de veículos pesados de 2 a 6 eixos em um trecho rodoviário do estado de São Paulo, Brasil. Utilizou-se modelos teóricos com um sistema estrutural com pontes com duas vigas biapoiadas com vãos de 10, 15 e 20 metros. Para determinação dos esforços emprega-se o software Ftool e na estimativa da vida útil à fadiga o método do dano acumulado. Ao fim, verifica-se que o tempo de vida útil à fadiga da armadura longitudinal varia de acordo com o tamanho do vão e são tempos reduzidos.

**Palavras-Chave:** Pontes; Concreto Armado; Fadiga; Vida útil; Vigas.

**ABSTRACT**

This paper analyzes the fatigue service life of longitudinal reinforcement in reinforced concrete bridge beams by considering the actual number of heavy vehicles from 2 to 6 axes in a railway in the state of São Paulo, Brazil. Theoretical models with a structural system composed by bridges with two simply supported beams and spans of 10, 15 and 20 meters are used. Ftool is used to determine the internal stretches, and the cumulative damage method in the estimation of the fatigue life. At the end, it is verified that the fatigue service life of the longitudinal reinforcement varies according to the size of the span, and they are reduced.

**Keywords:** Bridges; Reinforced Concrete; Fatigue; Service Life; Beams.

## Estudo teórico e experimental da estabilidade distorcional em vigas mistas de aço e concreto em região de momento negativo

*Theoretical and experimental study of distortional stability in steel-concrete composite beams under negative moment*

**Discente:** Alexandre Rossi, Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil

**Orientador/Co-orientador:** Prof. Dr. Alex Sander Clemente de Souza/Prof.Dr. Carlos Humberto Martins

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

As pesquisas em vigas mistas de aço e concreto, na sua maioria, tem se dedicado a investigação desses elementos sob a ação de momento fletor positivo ou a ação de esforços cortantes. Entretanto, poucos estudos são realizados com o objetivo de explorar o comportamento das vigas mistas de aço e concreto sob a ação de momento fletor negativo. Esses elementos quando submetidos a esse tipo de ação estão sujeitos a um modo de falha caracterizado por uma instabilidade distorcional, chamada de Flambagem Lateral com Distorção (FLD). O presente estudo tem como objetivo a investigação da FLD em vigas mistas de aço e concreto. Será analisado a influência de diversos parâmetros geométricos, como por exemplo parâmetros de esbeltez do perfil de aço. Para isso, serão utilizados, modelos físicos e modelos numéricos. Espera-se fornecer subsídios para o melhor entendimento desse mecanismo de falha e contribuir para o desenvolvimento da construção civil brasileira.

**Palavras-Chave:** Vigas mistas de aço e concreto; Momento fletor negativo; Flambagem Lateral com Distorção.

### ABSTRACT

The researchs in steel and concrete composit beams, for the most part, has been dedicated to the investigation of these elements under the action of positive bending moment or the action of shear forces. However, few studies are conducted to explore the behavior of steel and concrete composite beams under negative bending moment action. These elements when subjected to this type of action are subject to a failure mode characterized by a distortion instability, called Lateral distortional Buckling (LDB). The present study has as objective the investigation of LDB in steel and concrete composit beams. The influence of several geometric parameters will be analyzed, such as the steel profile slenderness parameters. For this, physical models and numerical models will be used. It is expected to provide subsidies for a better understanding of this failure mechanism and contribute to the development of Brazilian civil construction.

**Keywords:** Steel and concrete composit beams; Negative bending moment; Lateral distortional buckling

## Caracterização Experimental e Numérica para Avaliação do Edifício Histórico do Museu Paulista utilizando Técnicas Não Destrutivas

*Experimental and Numerical Characterization for Evaluation of Museu Paulista Historical Building using Non-Destructive Techniques*

**Discente:** Daniele Melo Santos Paulino, Engenheira Civil, Mestre em Engenharia de Estruturas

**Orientador:** Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

**Co-orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fabiana Lopes de Oliveira

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

Os edifícios históricos são bens materiais que compõem o patrimônio urbano, sendo sua preservação e conservação de importância e interesse social pelo valor histórico e cultural atribuídos a estas construções. O desenvolvimento de técnicas de reabilitação e manutenção é de fundamental importância devido as ações de degradação às quais estão sujeitas ao longo dos anos. Um dos principais desafios no processo de preservação de estruturas históricas é a limitação de informação a respeito das características físicas e mecânicas dos materiais empregados. Em se tratando de construções históricas no Brasil, é evidente a necessidade de desenvolvimento de estudos visando preservação do patrimônio edificado. Desta maneira, este trabalho objetiva o desenvolvimento de uma metodologia de caracterização numérica e experimental de construções históricas em alvenaria, considerando o contexto de construções na região do Estado de São Paulo. Para tal, utilizará como objeto de estudo o Museu Paulista, cujo valor histórico refere-se ao período de independência do país.

**Palavras-Chave:** Construções Históricas; Museu Paulista; Caracterização Estrutural; Modelagem Numérica; Ensaios Não Destrutivos.

### ABSTRACT

Historical buildings are material assets that compose the urban heritage, which the process of preservation and conservation represents a social interest due to the historical and cultural value attributed to these buildings. The development of rehabilitation and maintenance techniques is of fundamental importance due to the degradation actions to which they are subjected over the years. One of the main challenges in the preservation process of historical structures is the limitation about the physical and mechanical properties of the materials employed. In the case of historical buildings in Brazil, it is evident the need to develop studies aiming to preserve the architectural heritage. Thus, this work aims to develop a methodology to characterization of historical buildings in masonry in the region of São Paulo, using both numerical and experimental approaches. Therefore, the object of study will be the Museu Paulista (or Museum of Ipiranga), whose historical value refers to the period of Brazil's independence.

**Keywords:** Historical Constructions; Museu Paulista; Structural Characterization; Numerical Modeling; Non Destructive Tests.

## Metodologia para otimização projeto de viadutos de múltiplas longarinas considerando critérios sociais-ambientais e econômicos

*Methodology for design optimization of multiple girders viaducts considering social-environmental and economic criteria*

**Discente:** Eduardo Vicente Wolf Trentini, Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Estruturas.

**Orientador:** Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

O projeto viadutos e pontes é realizado por um processo de tentativa e erro que praticamente não mais se justifica frente os recursos computacionais e metodologias de otimização disponíveis. Tradicionalmente, o objetivo principal do projeto de estruturas tem sido minimizar os custos de construção, garantindo a eficiência estrutural. No entanto, as preocupações com a construção de um futuro sustentável mudaram as prioridades da sociedade. Estruturas ecológicas e duráveis são cada vez mais exigidas. Sob esta perspectiva, os métodos de otimização heurística fornecem uma alternativa aos pré-dimensionamentos com base na experiência. O desenvolvimento de novos materiais de construção, técnicas de projeto e critérios sustentáveis motivam a necessidade de criação de uma metodologia para projeto automático e preciso que considere todos estes aspectos. Esta pesquisa propõe a elaboração de uma metodologia para projeto eficiente de viadutos rodoviários de múltiplas longarinas pré-moldadas e pós-tensionadas como um todo (supra, meso e infraestrutura) considerando critérios de eficiência estrutural e sustentabilidade.

**Palavras-Chave:** CAD, CUAD, otimização multiobjetivo, Pontes e viadutos.

### ABSTRACT

The design of bridges is performed by a trial and error process that is practically no longer justified due to the available computational resources and optimization methodologies. Traditionally, the main goal of structural design has been to minimize construction costs while ensuring structural efficiency. However, concerns about building a more sustainable future have changed society's priorities. However, concerns about building a more sustainable future have changed society's priorities. Eco-friendly and durable structures are increasingly required. From this perspective, heuristic optimization methods provide an alternative to experience-based pre-dimensioning. The development of new building materials, design techniques and sustainable criteria motivates the need to create a methodology for automatic and accurate design that considers all these aspects. This research proposes the elaboration of a methodology for efficient design of precast and post-tensioned multi-girder road viaducts as a whole (super, meso and infrastructure) considering structural efficiency and sustainability criteria.

**Keywords:** HPC, UHPC, multiobjective optimization, bridges and viaducts.

## Comportamento de vigas mistas celulares formadas por perfis i duplamente simétricos e lajes alveolares pré- fabricadas de concreto

*Behavior of composite cellular beams formed by double-symmetrical steel i-profiles and precast concrete hollow core slabs*

**Discente:** Felipe Piana Vendramell Ferreira, Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil

**Orientador(a)/Co-orientador(a):** Profa.Dra. Silvana De Nardin/Prof. Dr. Carlos Humberto Martins

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

Os estudos estrangeiros têm contemplado a investigação de modos de falha e comportamento à flexão em vigas celulares mistas constituídas, usualmente, por lajes mistas de aço e concreto. As vigas celulares mistas são pouco estudadas no Brasil e os estudos já realizados se restringiram à modelagem numérica. O presente estudo tem como objetivo avaliar o comportamento de vigas celulares mistas formadas por perfis de aço com aberturas na alma e lajes pré-fabricadas de concreto submetidas à flexão em quatro pontos. Será avaliado a viabilidade estrutural desse elemento estrutural, os mecanismos de transferência de forças com ênfase no comportamento dos conectores de cisalhamento e nos modos de falha. Espera-se fornecer subsídios para avaliar a viabilidade, em termos de comportamento estrutural, da viga celular mista com laje alveolar pré-fabricada, a partir da avaliação do seu comportamento a flexão. Espera-se também contribuir para ampliar o grau de industrialização da construção civil brasileira. **Palavras-Chave:** Vigas celulares mistas; Lajes Alveolares; Conectores de cisalhamento; Análise numérica.

### ABSTRACT

International studies have contemplated the investigation of failure modes and flexural behavior in composite cellular beams constituted by steel-concrete composite slabs. Composite cellular beams are little studied in Brazil, and the studies already done were restricted to numerical modeling. The present study aims to evaluate the behavior of composite cellular beams, which are formed by double-symmetrical steel I-profiles and precast concrete hollow core slabs, subjected to two points loads symmetrically spaced. The structural viability of this structural element, the force transfer mechanisms with emphasis on shear connector behavior and failure modes will be evaluated. It is expected to provide subsidies to evaluate the viability, in terms of structural behavior, of the composite cellular beam with precast concrete hollow core slabs, from the evaluation of its flexural behavior. It is also expected to contribute to increase the degree of industrialization of Brazilian civil construction.

**Keywords:** Composite cellular beams; Hollow core slabs; Shear connector; Numerical analysis.

## **Contribuição ao estudo de aderência e propriedades mecânicas do concreto autoadensável com baixo consumo de cimento reforçado com fibras de aço**

*Contribution to the study of bond and mechanical properties of steel fiber reinforced self-compacting concrete with low cement consumption*

**Discente:** Izabella Sant'Ana Storch, Mestre em Estruturas e Construção Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Fernando Menezes de Almeida Filho

**Co-orientador:** Prof. Dr. Artur Lenz Sartorti

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

### **RESUMO**

Utilizar concreto autoadensável com baixo consumo de cimento busca maior sustentabilidade no setor construtivo. Introduzir fibras de aço a esse concreto pode melhorar algumas características como resistência à fissuração, tenacidade, à fadiga e ao impacto. O objetivo da pesquisa é estudar a aderência entre barras de aço e concreto com baixo consumo de cimento reforçado com fibras. Para tanto, será dosado nove concretos variando a quantidade de cimento e de fibras de aço. Serão realizados ensaios para avaliação no estado fresco e endurecido, incluindo dois tipos de ensaios de arrancamento para compará-los, além de ensaios de microscopia. Com o início da fase experimental, conclui-se que há necessidade de avaliar a utilização de outro tipo de cimento para alcançar a classe de resistência de 70 MPa. Observou-se que a introdução de fibras na matriz do concreto limita a redução do consumo de cimento.

**Palavras-Chave:** Aderência; Concreto autoadensável; Baixo consumo de cimento; Fibras de aço; Sustentabilidade.

### **ABSTRACT**

Using self-compacting concrete with low cement consumption search for greater sustainability in the construction sector. Introducing steel fibers to this concrete can improve some characteristics such as crack resistance, tenacity, fatigue and impact resistance. The objective of this research is to study the bond between steel bars and steel reinforced concrete with low cement consumption. For this purpose, nine concretes will be dosed, varying the amount of cement and steel fibers. Fresh and hardened tests will be performed, including two types of pull-out tests to compare them, then will be subjected to microscopy tests. With the beginning of the experimental program, it is concluded that there is a need to evaluate the use of another type of cement to reach the resistance class of 70 MPa. It was observed that the introduction of fibers in the concrete limits the reduction of cement consumption.

**Keywords:** Bond; Self-compacting concrete; Low cement consumption; Steel fiber; Sustainability.

## Legislação de combate a incêndio em estruturas de madeira: Cenário nacional e internacional

*Fire legislation on wood structures: national and international scenery*

**Discente:** Julia Naves Teixeira, Bacharel em Engenharia Civil, Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil

**Orientador:** Prof. Dr. André Luiz Chritoforo

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

Com a atualização da norma 7190 (ABNT 2012) sobre uso da madeira na construção civil e seus parâmetros, tem-se atualmente normatizado os padrões de prevenção e combate a incêndio em estruturas de madeira, tal ação apresenta diversas vantagens quanto ao incentivo ao uso do material. A presente pesquisa tem como intuito apresentar uma breve revisão a cerca do cenário nacional e internacional de normatizações sobre combate a incêndio em estruturas de madeira afim de alinhar o conhecimento dos profissionais da área quanto ao emprego do material na construção civil. Nas considerações finais da pesquisa tem-se que a norma 7190 (ABNT 2012), fundamentada por normas internacionais, que até então eram mais estruturadas, atende aos detalhamentos de prevenção e combate a incêndios em estruturas de madeira e que órgãos federais asseguram por legislação o cumprimento das diretrizes da norma para alvará de uso das edificações.

**Palavras-Chave:** Madeira; incêndio; estruturas; leis.

### ABSTRACT

With the updating of the 7190 (ABNT 2012) standard on the use of wood in civil construction and its parameters, fire standards in wood structures have been currently standardized, such action has several advantages regarding the incentive to use the material. This research aims to present a brief review about the national and international scenario of fire structure standardization in wood in order to align the knowledge of professionals in the area regarding the use of material in construction. In the final considerations of the research is that the standard 7190 (ABNT 2012), based on international standards meets the details of fires in timber structures and that federal agencies ensure by law compliance with the guidelines of the standard for use of buildings.

**Keywords:** Wood; fire; structures; laws.

## Edifícios em alvenaria estrutural sob ação sísmica

*Buildings of structural masonry submitted to seismic actions*

**Discente:** Klaus André de Sousa Medeiros, Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil/Estruturas

**Orientador:** Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

Ao decorrer dos anos vários países são drasticamente afetados por abalos sísmicos, enquanto que no Brasil, por um longo período, a falta de registros levou a crer que o país não se apresenta vulnerável a esse fenômeno. Já se sabe, com base em estudos e registros mais detalhados, que mesmo nas zonas passivas podem ocorrer terremotos devido as falhas tectônicas. As mais relevantes implicações dos sismos sobre os edifícios são devidas ao movimento do terreno provocado pelos diferentes tipos de ondas. Esses efeitos se tornam ainda mais preocupantes quando se trata de edificações em alvenaria estrutural, pois não são notáveis os avanços em pesquisas como os relacionados a estruturas sísmo resistentes em aço e concreto armado já considerados em norma nacional. Assim, objetiva-se estudar as edificações em alvenaria estrutural, em condições brasileiras, submetidas a sismos, a fim de se obter e propor parâmetros a serem incorporados a normatização brasileira.

**Palavras-Chave:** Edificações em alvenaria; eventos sísmicos; ações dinâmicas; normatização.

### ABSTRACT

Over the years, numerous countries are drastically affected by seismic events, while in Brazil, for an extended period, the absence of records led us to believe that our nation is not vulnerable to this phenomenon. It is already known, based on studies and more detailed reports, that even in passive zones may occur earthquakes due the tectonic faults. The most relevant implications on buildings are due to the ground movement caused by the different types of waves. These effects become even more worrying when we talk about masonry structures since there are not remarkable advances in researches as the investigations related to structures of steel and reinforced concrete, which are already considered in the national regulations. Thus, it is aimed to study the typical Brazilian edifications on structural masonry submitted to seismic actions, in order to obtain and propose parameters which may be incorporated into Brazilian standardization.

**Keywords:** Masonry edifications; seismic events; dynamic actions; standardization.

## Resistência à punção na ligação laje-pilar: análise numérico experimental e proposta de padronização do modelo de ensaio

*Punching Resistance in Slab-Pillar Connection: Experimental Numerical Analysis and Proposed Test Model Standardization*

**Discente:** Tamiris Luiza Soares Lanini, Engenheira Civil, Mestre em Estruturas e Construção Civil

**Orientador:** Prof. Dr. André Luis Christoforo

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

No contexto de estruturas em lajes lisas, na ligação laje-pilar, ponto crítico do sistema, a concentração de tensões cisalhantes pode conduzir ao fenômeno da punção, modo de ruptura frágil (sem aviso) que ocorre por cisalhamento em regiões relativamente pequenas. Devido à complexidade do fenômeno, ainda não há um modelo de dimensionamento completamente aceito pelo meio técnico científico capaz de estimar a resistência à punção na ligação laje-pilar. Ainda, não há padronização dos modelos experimentais ensaiados, e portanto, a investigação do fenômeno através de dados disponibilizados na literatura é complexa. Assim sendo, este estudo objetiva propor, por meio de análise estatística e simulação numérica, um ensaio padrão para estimativa da resistência à punção na ligação laje-pilar, considerando, para tanto, pilares internos e carregamentos simétricos. Pretende-se estabelecer uma relação comparativa entre resultados experimentais obtidos para contribuir na constatação e compreensão dos parâmetros que influenciam no fenômeno da punção em lajes lisas.

**Palavras-Chave:** Lajes lisas; Punção; Ligação laje-pilar; Análise Numérica.

### ABSTRACT

In the context of flat slab structures, at the slab-pillar connection, critical point of the system, the concentration of shear stresses can lead to the punching phenomenon, fragile failure mode (without warning) that occurs by shearing in relatively small regions. Due to the complexity of the phenomenon, there is not yet a sizing model completely accepted by the scientific technique capable of estimating the punching resistance in the slab-column connection. Still, there is no standardization of the experimental models tested, and therefore, the investigation of the phenomenon through data available in the literature is complex. Therefore, this study aims to propose, through statistical analysis and numerical simulation, a standard test to estimate the puncture resistance in the slab-column connection, considering both internal pillars and symmetrical loading. It is intended to establish a comparative relationship between experimental results obtained to contribute to the finding and understanding of the parameters that influence the phenomenon of flat slab puncture.

**Keywords:** Flat slabs; Punching; Slab-pillar connection; Numerical analysis.

## Análise teórica e numérica da influência do tamanho e posicionamento de furos adjacentes a pilares de seção retangular em sistemas estruturais de lajes sem vigas

*Theoretical and number analysis of size influence and positioning of holes adjacent to rectangular section pillars in structural systems of beams*

**Discente:** Leandro Dias Küster, Engenheiro Civil, Mestre em Estruturas e Construção Civil

**Orientador:** Prof. Dr./Prof. Dr. Fernando Menezes de Almeida Filho

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Qualificada (31/05/2019)

### RESUMO

A utilização de lajes lisas tem crescido devido às diversas vantagens que apresentam. No entanto, uma das maiores preocupações na utilização desse sistema é o elevado esforço de punção, que ocorre na ligação entre a laje e o pilar. O estudo da punção em lajes lisas tem sido alvo de diversos pesquisadores nos últimos anos. Problemas como a existência de furos nas lajes lisas no entorno dos pilares, fazem com que as teorias convencionais e as normas vigentes sejam constantemente questionadas, sendo algumas vezes até taxadas como inseguras. Em relação aos estudos numéricos, percebe-se a falta de um padrão para análise, dificultando-se a comparação de resultados entre trabalhos alheios. Desta maneira, o presente trabalho pretende identificar numericamente o comportamento estrutural da ligação laje-pilar em lajes sem vigas com abertura adjacente ao pilar. Pretende-se também propor uma formulação para projeto de lajes sem vigas com aberturas adjacentes ao pilar.

**Palavras-Chave:** punção em lajes; aberturas em lajes lisas; método dos elementos finitos; análise numérica computacional de lajes lisas; análise teórica de lajes lisas.

### ABSTRACT

The use of flat slabs has grown because of the various advantages they present. However, one of the major concerns in using this system is the high punching effort that occurs at the connection between the slab and the pillar. The study of punching in flat slabs has been the target of several researchers in recent years. Problems such as the existence of holes in the flat slabs around the pillars cause the conventional theories and the current norms to be constantly questioned, sometimes even considered unsafe. Regarding the numerical studies, it is noticed the lack of a standard for analysis, making it difficult to compare results between works of others. Thus, the present work intends to numerically identify the structural behavior of the slab-pillar connection in beamless slabs adjacent to the pillar. It is also intended to propose a formulation for design of beamless slabs with openings adjacent to the pillar.

**Keywords:** punching in slabs; openings in flat slabs; finite element method; numerical computational analysis of flat slabs; theoretical analysis of flat slabs.

# Análise numérica e experimental da alvenaria estrutural com blocos de concreto em temperaturas elevadas

## *Numerical and Experimental Analysis of Concrete Blocks Masonry in High Temperatures*

**Discente:** Wallison Angelim Medeiros, Engenheiro Civil, Mestre

**Orientador:** Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

**Coorientador:** Prof. Dr. Armando Lopes Moreno Jr.

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Qualificado em 23/09/2019. Membros da banca: Prof. Dr. Paulo José Brandão Barbosa Lourenço e Prof. Dr. Paulo Roberto do Lago Helene

### RESUMO

No Brasil, as exigências de segurança contra incêndio das edificações são definidas em legislação estadual e na norma brasileira ABNT NBR 14432:2001. Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto, assim como projetos de estruturas de concreto já possuem normas específicas para a situação de incêndio, são elas: ABNT NBR 14323:2013 e ABNT NBR 15200:2012, respectivamente. No entanto, não há no país, normalização para alvenaria estrutural nessa situação e, portanto, continua sendo necessária a consulta às normas internacionais. O trabalho desenvolvido pretende caracterizar os componentes e elementos da alvenaria estrutural de blocos de concreto, determinando o desempenho e as propriedades físicas e mecânicas para os blocos com diferentes tipos de agregados, além de entender e determinar parâmetros básicos para projetos de alvenaria estrutural de blocos de concreto em altas temperaturas. Assim, formular uma proposta consistente e sistêmica de contribuições visando a futura revisão da norma.

**Palavras-Chave:** altas temperaturas, alvenaria estrutural, blocos de concreto, análise numérica, análise experimental.

### ABSTRACT

In Brazil, the fire safety requirements of buildings are defined by state legislation and Brazilian standard ABNT NBR 14432: 2001. Steel structures and mixed steel and concrete structures projects, as well as concrete structures projects already have specific rules for the fire situation, they are: ABNT NBR 14323: 2013 and ABNT NBR 15200: 2012, respectively. However, there is no standardization in the country for masonry in this situation and, therefore, it is still necessary to consult international standards. This work aims to characterize the components and elements of the concrete block structural masonry, determining the performance and the physical and mechanical properties for the blocks with different types of aggregates, as well as to understand and determine basic parameters for concrete block masonry projects at high temperatures. Thus, formulate a consistent and systemic proposal of contributions aiming at the future revision of the standard.

**Keywords:** high temperature, masonry, concrete block, numerical analysis, experimental analysis.

# CONSTRUÇÃO CIVIL

## Indicadores de Desempenho de Lean Six Sigma em Empresas Construtoras

### *Lean Six Sigma Performance Indicators in Construction Companies*

**Discente:** Lucio Schiavon Yamamoto, Bacharel em Engenharia Civil

**Orientadora:** Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

#### RESUMO

Os estudos baseados nos princípios da Construção Enxuta possibilitaram não apenas o desenvolvimento do gerenciamento de processos, mas também a necessidade de procedimentos de gestão da qualidade em obras. Mesmo que a melhoria contínua seja um dos enfoques do desenvolvimento gerencial, poucas são as metodologias de desenvolvimento qualitativo de processos que possuem indicadores bem definidos para a medição de produtos e processos da construção civil. O objetivo deste trabalho é levantar e comparar indicadores sigma relacionados aos produtos físicos e tempos de ciclo desses em canteiro de obras, por meio da aplicação do ciclo de melhoria contínua e estudo da capacidade do processo. Também visa medir o nível de adesão às ferramentas da qualidade nas obras estudadas por meio da aplicação de questionários. Espera-se que os indicadores sigma sejam mais elevados quando a obra correspondente tiver implantada as práticas de gestão da qualidade.

**Palavras-Chave:** Construção civil, Gestão da qualidade, Construção Enxuta, Seis Sigma, Processos.

#### ABSTRACT

Studies based on the principles of Lean Construction have enabled not only the development of process management, but also brought to light the need for quality management on site. Even though continuous improvement is one of the area's management development approaches, there are few qualitative process development methodologies that provide well-defined indicators for measuring construction products and processes. The objective of this research is to survey and compare sigma indicators related to physical products and cycle times of these in the construction site, by applying the continuous improvement cycle and process capability study, as well as measuring the application of quality tools in works studied through the application of questionnaires. The sigma indicators are expected to be higher when the corresponding work has more affinity with the application of quality management.

**Keywords:** Civil construction, Quality management, Lean construction, Six Sigma, Processes.

## Verificações experimentais não destrutivas de lajes alveolares protendidas na fábrica para conformidade de projeto

*Non-destructive Experimental verification in prestressed hollow-core slabs in factory environment for project compliance*

**Discente:** Luis Fernando Borzi Bazilio, Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Marcelo de Araújo Ferreira

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

Para a obtenção da resistência suportada por lajes alveolares é necessária a realização de ensaios destrutivos padronizados, sendo que nestes ensaios é possível verificar o atendimento do produto quanto ao projeto. A NBR 14861 (2011) não permite a realização de ensaios simplificados em ambiente fabril por falta de estudos na área e a NBR 9062 (2017) possibilita verificações experimentais como parte do procedimento de projeto. Com base no exposto, o intuito deste trabalho é verificar a conformidade de lajes alveolares com o projeto, através da realização de ensaio não destrutivo de prova de carga em ambiente fabril de forma a se evitar a realização de ensaios destrutivos e para diminuir o desperdício de material, tempo e custo na produção de lajes alveolares protendidas.

**Palavras-Chave:** laje alveolar; concreto protendido; controle de qualidade; prova de carga; desempenho estrutural.

### ABSTRACT

To obtain the resistance supported by hollow core slabs it is necessary to perform standardized destructive tests with its possible to verify the product compliance regarding to the project. NBR 14861 (2011) does not allow to do simplified tests in factory environment due to lack of studies and NBR 9062 (2017) allows experimental verifications as part of the procedure of the project. Exposed that, the purpose of this work is to verify the compliance of hollow core slabs with project by conducting non-destructive load test in factory environment in order to avoid destructive tests and to reduce material waste, time and cost in the production of prestressed hollow core slabs.

**Keywords:** hollow-core slabs; prestressed concrete; quality control; load test; structural performance.

**Método de avaliação das condições de adequabilidade das edificações para uso de energia fotovoltaica**  
*Method for assessing the suitability of buildings for photovoltaic energy production*

**Discente:** Priscila Lima de Oliveira, Engenheira Civil, Gestão, tecnologia e sustentabilidade na construção civil.

**Orientador:** Profa.Dra. Cristiane Bueno

**Co-orientador:** Prof. Dr. Douglas Barreto

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

**RESUMO**

A geração de energia através do sol, é considerada a mais promissora, por ser limpa e uma das mais abundantes, sendo inesgotável em escala de tempo humano. O sistema fotovoltaico tem um grande potencial para o design dos edifícios, tornando-se, possivelmente, um elemento importante não somente para os sistemas construtivos, mas para o meio ambiente. Este trabalho consiste no desenvolvimento de um método para a avaliação das condições de adequabilidade das edificações para o uso de painéis fotovoltaicos em edificações. Para isso, devem ser analisados todos os requisitos que ajudam na instalação do sistema, além de conhecer as características ambientais e meteorológicas do local analisado.

**Palavras-Chave:** Placas fotovoltaicas; energias renováveis; adequabilidade; AHP.

**ABSTRACT**

The generation of energy through the sun is considered most promising because it is clean and one of the most abundant, being unforgettable on the human time scale. The photovoltaic system has great potential for the design of buildings, possibly becoming an important element not only for building systems, but for the environment. This work consists in the development of a method to evaluate the adequacy conditions of the editions for the use of photovoltaic panels in buildings. For this, all the requirements that may be installed in the system must be analyzed, besides knowing the local environmental and meteorological resources.

**Keywords:** Photovoltaic plates; renewable energy; suitability; Analytic Hierarchy Process

## Avaliação do desempenho empresarial de acordo com a mentalidade Lean em empreendimentos de Habitação de Interesse Social

*Business performance assessment based on Lean Thinking in social housing projects*

**Discente:** Priscila Mirapalmete Rodegheri, Engenheira Civil

**Orientador:** Profa.Dra. Sheyla Mara Baptista Serra

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

A Lean Constructio (LC) é uma filosofia que dá suporte ao crescimento e desenvolvimento da Indústria da Construção Civil (ICC), apesar disso, há certa resistência de empresas em aderirem a ela devido a dificuldade de verificar sua influência nos indicadores de desempenho tradicionalmente utilizados. Com isso, busca-se relacionar a mentalidade lean em empreendimento da Habitação de Interesse Social (HIS) a indicadores de desempenho utilizados nestes projetos. A fim de atingir esses objetivos, serão desenvolvidos estudos de caso e coleta de dados através de questionários para realizar análise de conteúdo e apresentar as relações e os resultados.

**Palavras-Chave:** Lean Construction, Maturity Models, Performance Measurement Systems, Indicadores de Desempenho, Habitação de Interesse Social

### ABSTRACT

Lean Construction (LC) is a philosophy that supports the growth and development of the Construction Industry (CI), although there is some company's resistance to joining into this due to the low influence on performance indicators traditional used. Thus, this research aim relates to lean mentality in social housing projects to used performance indicators. To achieve these goals, case studies and data collection through questionnaires will be developed to conduct content analysis and present the relationships and results.

**Keywords:** Lean Construction, Maturity Models, Performance Measurement Systems, Performance Indicator, Social Housing Projects

## Técnicas eletroquímicas de monitoramento de corrosão aplicadas em armaduras embutidas em corpos de prova de argamassa

*Electrochemical corrosion monitoring techniques applied to reinforced mortars specimens*

**Discente:** Thiago Alex Hemkemeier, Engenheiro Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Almir Sales

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

A corrosão é um dos principais problemas que afetam a vida útil das estruturas de concreto armado. Para reduzir esse problema é importante realizar manutenções periódicas nas edificações. Existem diversas técnicas de monitoramento da corrosão, como o potencial de circuito aberto (PCA) e a espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE). Ambas possuem parâmetros que podem influenciar seus resultados, por exemplo, a utilização de ciclos de secagem e molhagem, uso de diferentes tipos de eletrodo de referência e imersão total ou parcial na solução na técnica de potencial de circuito aberto, e o posicionamento do eletrodo de referência na técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica. Com isso, o presente estudo visa aprimorar essas técnicas por meio da variação de parâmetros e análise de sua influência nos resultados, visando fornecer informações ao meio técnico e científico sobre o melhor procedimento a ser adotado, buscando resultados mais precisos em menos tempo.

**Palavras-Chave:** Corrosão, técnicas de monitoramento, eletroquímica.

### ABSTRACT

Corrosion is one of the major problems affecting the lifespan of reinforced concrete structures. To reduce this problem, it is important to perform periodic maintenance on buildings. There are several corrosion monitoring techniques, such as the open circuit potential (OCP) and the electrochemical impedance spectroscopy (EIS). Both have parameters that can influence their results, for instance, the use of drying and wetting cycles, different types of the reference electrode and solution total or partial immersion in the open circuit potential technique, and the placing of the reference electrode in the spectroscopy electrochemical impedance technique. Therefore, the main goal of this study is to improve these techniques by the parameters variation and analysis of their influence on the results, aiming to provide information to the technical and scientific environment about the best procedure to be adopted, seeking more accurate results in less time.

**Keywords:** Corrosion, monitoring techniques, electrochemical.

## Diagnóstico da disseminação da Primeira Etapa do BIM BR

### *Dissemination diagnosis of the first stage of BIM BR*

**Discente:** Thiago Rodrigo de Oliveira Alves, bacharel em Engenharia Civil, Especialização Lato Sensu em Docência no Ensino Superior

**Orientadora:** Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

#### **RESUMO**

A integração de tecnologias BIM ao setor da arquitetura, engenharia e construção (AEC) representa atualmente uma das principais opções de investimento para a modernização e reestruturação das práticas de compartilhamento de informações. O Governo Federal, com o objetivo de proporcionar maior economia, eficiência e transparências à suas obras, estabeleceu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (BIM BR). Todavia, destaca-se uma lacuna entre o desenvolvimento acadêmico de pesquisas BIM da última década e sua implantação propriamente dita neste mesmo período. O objetivo deste estudo é verificar qual a receptividade e condições necessárias para atender as metas estipuladas para sua disseminação do BIM BR. Realiza-se pesquisa qualitativa de cunho descritivo e exploratório, através de estudo de caso de microrregião do interior do Estado de São Paulo. Pretende-se através deste estudo, estabelecer parâmetros para o aprimoramento das possíveis necessidades a serem identificadas, visando-se a criação de melhores condições para sua implantação.

**Palavras-Chave:** BIM BR; diagnóstico BIM; Modelagem da Informação; Disseminação.

#### **ABSTRACT**

The integration of BIM Technologies to the AEC Industry it is one of the main investment options for the modernization and restructuring of information sharing practices. The Federal Government, in order to provide greater economy, efficiency and transparency to its works, established the National Strategy for the Dissemination of BIM BR. However, there is a gap between the academic development of BIM research of the last decade and its implementation in this same period. The purpose of this paper is to verify the receptivity and conditions necessary to meet the goals set for the dissemination of BIM BR.

A qualitative descriptive and exploratory research is conducted through a case study of microregion of the interior of the state of São Paulo. It is intended to establish parameters for the improvement of the possible needs to be identified, aiming at creating better conditions for its implementation.

**Keywords:** BIM BR; BIM diagnosis; Building Information Model; Dissemination.

## Diretrizes para o desenvolvimento de empreendimentos do tipo Student Housing

### *Guidelines for the Development of Student Housing Projects*

**Discente:** Hyago Maurício Bremm Muller, Engenheiro Civil

Orientador Prof. Dr. José da Costa Marques Neto

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Qualificação (27/08/2019, José da Costa Marques Neto, Eliane Monetti, Herick Fernando Moralles)

#### **RESUMO**

O nicho de mercado Student Housing já atingiu a maturidade em vários países da Europa, Ásia e Estados Unidos. Somente no ano de 2018, foram investidos US \$ 17,1 bilhões em moradias estudantis no mundo todo. As novas gerações de estudantes estão mais exigentes por uma melhor qualidade de acomodação, quartos equipados e banheiros privativos, bem diferente das acomodações tradicionalmente oferecidas pelas universidades, com dormitórios antigos, banheiros e refeitórios compartilhados. No Brasil esse mercado ainda é pouco desenvolvido de maneira organizacional, onde os principais agentes são pequenos empreendedores, investidores individuais e instituições públicas. Vários estudos mostram que grande parte dos produtos ofertados apresentam vários problemas, motivados pela baixa qualidade do ambiente construído. Visto a real situação do mercado imobiliário estudantil brasileiro, esta pesquisa objetiva, por meio de uma investigação das necessidades dos estudantes brasileiro, propor diretrizes para orientar os agentes desse mercado no processo de desenvolvimento de seus produtos.

**Palavras-Chave:** moradias estudantis; empreendimentos de base imobiliária; ativos imobiliários alternativos; demanda habitacional.

#### **ABSTRACT**

The Student Housing niche has already matured in a number of countries in Europe, Asia and the United States. In 2018 alone, \$ 17.1 billion was invested in student housing around the world. New generations of students are demanding more for better quality accommodation, equipped rooms and private bathrooms, quite different from the traditional university accommodation, with old dormitories, shared bathrooms and dining halls. In Brazil this market is still underdeveloped in an organizational manner, where the main agents are small entrepreneurs, individual investors and public institutions. Several studies show that most of the products offered present several problems, motivated by the low quality of the built environment. Given the real situation of the Brazilian student real estate market, this research aims, through an investigation of the needs of Brazilian students, to propose guidelines to guide the agents of this market in the process of developing their products.

**Keywords:** student housing; real estate developments; alternative real estate assets; housing demand.

## Caracterização e aplicação de escória de aciaria estabilizada na fabricação de blocos de concreto

*Characterization and application of stabilized steelmaking slag in the manufacture of concrete blocks*

**Discente:** Leandro Henrique Benitez, Engenheiro Civil

**Orientador:** Prof. Dr. José da Costa Marques Neto

**Coorientadora:** Profa. Dra. Fernanda Giannotti da Silva Ferreira

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Qualificada

### RESUMO

Estudo das características físicas e mecânicas de blocos de concreto sem função estrutural, quando utilizada escória de aciaria em sua fabricação. Incorporação de resíduo da indústria siderúrgica em blocos de concreto com contribuição, de maneira sustentável, na destinação final de um passivo ambiental. Serão realizadas substituições parciais de 20, 40, 60, 80 e 100% dos agregados graúdos naturais por artificiais na produção de blocos de concreto, que serão fabricados em uma indústria de artefatos de cimento para se obter resultados em escala. Posteriormente serão ensaiados seguindo os métodos de ensaio da ABNT NBR 12118:2013 afim de atender aos requisitos previstos na ABNT NBR 6136:2016 e assim validar o estudo quanto a possibilidade de fabricação e utilização de blocos de concreto produzidos com escória de aciaria.

**Palavras-Chave:** Bloco de concreto, bloco de escória de aciaria, escória de aciaria, bloco com agregado reciclado.

### ABSTRACT

Study of the physical and mechanical characteristics of concrete blocks without structural function, when steel slag is used in its manufacture. Incorporation of waste from the steel industry into concrete blocks with a sustainable contribution to the final disposal of an environmental liability. Partial substitutions of 20, 40, 60, 80 and 100% of natural to artificial aggregates will be made in the production of concrete blocks, which will be manufactured in a cement artifact industry for scale results. Subsequently, they will be tested following the test methods of ABNT NBR 12118: 2013 in order to meet the requirements of ABNT NBR 6136: 2016 and thus validate the study regarding the possibility of manufacturing and using concrete blocks produced with steel slag.

**Keywords:** Concrete block, steel slag block, steel slag, block with recycled aggregate.

## Propriedades residuais pós-altas temperaturas de compósitos cimentícios de alto desempenho com pó de vidro

*Post-high temperatures residual properties of high performance cementitious composites with glass powder*

**Discente:** Adalberto de Oliveira Júnior, Engenheiro Civil

**Orientadora:** Profa. Dra. Fernanda Giannotti da Silva Ferreira

**Co-orientadora:** Profa. Dra. Alessandra Lorenzetti de Castro

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Defesa

### RESUMO

Os compósitos cimentícios de alto desempenho (CCAD) é uma evolução natural dos materiais cimentícios utilizados na construção civil, com o pó de vidro, quando finamente moído, apresentando potencial de utilização como material suplementar, substituindo parcialmente o cimento. Os compósitos cimentícios são utilizados em diversos elementos da construção, incluindo estruturas, com a durabilidade do compósito em altas temperaturas sendo requisito importante para o material, o que garante sua segurança. O trabalho substituiu 50% do cimento por pó de vidro no CCAD, avaliando os efeitos das altas temperaturas em 200, 400, 600 e 800°C, posteriormente verificando as propriedades residuais, como resistência à compressão, módulo de elasticidade acústico e reidratação. O CCAD com pó de vidro em altas temperaturas apresentou desempenho equivalente ou discretamente inferior, na reidratação o compósito com vidro teve desempenho consideravelmente menor.

**Palavras-Chave:** compósitos cimentícios; alto desempenho; pó de vidro; altas temperaturas.

### ABSTRACT

High performance cementitious composites (HPCC) is a natural evolution of cementitious materials used in construction, with glass powder, when finely ground, presenting potential for use as a supplementary material, partially replacing cement. Cement composites are used in various building elements, including structures, with the durability of the composite at high temperatures being an important requirement for the material, which ensures its safety. The work replaced 50% of the cement with glass powder in the HPCC, evaluating the effects of high temperatures at 200, 400, 600 and 800°C, subsequently verifying the residual properties, such as compressive strength, acoustic elastic modulus and rehydration. The high temperature glass powder HPCC showed equivalent or slightly lower performance, while rehydrating the glass composite had considerably lower performance.

**Keywords:** cementitious composites; high performance; glass powder; high temperatures.

## Alvenaria em Situação de Incêndio - Critério de Isolamento Térmico

### *Masonry in Fire Situation - Thermal Insulation Criterion*

**Discente:** Andre Kazunori Maebara, Engenheiro Civil, Mestre em Estruturas e Construção Civil.

**Orientador e coorientador:** Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian, Prof. Dr. Douglas Barreto.

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

#### **RESUMO**

A alvenaria é amplamente utilizada no Brasil, e estudar o seu comportamento é essencial para que atendam requisitos de segurança estrutural e resistência ao fogo, o qual, empresas e instituições de ensino estão começando a estudar e desenvolver norma para alvenaria estrutural. Este trabalho tem como objetivo o estudo do comportamento da alvenaria estrutural em situação de incêndio, em específico, o comportamento do revestimento e sua influência na alvenaria em altas temperaturas. Como resultados esperados, pretende-se obter os comportamentos da alvenaria estrutural e a influência do revestimento em altas temperaturas, como também, curvas isotérmicas de blocos, paredes e revestimentos, chegando à uma proposta correta de dimensionamento.

**Palavras-Chave:** alvenaria estrutural, incêndio, isolamento térmico.

#### **ABSTRACT**

Masonry is used in Brazil, and the studying is essential for meeting safety structural requirements and fire resistance, then beginning to study and develop standard for structural masonry. This paper is a study the behavior of structural masonry in fire situation, the behavior of the coating and its influence on masonry in fire situation. As expected results, it is to obtain the behavior of structural masonry in fire, as well the isothermal curves of blocks, walls and coating, for the correct design.

**Keywords:** masonry, fire, thermal insulation.

## Avaliação experimental de prismas da alvenaria estrutural em blocos cerâmicos e de concreto submetidos a altas temperaturas

*Experimental evaluation of clay and concrete masonry prisms submitted to high temperatures*

**Discente:** Cleber Eduardo Fernandes Leal, Engenheiro Civil, Mestre em Estruturas e Construção Civil.

**Orientador:** Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

Por contar com paredes estruturais que também exercem função de compartimentação, o sistema construtivo alvenaria estrutural, sob situação de incêndio, deve atender a ambos os critérios: resistência, estanqueidade e isolamento térmico. Na ausência de norma local para verificação da alvenaria ao incêndio, códigos internacionais têm sido adotados pelo meio técnico brasileiro. Questiona-se, porém, a aplicabilidade de tais prescrições aos projetos nacionais, uma vez que tanto a geometria dos blocos, quanto características físicas, químicas e mecânicas dos demais elementos podem variar significativamente entre países. Visando contribuir com o desenvolvimento da normalização nacional, este estudo propõe uma ampla avaliação experimental de prismas cerâmicos e de concreto submetidos a altas temperaturas. Os espécimes serão compostos por materiais de uso corrente no Brasil, variando resistências nominais, tipo de argamassa, agregado, preenchimento ou não com graute. Propriedades físicas e mecânicas serão testadas em temperatura ambiente e após aquecimento e resfriamento a 200, 400, 600 e 800°C.

**Palavras-Chave:** alvenaria estrutural; situação de Incêndio; resistência ao fogo; análise experimental.

### ABSTRACT

Masonry is a building system which, under fire situation, must met all the criteria: resistance, integrity and thermal insulation, because it has walls that perform structural and partitioning functions. In the absence of a local standard to check masonry under fire, international codes have been adopted by the Brazilian designers. However, the applicability of such prescriptions to the national projects is questioned, since the blocks geometry, as well as, physical, chemical and mechanical characteristics for other elements can present great variation between countries. In order to contribute to the national standardization development, this study proposes a wide experimental evaluation of ceramic and concrete prisms submitted to high temperatures. The specimens will be composed of materials commonly used in Brazil, varying the nominal resistances, mortar type, aggregate, filling or not with grout. Physical and mechanical properties will be tested at room temperature and after heating and cooling to 200, 400, 600 and 800°C.

**Keywords:** structural masonry; fire situation; fire resistance; experimental evaluation.

## Captura de $\text{CO}_2$ em blocos de concreto através da cura por carbonatação acelerada e aplicabilidade industrial

*CO<sub>2</sub> capture in concrete blocks through cure by accelerated carbonation and industrial applicability*

**Discente:** Livia Regueira Fortunato Benittez, Engenheira civil, Doutoranda em engenharia civil

**Orientador:** Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

As mudanças climáticas são motivo de preocupação em todo o mundo, para tanto o desenvolvimento de tecnologias para sequestrar o  $\text{CO}_2$  da atmosfera são essenciais para a mitigação das consequências deletérias do efeito estufa. Pesquisas recentes têm mostrado que materiais à base de cimento Portland possuem a capacidade de armazenar permanentemente  $\text{CO}_2$  em sua matriz cimentícia sob a forma estável de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), através da cura por carbonatação acelerada. A literatura mostra que a precipitação de  $\text{CaCO}_3$  nos poros do material cimentício melhora suas propriedades físicas e mecânicas, e contribui com o meio ambiente ao incorporar definitivamente o  $\text{CO}_2$ . Essa tecnologia tem sido aplicada em componentes de concreto sem reforço de aço, tais como blocos e telhas. Neste sentido, o presente trabalho busca evidenciar a cura por carbonatação acelerada, os fatores que a influenciam, bem como apresentar a metodologia para sua implementação na indústria e os resultados esperados.

**Palavras-Chave:** sequestrar  $\text{CO}_2$ , cura, carbonatação acelerada, concreto.

### ABSTRACT

Climate change is a cause of concern worldwide, and the development of technologies to sequester  $\text{CO}_2$  from the atmosphere is essential for mitigating the deleterious consequences of the greenhouse effect. Recent research has shown that Portland cement-based materials have the ability to permanently store  $\text{CO}_2$  in their cementitious matrix as stable calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) through accelerated carbonation cure. The literature shows that  $\text{CaCO}_3$  precipitation in the pores of cementitious material improves its physical and mechanical properties, and contributes to the environment by definitively incorporating  $\text{CO}_2$ . This technology has been applied to concrete components without reinforcing steel such as blocks and tiles. In this sense, the present work seeks to highlight the accelerated carbonation cure, the factors that influence it, as well as to present the methodology for its implementation in the industry and the expected results.

**Keywords:**  $\text{CO}_2$  sequestration, cure, accelerated carbonation, concrete.

## Fenômenos de passivação e corrosão de armaduras de compósitos cimentícios

*Passivation and corrosion phenomena of cementitious composite reinforcement*

**Discente:** Mariana de Almeida Motta Rezende, Engenheira Civil, Mestra em Estruturas e Construção Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Almir Sales

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Início

### RESUMO

A cinza de bagaço de cana-de-açúcar (ACBC) pode ser utilizada como substituição à areia fina em compósitos cimentícios, especificadamente em concretos para fins estruturais. Entretanto, pouco é sabido sobre seu efeito na corrosão de armaduras de concreto. Para avaliar esse efeito, duas soluções de poros de concreto simuladas serão feitas (com e sem ACBC). O potencial de circuito aberto, as curvas de polarização e espectroscopia de impedância eletroquímica serão técnicas eletroquímicas utilizadas para estudar a formação do filme passivador formado no aço imerso nessas soluções. Além disso, estudos de superfície do aço por meio de microscopias eletrônicas de varredura com espectroscopia de dispersão de raios-X serão realizados para verificar as espécies presentes no filme passivador. As mesmas técnicas serão utilizadas para verificar a corrosão de armaduras em meios dessas soluções com agentes agressivos como cloreto e carbonatos.

**Palavras-Chave:** "areia de cinza de bagaço de cana-de-açúcar", armadura, concreto, corrosão, passivação.

### ABSTRACT

Sugarcane bagasse ash (SBAS) can be used as a replacement for fine sand in cementitious composites, specifically in concrete for structural purposes. However, little is known about its effect on corrosion of concrete reinforcement. To evaluate this effect, two simulated concrete pore solutions will be made (SBAS and SBAS-free). Open circuit potential, linear sweep voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy will be the electrochemical techniques used to study the formation of the passivating film formed in the steel immersed in these solutions. In addition, steel surface will be studied by scanning electron microscopy with X-ray scattering spectroscopy to verify the species present in the passivating film. The same techniques will be used to verify the corrosion of reinforcement in media of these solutions with aggressive agents such as chloride and carbonates.

**Keywords:** "sugarcane bagasse ash", "concrete reinforcement", concrete, corrosion, passivation.

## Análise Ergonômica do Trabalho na execução de sistemas de alvenaria: comparação entre o sistema de alvenaria de vedação com o sistema de alvenaria estrutural

*Ergonomic Work Analysis in the execution of masonry systems: comparison between the Brick Masonry System and the Reinforced Masonry System*

**Discente:** Andreia Sofia Moreira Martins, Engenheira Civil, Mestre em Arquitetura e Urbanismo

**Orientador:** Prof. Dr. José Carlos Paliari

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Qualificada (19/02/2019) Banca: Prof. Dr. Daniel Braatz e Prof. Dra. Christine Werba Sandanha

### RESUMO

Esta pesquisa procura analisar as tarefas de dois sistemas construtivos de alvenaria, vedação e estrutural, determinando qual o sistema que apresenta maiores riscos para a saúde física e mental dos trabalhadores, adotando o método da análise ergonômica do trabalho (AET). O estudo foi dividido por três etapas, a pesquisa bibliográfica, a pesquisa empírica, definida por vários estudos de caso em ambos sistemas de alvenaria. E, por último, a análise dos resultados, aplicando o método da AET, com o auxílio das ferramentas de avaliação dos riscos ergonômicos, Ovaco Working Posture Analysing System (OWAS), Rapid Entire Body Assessment (REBA), Metabolic Equivalent (MET) e Ergonomic Workplace Analysis (EWA), obter um diagnóstico dos vários estudos de caso que permita avaliar as posturas mais críticas, para posteriormente serem desenvolvidas recomendações que possam melhorar o ambiente de trabalho e evitar o desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho. Para os estudos de caso realizados, durante a etapa de aplicação dos blocos, o sistema de alvenaria de vedação obteve resultados mais prejudiciais para a saúde do trabalhador, comparado com o sistema de alvenaria estrutural.

**Palavras-Chave:** Análise Ergonômica do Trabalho; Construção Civil; Alvenaria de Vedação; Alvenaria Estrutural; OWAS.

### ABSTRACT

This research seeks to analyze the tasks of two masonry construction system, brick masonry and reinforced masonry, determining which system presents the greatest risks to the physical and mental health of workers, adopting the method of ergonomic work analysis (AET). The study was divided into three stages, bibliographic research, empirical research, defined by several case studies in both masonry systems. And finally, the analysis of the results, applying the AET method, with the aid of ergonomic risk assessment tools, Ovaco Working Posture Analysis System (OWAS), Rapid Entire Body Assessment (REBA), Metabolic Equivalent (MET) and Ergonomic Workplace Analysis (EWA), obtain a diagnosis of the various case studies to assess the most critical postures, to further develop recommendations that can improve the work environment and prevent the development of work-related musculoskeletal disorders. For the case studies performed, during the block application stage, the brick masonry system obtained more detrimental results for the worker health compared to the reinforced masonry system.

**Keywords:** Ergonomic Workplace Analysis; Construction; Brick Masonry; Reinforced Masonry; OWAS.

## BIM-4D Aplicado ao Projeto para Segurança da Construção

### *BIM-4D Applied to Construction Safety Project*

**Discente:** Carla Barroso O. Leão, Engenharia Civil, M.Sc. Construção Civil

**Orientador:** Profa.Dra. Sheyla Mara Baptista Serra

**Nível:** Doutorado

**Estágio da pesquisa:** Qualificação - 11/09/19 - Banca: Prof(a). Dr(a). Regina Coeli Ruschel - UNICAMP e Prof(a). Assed Naked Haddad - UFRJ.

### RESUMO

Este texto apresenta os passos iniciais de uma pesquisa cujo propósito é a Automação de regras para elaboração de projetos de proteção coletiva em BIM. Nesta fase inicial, o objetivo foi identificar pontos de melhoria na integração do planejamento dos sistemas de proteção coletiva ao cronograma utilizando o prototipagem virtual em modelo BIM-4D. Para tanto, a abordagem desta etapa consistiu em: Definição do projeto; Modelagem da biblioteca; Desenvolvimento do projeto de proteção coletiva em BIM-3D; Planejamento de atividades e simulação. Como resultado, foram detectadas oportunidades de melhoria no detalhamento do projeto e deficiências na programação. Pretende-se contribuir com o que já foi desenvolvido pela comunidade científica, verificando a aplicabilidade do BIM a Itens de Normas Técnicas de Saúde e Segurança do Trabalho, tanto no que se refere à identificação de riscos como suas respectivas medidas preventivas, através da visualização em 3D, quanto à entrada de informações paramétricas relacionadas à segurança.

**Palavras-Chave:** Planejamento de segurança, Prototipagem virtual, Prevention Trough Design (PtD), Building Information Modeling (BIM).

### ABSTRACT

This text presents initial steps of a research whose purpose is the Automation of rules for elaboration of collective protection projects in BIM. In this initial phase, the objective was to identify points for improvement in integration of collective protection systems planning into schedule using BIM-4D virtual prototyping. To this end, the approach of this step consisted of: Project definition; Library modeling; Development of collective protection project in BIM-3D; Activity planning and simulation. As a result, opportunities for improvement in project detail and schedule deficiencies were detected. It is intended to contribute with what has already been developed by the scientific community, verifying the applicability of BIM to Items of Technical Standards of Health and Safety at Work, as regards the identification of risks as their respective preventive measures, through the visualization in 3D, for the entry of safety related parametric information.

**Keywords:** Safety Planning, Virtual Prototyping, Prevention Trough Design (PtD), Building Information Modeling (BIM).

### Estudo da influência do subleito na retração de GCLs

*Study of the influence of subgrade on GCL shrinkage*

**Discente:** José Wilson Batista da Silva, Engenheiro Civil.

**Orientador:** Profa. Dra. Natália de Souza Correia

**Coorientador:** Prof. Dr. Fernando Henrique Martins Portelinha

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Início

#### RESUMO

A estanqueidade dos aterros de resíduos sólidos é garantida pelo uso de barreiras hidráulicas, compostas em sua grande maioria, por geomembranas e geocompostos bentoníticos (geosynthetic clay liner - GCL). O estudo do desempenho do GCL é fundamental, uma vez que ele atua como barreira hidráulica de segurança. Atualmente, a maior preocupação é o comportamento de retração deste material, que ocorre principalmente durante a etapa de construção, quando este fica exposto as intempéries. A exposição aos ciclos térmicos diários impõe uma perda de umidade do GCL para o solo de fundação. No entanto, condições específicas de umidade do subleito podem reidratar este material, anulando ou atenuando seu comportamento de retração. Para avaliar este comportamento, o presente trabalho pretende avaliar a retração de GCLs, em contato com subleito, submetidos a ciclos térmicos compatíveis às condições climáticas brasileiras.

**Palavras-Chave:** GCL; Retração; Ciclos Térmicos; Aterros de resíduos sólidos; Subleito;

#### ABSTRACT

The tightness of solid waste landfills is ensured by the use of hydraulic barriers, mostly composed of geomembranes and geosynthetic clay liners (GCL). Studying the performance of the GCL is critical as it acts as a hydraulic safety barrier. Currently, the main concern is the shrinkage behavior of this material, which occurs mainly during the construction stage, when it is exposed to weather conditions. Exposure to daily thermal cycles imposes a moisture loss of GCL to the foundation soil. However, specific subgrade moisture conditions may rehydrate this material, nullifying or attenuating its shrinkage behavior. To evaluate this behavior, the present work intends to evaluate the shrinkage of GCLs, in contact with subgrade, submitted to thermal cycles compatible with Brazilian climatic conditions.

**Keywords:** GCL; Shrinkage; Thermal Cycles; Solid waste landfill; subgrade;

## Avaliação estatística dos parâmetros de resistência ao cisalhamento de RSU brasileiros

*Statistical evaluation of Brazilian MSW shear strength parameters*

**Discente:** Leonardo Vinícius Paixão Daciolo, Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Civil

**Orientadora:** Profa.Dra. Natália de Souza Correia

**Nível:** Mestrado

**Estágio da pesquisa:** Qualificação (02 de Maio de 2019). Banca: Profa. Dra. Natália de Souza Correia, Profa. Dra. Ana Elisa Silva de Abreu, Prof. Dr. Edmundo Rogério Esquível.

### RESUMO

Rupturas em aterros sanitários têm sido presentes no cenário mundial, sobretudo pela falta de compreensão do comportamento dos materiais e esforços presentes nestes maciços. As propriedades dos resíduos sólidos urbanos (RSU) apresentam grande variabilidade na literatura decorrente de fatores de composição e estágio de degradação. Neste sentido, a partir da coleta de resultados de parâmetros de resistência ao cisalhamento dos RSU brasileiros, foi analisado o comportamento estatístico das variáveis ângulo de atrito e coesão, a fim de contribuir para a mitigação dos riscos envolvidos em projetos de aterros sanitários. Resultados mostraram a coesão se mostrou mais sensível, decorrente de sua elevada dispersão estatística. Os RSU brasileiros apresentaram características distintas das recomendações internacionais, evidenciando a necessidade de análises em categorias, principalmente considerando-se a implementação destes dados em análises determinísticas e probabilísticas de estabilidade de taludes de aterro sanitário.

**Palavras-Chave:** Aterros sanitários, RSU, resistência ao cisalhamento, análise estatística, confiabilidade.

### ABSTRACT

Landfill failures have been present in the world scene, mainly due to the misunderstanding of the behavior of municipal solid waste (MSW) materials and efforts present in these massifs. The properties of MSW present great variability in the literature due to composition factors and degradation stage. In this sense, literature data of results of Brazilian MSW shear strength parameters was collected, and the statistical behavior of the friction angle and cohesion were analyzed in order to contribute to the mitigation of the risks involved in landfill projects. Results showed that cohesion was more sensitive due to its high statistical dispersion. Brazilian MSW presented diverse characteristics in relation to international recommendations, highlighting the need of sub-categories classification, mainly considering the implementation of these data in deterministic and probabilistic analysis of landfill slope stability.

**Keywords:** Sanitary landfill, MSW, shear strength, statistical analysis, reliability.







**AEASC**

APOIO:



**CREA-SP**

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo



ISBN 978 85 5510 053 6



9 788555 100536