

Armando Dias Duarte
(Organizador)

ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 2



Atena
Editora
Ano 2022

Armando Dias Duarte
(Organizador)

ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 2



Atena
Editora

Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia civil: demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Armando Dias Duarte

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia civil: demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 2 / Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0384-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.845221108>

1. Engenharia civil. I. Duarte, Armando Dias (Organizador). II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “*Engenharia civil: Demandas sustentáveis e tecnológicas e aspectos ambientais 2*” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de diversos trabalhos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar, pesquisas cujos resultados possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no profissional.

Os trabalhos desenvolvidos foram realizados em instituições de ensino, pesquisa e extensão localizadas no Brasil. Nos capítulos apresentados, são encontrados estudos de grande valia nas áreas de: materiais da construção civil, análise de estruturas por meio de métodos numéricos, recursos hídricos e gestão. A composição dos temas buscou a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos (as), mestres (as) e todos (as) aqueles (as) que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, através de temáticas atuais com resoluções inovadoras, descritas nos capítulos da coleção. Sendo assim, a divulgação científica é apresentada com grande importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, como a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os (as) novos (as) pesquisadores (as) e os (as) que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulguem seus resultados obtidos.

Armando Dias Duarte

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA EM BAIRRO DE ELEVADO FLUXO DE VEÍCULOS – ESTUDO DE CASO


Eduardo Antonio Maia Lins
Daniele de Castro Pessoa de Melo
Diogo Henrique Fernandes da Paz
Sérgio Carvalho de Paiva
Adriane Mendes Vieira Mota
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha
Luiz Oliveira da Costa Filho
Fábio José de Araújo Pedrosa
Fábio Correia de Oliveira
Rosana Gondim de Oliveira
Fabio Machado Cavalcanti
Maria Clara Pestana Calsa
Fernando Arthur Nogueira Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211081>

CAPÍTULO 2..... 10

ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA RODOVIA PERNAMBUCANA

Eduardo Antonio Maia Lins
Adriana da Silva Baltar Maia Lins
Daniele de Castro Pessoa de Melo
Diogo Henrique Fernandes da Paz
Sérgio Carvalho de Paiva
Adriane Mendes Vieira Mota
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha
Luiz Oliveira da Costa Filho
Fábio José de Araújo Pedrosa
Fábio Correia de Oliveira
Rosana Gondim de Oliveira
Fabio Machado Cavalcanti
Maria Clara Pestana Calsa
Fernando Arthur Nogueira Silva


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211082>

CAPÍTULO 3..... 24

ANÁLISE AMBIENTAL DOS IMPACTOS NEGATIVOS GERADOS POR CEMITÉRIO – ESTUDO DE CASO

Eduardo Antonio Maia Lins
Adriana da Silva Baltar Maia Lins
Daniele de Castro Pessoa de Melo
Diogo Henrique Fernandes da Paz
Sérgio Carvalho de Paiva
Adriane Mendes Vieira Mota


Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha
Luiz Oliveira da Costa Filho
Fábio José de Araújo Pedrosa
Fábio Correia de Oliveira
Rosana Gondim de Oliveira
Andréa Cristina Baltar Barros
Fabio Machado Cavalcanti
Fernando Artur Nogueira Silva
Maria Clara Pestana Calsa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211083>

CAPÍTULO 4..... 36

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICO DO CONCRETO LEVE COM ARGILA EXPANDIDA E
ADIÇÃO DA CINZA DO COCO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO**


João Paulo Monteiro Carvalho
Simone de França Cardoso
Wilson Linhares dos Santos
Mércia Maria Pinheiro Gambarra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211084>

CAPÍTULO 5..... 49

**EFFECT OF BASALT POWDER AND METAKAOLIN FILLERS ON ASPHALT MASTIC
BEHAVIOR**


Ana Luiza Rezende Rodrigues
Rodrigo Pires Leandro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211085>

CAPÍTULO 6..... 63

**MASSA CERÂMICA À BASE DE RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA IMPRESSÃO
3D POR EXTRUSÃO**


Márcia Silva de Araújo
Gabriel Elias Toledo Ferreira
José Alberto Cerri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211086>

CAPÍTULO 7..... 77

**VALORIZATION OF SLATE WASTE TO PRODUCE MATERIALS CERAMICS AND
COMPOSITES**

Luciana Boaventura Palhares
Douglas Filipe Galvão
Tayna E. B. Lucena
Sthefany B. P. da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211087>

CAPÍTULO 8..... 90


AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE PAVERS

PRODUZIDOS COM O USO DE SÍLICA ATIVA

Martônio José Marques Francelino

Fred Rodrigues Barbosa

João Manoel de F. Mota


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211088>

CAPÍTULO 9..... 103

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSA PRODUZIDO COM AGLOMERANTE ÁLCALI-ATIVADO À BASE DE RCV E CINZAS

Otacisio Gomes Teixeira

Mateus Ribeiro Caetano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8452211089>


CAPÍTULO 10..... 113

ASPECTO HISTÓRICO DO PROJETO DO RESERVATÓRIO DO RIO ARICANDUVA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO SOB O ASPECTO HIDROLÓGICO

Ariston da Silva Melo Júnior

Claudia de Oliveira Lozada

João Jorge Pereira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110810>

CAPÍTULO 11..... 125

ANÁLISE ESTRUTURAL DE EDIFICAÇÕES DAS ÁREAS RIBEIRINHAS PÓS DESASTRE: UM OLHAR PARA O BANCO DA VITÓRIA, ILHÉUS-BA

Igor Ângelo Lobão de Souza

Joandre Neres de Jesus

Vanessa Neri de Souza

Kaique Ourives Silva

Ozana Almeida Lessa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110811>

CAPÍTULO 12..... 138

ESTUDO DA CAPACIDADE DE SUPORTE DA PRAIA DO BAIRRO NOVO, OLINDA, PERNAMBUCO

Eduardo Antonio Maia Lins

Daniele de Castro Pessoa de Melo

Diogo Henrique Fernandes da Paz

Sérgio Carvalho de Paiva

Adriane Mendes Vieira Mota

Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha

Luiz Oliveira da Costa Filho

Fábio José de Araújo Pedrosa

Fábio Correia de Oliveira


Rosana Gondim de Oliveira

Fabio Machado Cavalcanti

Maria Clara Pestana Calsa

Fernando Arthur Nogueira Silva

Hugo Vinicius Arruda de Sales

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110812>

CAPÍTULO 13..... 155

TAIPA DE PILÃO: UMA TÉCNICA CONSTRUTIVA COM TERRA

Kauan de Jesus Oliveira

Júlio Coura Diniz

Erick Roberto Campos

Sayonara Espinoza Silva

Samuel Velasques Fernandes de Noronha

João Victor Rech Ruiz da Silva

Muriellen Cristina Cavalheiro da Frota Monteiro

Rafael Luis da Silva

Alex Gomes Pereira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110813>

CAPÍTULO 14..... 165

ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS DE VIGAS EM CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DO SOFTWARE ANSYS

Henrique Cardoso Koch

Bruna Manica Lazzari

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110814>


CAPÍTULO 15..... 214

ANÁLISE NUMÉRICA DE ATERRO TESTE SOBRE SOLO ARGILOSO MUITO MOLE REFORÇADO COM COLUNAS DE BRITA

Pedro Gomes dos Santos Pereira

Bruno Teixeira Lima

Marcus Peigas Pacheco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110815>


CAPÍTULO 16..... 225

ANÁLISE ESTRUTURAL ELÁSTICA LINEAR DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO POR DIFERENTES MODELOS DE CÁLCULO: UM ESTUDO DE CASO

Ray Calazans dos Santos Silva

Luan Reginato

José Anchieta Damasceno Fernandes Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110816>

CAPÍTULO 17..... 241

GERENCIAMENTO, CONTROLE E APLICAÇÃO DO MÉTODO - *LEAN CONSTRUCTION* NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Diego Ramos de Melo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84522110817>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 255

ÍNDICE REMISSIVO..... 256

ANÁLISE ESTRUTURAL ELÁSTICA LINEAR DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO POR DIFERENTES MODELOS DE CÁLCULO: UM ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 01/08/2022

Data de submissão: 29/06/2022

Ray Calazans dos Santos Silva

Departamento de Engenharia de Estruturas –
EESC/USP
São Carlos – SP
<http://lattes.cnpq.br/5372629655559184>

Luan Reginato

Departamento de Engenharia de Estruturas –
EESC/USP
São Carlos – SP
<http://lattes.cnpq.br/2208311458254148>

José Anchieta Damasceno Fernandes Neto

Departamento de Engenharia de Estruturas –
EESC/USP
São Carlos – SP
<http://lattes.cnpq.br/0963488049079438>

RESUMO: A análise estrutural é uma das etapas mais importantes de um projeto estrutural, nela são identificados os esforços e deslocamentos de uma estrutura. Dentre os modelos lineares elásticos de análise estrutural utilizados no meio técnico, temos: viga contínua, pórtico por pavimentos isolados, pórtico plano e pórtico espacial. Sabe-se que o modelo de pórtico espacial é o mais preciso que dispomos atualmente. Por isso, este trabalho avalia a influência que a metodologia de cálculo empregada exerce sobre os valores dos momentos fletores em vigas de concreto armado. Para isso, uma edificação padrão foi analisada pelos quatro modelos estudados, e os esforços

obtidos por cada um deles foi comparado com o modelo mais realista, o de pórtico espacial. Afim de verificar a importância da consideração de esforços horizontais na formulação dos modelos, o edifício analisado teve seu número de pavimentos variado de onze até três. Os modelos de viga contínua e pórtico plano foram modelados com o auxílio do software livre FTOOL v.3.01, já os modelos de pavimentos isolados e pórtico espacial foram modelados no software comercial EBERICK v.8. As recomendações normativas brasileira foram atendidas. Os resultados obtidos para os modelos de viga contínua, pavimentos isolados e pórtico plano mostram grande discrepância em relação ao pórtico espacial. Quando a altura da edificação é diminuída, as discrepâncias reduzem, mas não atingem um nível satisfatório. Com isso, é possível concluir que, as simplificações adotadas por cada modelo conduzem a resultados não condizentes com a realidade na maioria dos casos. Portanto, tais modelos devem ser usados com cautela.

PALAVRAS-CHAVE: Análise estrutural, viga contínua, pórtico plano, pavimentos isolados, pórtico espacial.

LINEAR ELASTIC STRUCTURAL ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BEAMS BY DIFFERENT CALCULATION MODELS: A CASE STUDY

ABSTRACT: A structural analysis is one of the most important stages of a structural design, as the movements and displacements of a structure are identified. Among the linear elastic structural analysis models used in the technical area, we have: continuous beam, isolated floor,

plane frame and space frame. It is known That is the most accurate space frame model that exists currently. Therefore, this work evaluated the influence of the calculation methodology employed on the bending moment values in reinforced concrete beams. For this, a standard building was analyzed by the four models studied, and the efforts obtained by each one of them were compared with the most realistic model, the space frame model. In order to verify the importance of the consideration of horizontal efforts in the formulation of the models, the analyzed building had its number of floors varied from eleven to three. The continuous beam and plane frame models were modeled with the help of free software FTOOL v.3.01, while the isolated floor and space frame models were modeled in the commercial software EBERICK v.8. Brazilian normative recommendations were met. The results obtained for the continuous beam models, isolated floor and plane frame show great discrepancy in relation to the space frame. When the height of the building is decreased, as reduces discrepancies, but does not reach a satisfactory level. With this, it can be concluded that as simplifications adopted for each model led to results not consistent with reality in most cases. Therefore, these models should be used with caution.

KEYWORDS: Structural analysis, Continuous beam model, Isolated floor, Plane frame, Space frame.

1 | INTRODUÇÃO

A análise estrutural é a etapa do projeto estrutural em que se busca relacionar as ações externas atuantes com as respostas do corpo, tais como: deslocamentos, esforços internos e tensões. Um modelo estrutural busca simular a estrutura física matematicamente, afim de se obter respostas que expressem o comportamento o mais próximo possível da realidade. O engenheiro tem a responsabilidade de conceber esse modelo, considerando as ações externas estabelecidas a partir de normas e com as aproximações pertinentes, para que após a determinação de seu comportamento realize-se a análise crítica (SORIANO, 2006).

Nos últimos anos é possível perceber a evolução nos *softwares* de cálculo estrutural, tanto na velocidade de processamento quanto na implantação de modelos estruturais mais realistas. Projetos que antes eram realizados por grupos de engenheiros, meses de trabalho manual com auxílio de ábacos e régua de cálculo, hoje são realizadas em poucos dias com o uso de um computador e um número menor de engenheiros, um grande ganho de produtividade. Entretanto, o uso desses programas de cálculo estrutural se tornou comum por usuários não capacitadas, que confundem o papel do software, que é de auxiliar o engenheiro e não de substituí-lo (KIMURA, 2007).

Como destacado no trabalho de FONTES (2005), os conceitos relacionados à análise estrutural têm assumido maior importância no crescente mercado de programas comerciais. O negligenciamento desse conhecimento prévio pode acarretar em erros grotescos, que em algum momento pode levar a estrutura à ruína, como no caso do edifício Real Class, em Belém-PA, que deixou três mortes. Segundo RIBEIRO & OLIVEIRA (2018),

um dos motivos do acidente foi a não consideração dos esforços horizontais do vento no modelo estrutural empregado pelo calculista, que utilizou um software comercial.

É sabido que os softwares de cálculo estrutural são de elevado custo. Muitas das vezes o engenheiro não possui o capital ou não acha necessário o investimento. Como alternativa, surgem os modelos de cálculo que permitem o cálculo manual, automatizado (planilhas eletrônicas) e com auxílio de softwares de análise estrutural com versões livres, tal como o FTOOL v.3.01. O FTOOL é um software de análise estrutural de estruturas reticuladas no plano bastante difundido no meio acadêmico devido a sua simplicidade de utilização, com interface gráfica bastante intuitiva e resultados precisos.

Os modelos de cálculo antigos como o de viga contínua, pavimentos isolados e pórtico plano já foram usados por muito tempo e possuem validade para determinados casos, mesmo com suas hipóteses simplificadoras. Por isso, no presente trabalho, serão realizadas e comparadas análises elásticas lineares dos momentos fletores de vigas através de quatro modelos de cálculo que são ou já foram bastante utilizados, sendo eles: viga contínua, pavimentos isolados, pórticos planos e pórtico espacial. Primeiramente será tomado como base um edifício residencial de 11 pavimentos e depois serão reduzidos o número de pavimentos afim de verificar a concordância dos modelos para edificações baixas. Os cálculos serão realizados manualmente e com auxílio dos *softwares* FTOOL v.3.01 e comparados com o software comercial EBERICK v.8.

Os modelos de viga contínua e pavimentos isolados não consideram esforços horizontais em suas formulações. Neste trabalho esses modelos serão utilizados para analisar a influência que os esforços horizontais têm nos esforços internos, especificamente nos momentos fletores, com o intuito de mostrar o risco que se assume ao utilizar tais modelos, ficando restritos para análises bem específicas.

Assim, a fim de validar o cálculo manual destes modelos usados há muitos anos e levando em consideração o aporte financeiro necessário para dispor de softwares de cálculo, este trabalho foi executado de maneira a dar suporte a todos os engenheiros.

2 | MODELOS DE CÁLCULO

2.1 Viga Contínua

O modelo de viga contínua é adequado para análise de carregamentos essencialmente verticais. A viga é considerada como uma barra geral simplesmente apoiada em pontos que representam o pilar. As forças são aplicadas em seu plano. Os momentos fletores e os esforços cortantes são os esforços predominantes. A torção não é considerada, já que atua em um plano perpendicular ao da viga. Os esforços normais são geralmente desprezados (FONTES, 2005).

No modelo clássico de viga contínua os elementos estruturais (vigas, pilares e lajes) são tratados de formas isoladas, seguindo o seguinte raciocínio: a laje é carregada e suas

reações carregam as vigas, que por seguinte descarregam nos pilares. Os apoios são todos considerados simples, ou seja, sem a transferência de momentos. Como é visto na Figura 1, é um modelo bastante simples e fácil de perceber o caminho que as cargas percorrem, porém no modelo real a estrutura é monolítica e seus elementos não podem ser separados, pois cada um exerce influência no outro. Portanto, tendo em vista as limitações e simplificações adotadas, este modelo deve ser utilizado com algumas ressalvas.

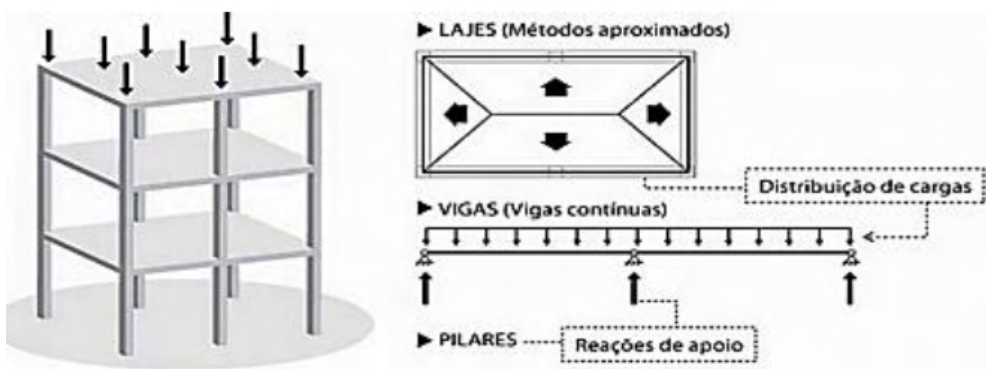


Figura 1 – Procedimento de cálculo para vigas contínuas (KIMURA (2007))

O modelo clássico de viga contínua considera a viga simplesmente apoiada nos pilares sem a consideração da solidariedade ou transmissão de momentos entre esses elementos. No entanto, isso não acontece na realidade e só pode ser utilizado para certos apoios. Por isso, a NBR 6118 (ABNT, 2014), no item 14.6.6.1, diz que o modelo clássico de viga contínua pode ser utilizado para o estudo das cargas verticais, observando-se a necessidade das seguintes correções adicionais:

- a) não podem ser considerados momentos positivos menores que os que se obteriam se houvesse engastamento perfeito da viga nos apoios internos;
- b) quando a viga for solidária com o pilar intermediário e a largura do apoio, medida na direção do eixo da viga, for maior que a quarta parte da altura do pilar, não pode ser considerado o momento negativo de valor absoluto menor do que o de engastamento perfeito nesse apoio;
- c) Quando não for realizado o cálculo exato da influência da solidariedade dos pilares com a viga, deve ser considerado, nos apoios extremos, momento fletor igual ao momento de engastamento perfeito multiplicado pelos coeficientes estabelecidos na Tabela 1, e conforme esquema da figura 2:

Viga	Tramo superior do pilar	Tramo Inferior do pilar
$\frac{r_{sup}}{r_{inf} + r_{sup} + r_{vig}}$	$\frac{r_{sup}}{r_{inf} + r_{sup} + r_{vig}}$	$\frac{r_{inf}}{r_{inf} + r_{sup} + r_{vig}}$

Tabela 1- Coeficientes para solidarização.

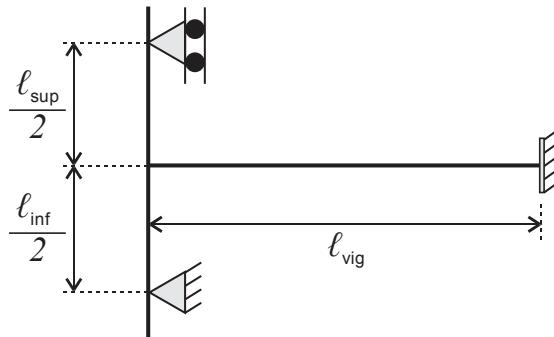


Figura 2- Esquema estrutural aproximação em apoios extremos

Sendo:

$$r_i = \frac{I_i}{L_i} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde r_i é a rigidez do elemento i no nó considerado; I_i é o momento de inércia do elemento; L_i é o vão do elemento no tramo.

Esse modelo de análise estrutural só leva em conta as cargas verticais, não considerando os efeitos provocados por carregamentos horizontais, como o vento, desaprumo, empuxo e etc. Na realização de projetos de engenharia não é recomendado o uso isolado deste modelo, servindo apenas para a validação de alguns resultados (KIMURA, 2007).

2.2 Pórticos Planos

Os pórticos planos são formados por elementos lineares contidos num mesmo plano, sendo estes elementos: as vigas, os pilares e possíveis tirantes. No plano do pórtico, atuam as forças e os deslocamentos, já no plano normal atuam os momentos fletores (FONTES, 2005). Os momentos de torção não são considerados, já que atuam no plano da seção transversal dos elementos. O esquema estrutural é mostrado na figura 3.

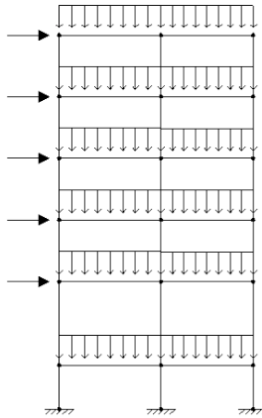


Figura 3- Pórtico plano.

Com o modelo de pórticos planos é possível fazer análises tanto para ações verticais, quanto para ações horizontais, neste modelo é possível prever a ação do vento e desaprumo nas estruturas e também a consideração da rigidez das ligações viga-pilar.

2.3 Pavimentos Isolados

O modelo de pórtico por pavimentos isolados considera de forma mais precisa em relação ao de viga contínua as respostas às ações verticais nos edifícios, pois leva em consideração a transmissão dos esforços entre os pilares e a viga que constituem o pórtico, representando de forma mais realista a estrutura. Os esforços que são analisados neste modelo são os momentos fletores, esforço cortante e esforço normal (FONTES, 2005).

Este modelo trata o edifício como se fosse formado por pórticos planos isolados em cada pavimento, iniciando da cobertura até o pavimento térreo, os pórticos são calculados separadamente, onde os esforços de reação do pórtico superior são transmitidos para o pórtico inferior. Para isso os pilares inferiores são considerados engastados e os pilares superiores responsáveis por receber os esforços do pavimento acima, são considerados com a extremidade livre, como pode ser visto na Figura 4.

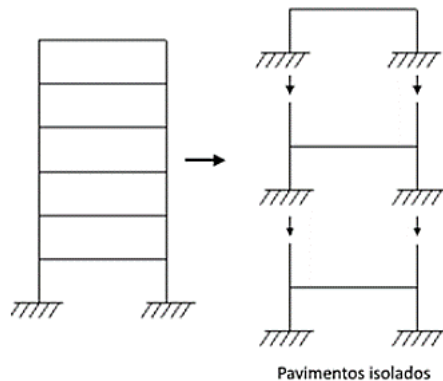


Figura 4- Modelo de Pavimentos Isolados (MANUAL EBERICK (2019))

Devido a sua simplificação na implementação computacional e na análise de resultados, esse modelo foi utilizado por muito tempo nos programas de cálculo, porém deve ser levado em conta que seus resultados diferem do modelo de pórtico plano completo, pois não consideram os esforços horizontais. O pórtico de pavimentos isolados é válido somente para edifícios que não tenham predominância de esforços de torção e ações horizontais. Por estes e outros motivos, esse modelo não é recomendado pela NBR 6118 (ABNT, 2014).

2.4 Pórtico Espacial

O modelo de pórtico espacial possibilita uma análise tridimensional, onde nessa análise é possível receber ações em quaisquer direções e obter os esforços e deslocamentos no espaço (Figura 5). A interação entre os elementos de lajes, pilares e vigas são levadas em conta, gerando um modelo mais completo e que representa de uma forma mais fidedigna o modelo real. Com essas melhorias em relação ao pórtico plano, é possível levar em consideração a ação de forma simultânea dos esforços horizontais e verticais nos elementos, até em edifícios com assimetria.

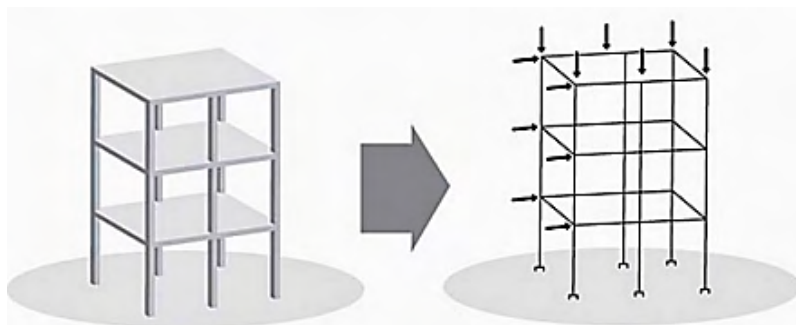


Figura 5- Pórtico Espacial (KIMURA (2007))

Os pórticos espaciais, assim como os pórticos planos, são formados por elementos lineares com ligações rígidas, semi-rígidas ou flexíveis. Uma melhor modelagem é alcançada com a inserção de trechos rígidos nas ligações entre as barras (CORRÊA, 1991).

Com os ganhos de precisão que advieram com esse modelo, também surgiram maiores complexidade nos cálculos, já que no modelo espacial existem 6 graus de liberdade por nó, sendo três translações e três rotações, que permitem a obtenção dos esforços normais, cisalhamento, momento fletor e momento torsor. Tendo em vista a inviabilidade do cálculo manual, o pórtico espacial só é possível graças aos avanços computacionais, que permitiram a implantação de grandes cálculos matriciais.

Ressalta-se que quando se dispõe de ferramenta computacional para a análise, o modelo de pórtico espacial deve ser empregado pelo projetista, pois avalia o comportamento da estrutura de forma mais realista. Devido a sua precisão e ganho de produtividade este modelo é o mais utilizado atualmente nos escritórios de cálculo (KIMURA, 2007).

3 | EDIFÍCIO

Para a realização do estudo é utilizado o projeto estrutural de um edifício residencial em concreto armado de 11 pavimentos, adaptado de ARAÚJO (2010), sendo composto por um térreo, nove pavimentos-tipo e a cobertura. O pavimento-tipo é mostrado na planta baixa (Figura 6).

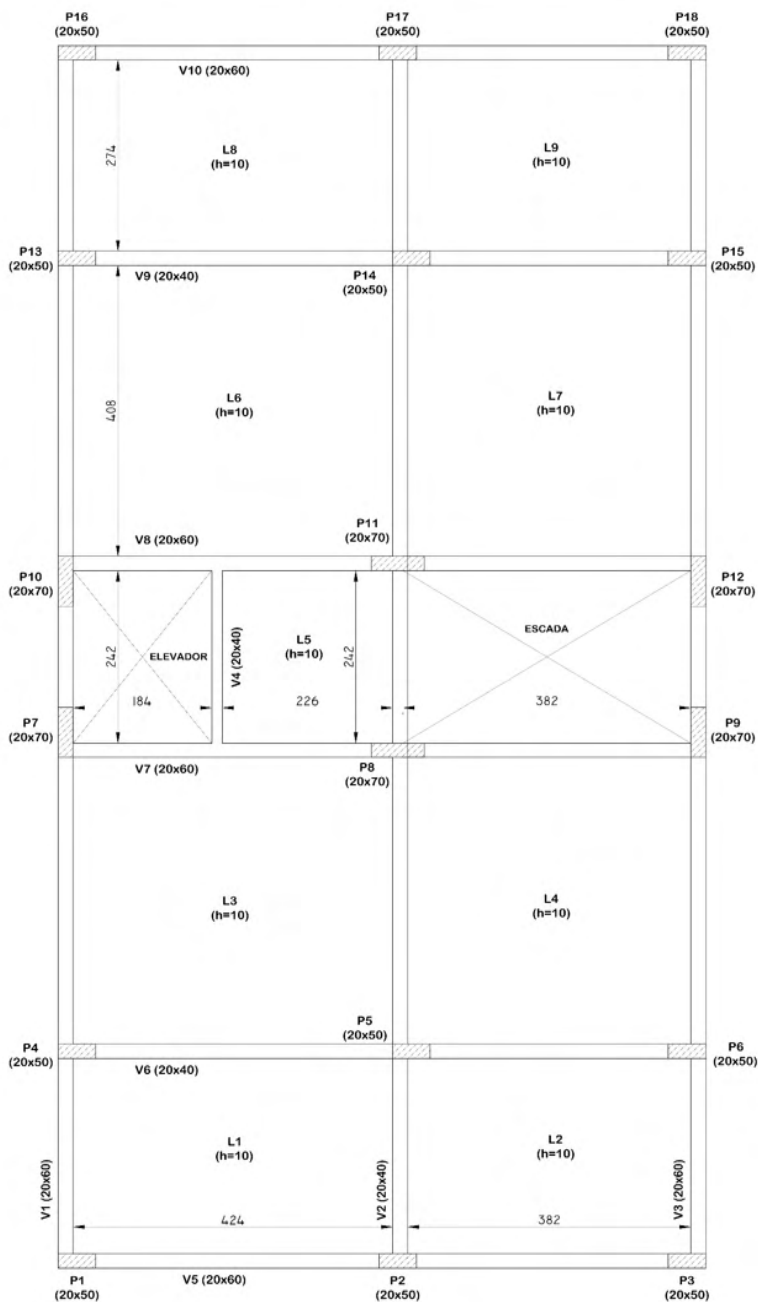


Figura 6- Planta baixa

3.1 Material

No trabalho é utilizado um concreto com $f_{ck} = 35$ MPa, confeccionado com um

agregado graúdo de granito. Na determinação do módulo de elasticidade do material foram seguidas as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014) e os parâmetros utilizados podem ser vistos na tabela 2.

f_{ck} (MPa)	35
α_E	1
α_i	0,8875
E_{ci} (MPa)	33130
E_{cs} (MPa)	29400

Tabela 2 - Propriedades do concreto.

3.2 Ações na Estrutura

3.2.1 Ações Horizontais

As ações horizontais que atuam nesta estrutura são provenientes do vento e do desaprumo. O cálculo desses esforços é feito segundo as prescrições da NBR 6123 (ABNT, 1988) e da NBR 6118 (ABNT, 2014). O edifício é considerado de seção constante e o vento de baixa turbulência. Salienta-se que nas análises onde varia-se o número de pavimentos, os coeficientes de arrasto são recalculados, assim como para cada direção de ação do vento.

A força de arrasto do vento é dada por:

$$F_a = C_a \cdot q \cdot A \quad (\text{Equação 2})$$

Onde C_a é o coeficiente de arrasto, que é determinado de acordo com a Tabela 10 da NBR 6123 (ABNT, 1988); A é a área de influência do pavimento, obtida pelo produto da altura de piso a piso com a largura do edifício perpendicular à ação do vento.; q é a pressão dinâmica do vento dado pela Equação 3.

$$q = 0,613 \cdot V_k^2 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde V_k é a velocidade característica do vento dada por:

$$V_k = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot V_0 \quad (\text{Equação 4})$$

Os valores de V_0 e dos coeficientes assumidos são mostrados na Tabela 3.

Descrição		Valor adotado
V_0	Velocidade básica do vento: Adotado para a cidade de Aracaju/ SE com valor determinado através do mapa de isopletras.	30 m/s
S_1	Fator topográfico: Adotado um terreno situado em um local plano.	1,0
S_2	Fator que leva em consideração a rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura da incidência do vento: Para a rugosidade foi adotado a categoria IV (Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados), para as dimensões da edificação foi adotado Classe A quando a máxima dimensão da edificação for menor que 20 m e Classe B quando for maior, e a altura de incidência do vento é analisado em cada altura do pavimento (z).	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Classe A: } 0,86 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,120} \\ \text{Classe B: } 0,833 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,125} \end{array} \right.$
S_3	Fator que leva em consideração o uso da edificação e sua vida útil: o valor adotado foi para edificações para hotéis e residências	1,0

Tabela 3- Valores adotados segundo a NBR 6123 (ABNT, 1988) para o cálculo da velocidade do vento.

Ainda segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), devem ser considerados os esforços causados pelo desaprumo, tais esforços podem ser mensurados por ações laterais equivalentes, de acordo com a Equação 5.

$$D = P_{ki} \cdot \theta_a \quad (\text{Equação 5})$$

Onde, D é a força lateral equivalente ao desaprumo, P_{ki} é o valor característico da carga total de cada pavimento e θ_a o ângulo de desaprumo.

O ângulo de desaprumo deve ser calculado para cada direção, em função do número n de prumadas de pilares, da altura total do edifício H e do ângulo θ_1 , através das Equações 6 e 7.

$$\frac{1}{300} \leq \theta_1 = \frac{1}{100 \cdot \sqrt{H}} \leq \frac{1}{200} \quad (\text{Equação 6})$$

$$\theta_a = \theta_1 \sqrt{\frac{1+1/n}{2}} \quad (\text{Equação 7})$$

A NBR 6118 (ABNT, 2014) permite considerar somente o vento atuante se o desaprumo for equivalente a menos que 30% do mesmo. Como neste trabalho o desaprumo não supera os 30% do vento em nenhuma das direções, serão consideradas apenas ações horizontais devido ao vento.

3.2.2 Ações Verticais

As ações verticais são obtidas como recomenda a NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 6120 (ABNT, 1980). Na determinação do carregamento advindo das lajes é adotado o método das charneiras plásticas.

Os carregamentos atuantes na viga V5 são mostrados na Tabela 4.

Viga V5=V10					
Trecho	Lajes	Peso Próprio	Parede	Escada	Total (kN/m)
1	3,55	3	4,1	0	10,65
2	3,35	3	4,1	0	10,45

Tabela 4 - Carregamento da Viga V5

4 | RESULTADOS

Os resultados analisados em todos os modelos são os obtidos para o pavimento térreo. Essa escolha se deu após uma análise de todas as combinações de ações no modelo de pórtico espacial, onde é visto que as maiores magnitudes de momentos fletores para elementos lineares encontram-se nesse pavimento.

As combinações das ações utilizadas para os modelos seguiram as prescrições normativas, onde foram determinadas as combinações críticas para cada modelo. Para os modelos de viga contínua e pavimentos isolados foi utilizado de $1,4G+1,4Q$. Já para os modelos de pórtico plano e pórtico espacial, os quais preveem as ações horizontais, foi de $1,4G+1,4V+0,7Q$. Onde G representa as cargas permanentes, Q as cargas de sobrecargas e V a ação do vento.

Nos resultados também são estudados até que ponto o número de pavimentos influencia na precisão entre os modelos. Para isso, o edifício em estudo teve seu número de pavimentos analisados variando de onze até três.

Devido à grande quantidade de vigas estudadas, são mostrados nos resultados somente a viga V5 (simétrica a V10), pois apresenta comportamento similar aos demais.

4.1 Resultados para o edifício com 11 pavimentos

A Figura 7 mostra os resultados dos momentos fletores na viga V5 obtidos pelos diferentes modelos de cálculo. Neste gráfico consta apenas a viga V5.

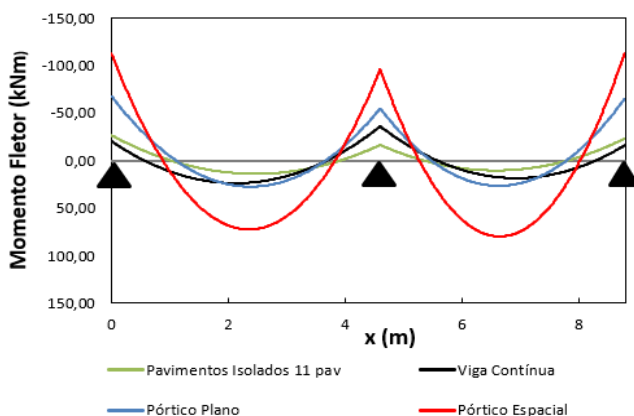


Figura 7- Diagramas de momento fletor da viga V5 para 11 pavimentos.

Os valores dos momentos obtidos pelos modelos estudados são bastante discrepantes em relação ao do pórtico espacial, chegando em até 87% de diferença quando calculado por pavimentos isolados. O modelo de pórtico plano é o que mais se aproxima com uma diferença de até 62%, porém ainda é insatisfatório. Por fim, no modelo de viga contínua as diferenças chegam em até 85%.

Os fatores que influenciam esses resultados serão discutidos no próximo tópico, quando os esforços horizontais serão reduzidos gradualmente com a diminuição da altura da edificação. Com isso, os esforços verticais se tornam preponderantes em todos os modelos. Assim, outros parâmetros podem ser discutidos.

4.2 Resultados variando-se o número de pavimentos do edifício

Após realizar sucessivas análises em que o número de pavimentos do edifício padrão variou de 11 a 3, foram determinadas envoltórias de momento fletor para cada um dos modelos. Os gráficos foram obtidos por meio de interpolações polinomiais, em que os nós de interpolação são os valores dos momentos nos apoios e meio do vão.

4.2.1 Modelo de Viga Contínua x Pórtico Espacial

No modelo de viga contínua percebe-se que quanto menor o número de pavimentos, mais próximo os resultados obtidos ficam dos encontrados através do pórtico espacial, conforme figura 8. Os momentos positivos no meio do vão chegam a atingir valores satisfatórios para o edifício com três pavimentos, enquanto os negativos chegam a ficar muito próximos, mas não suficientemente.

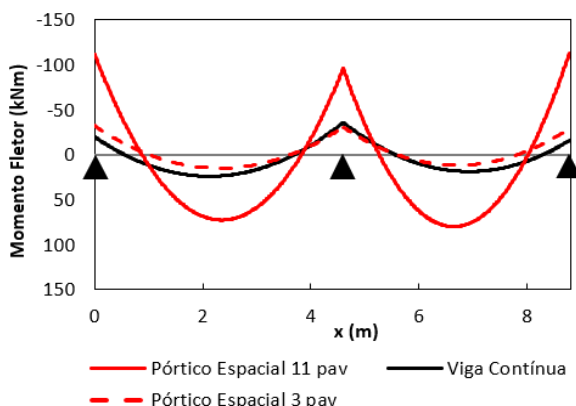


Figura 8-Diagrama de momento fletor da viga V5: viga contínua x pórtico espacial

Destaca-se que os esforços obtidos por meio do modelo de viga contínua não dependem da altura da edificação, permanecendo inalterados com a variação da quantidade

de pavimentos. A divergência entre as respostas dos modelos deve-se, principalmente, pela não consideração dos esforços horizontais na formulação do modelo viga contínua. Percebe-se que quando estes esforços têm sua importância reduzida (edificações baixas), as respostas tendem a ficar próximas. Um outro fator, não menos importante, é que no modelo de viga contínua não se considera a rigidez de forma exata nas ligações viga-pilar, prejudicando na análise dos momentos negativos.

4.2.2 Modelo de Pavimentos Isolados x Pórtico Espacial

Os diagramas de momento fletor obtidos para os modelos de pavimentos isolados e pórtico espacial são mostrados na Figura 9. Neste gráfico é possível notar a proximidade entre os diagramas dos dois modelos para o edifício de três pavimentos. Novamente isso acontece porque o efeito da ação do vento é menor em edificações baixas e o modelo de pavimentos isolados não considera essa ação em sua formulação, fazendo com que em edificações maiores a diferença entre os modelos seja gritante.

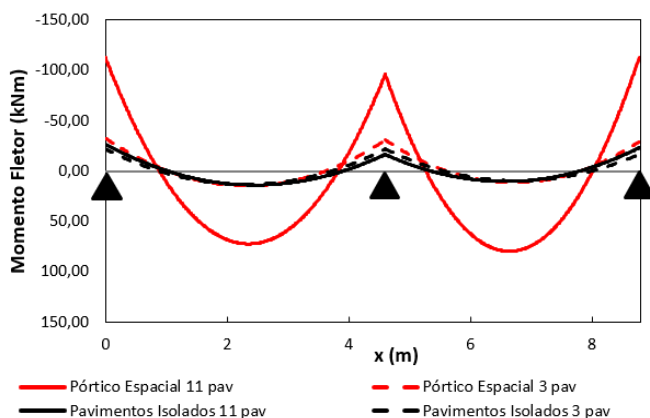


Figura 9-Diagrama de momento fletor da viga V5: pavimentos isolados x pórtico espacial

Há uma leve melhora no desempenho deste modelo em relação ao de viga contínua. Pois, além dos momentos positivos serem satisfatórios, os momentos negativos estão muito próximos (menos que 4%) em relação ao modelo padrão para três pavimentos. Isso ocorre devido a consideração da rigidez da ligação viga-pilar neste modelo.

4.2.3 Modelo de Pavimentos Isolados x Pórtico Espacial

Ao compararmos o modelo de pórtico plano com o pórtico espacial, observa-se comportamento similar aos demais casos, ou seja, quando é diminuída a quantidade de pavimentos, os resultados se aproximam. Nos edifícios de poucos pavimentos estudados, o pórtico plano teve bons resultados, isso é: momentos fletores positivos e negativos muito

próximos do modelo padrão de análise, como mostra a Figura 10.

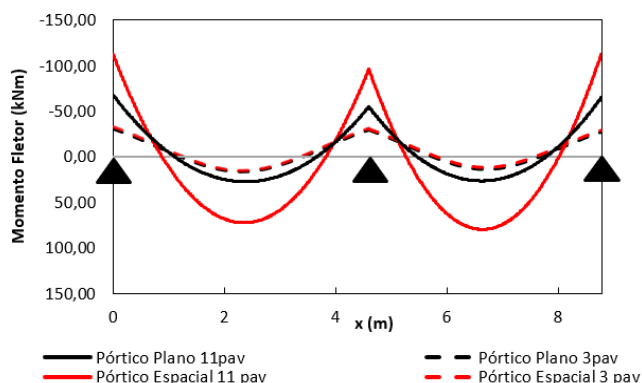


Figura 10-Diagrama de momento fletor: pórtico plano x pórtico espacial

O modelo de pórtico plano é o que apresenta os resultados mais próximos ao modelo pórtico espacial, porém ainda insatisfatórios quando aplicado em edificações altas. Em sua formulação é considerada a ação de esforços horizontais e a rigidez das ligações viga-pilar. Entretanto, por ser formulado no plano, não leva em consideração a interação entre pórticos de planos concorrentes, pois é sabido que há uma interação entre os momentos fletores e torsores nos nós compartilhados por esses pórticos, acarretando uma condição de equilíbrio nodal complexa e de difícil modelagem matemática através apenas de pórticos planos.

5 | CONCLUSÕES

Este trabalho se propôs a analisar a influência que o modelo de cálculo empregado exerce sobre os resultados de momentos fletores em vigas de concreto armado de um edifício. Em todos os modelos foram seguidas as recomendações normativas pertinentes. O modelo de viga contínua apresentou os piores resultados, seguido dos modelos de pavimentos isolados e pórticos planos, nessa mesma ordem de precisão.

Ao variar o número de pavimentos, era esperado que os modelos de cálculo fossem se tornando apropriados, ou seja, tivessem esforços maiores ou muito próximos do pórtico espacial, configurando uma condição a favor da segurança. No entanto, novamente observou-se o mesmo desempenho contra a segurança entre os modelos.

Nos edifícios mais baixos foi constatado que os momentos fletores positivos atingem resultados satisfatórios em todos os modelos estudados. Enquanto que para os momentos negativos o mesmo não acontece, justamente pelo fato de ocorrerem no nó de ligação viga-pilar, onde há uma condição sofisticada de equilíbrio.

Os modelos de viga contínua e pavimentos isolados ficaram muito distantes do modelo pórtico espacial na maioria das análises, evidenciando que a não consideração de esforços horizontais oferece um risco a integridade estrutural, pois na maioria dos casos subestimaram os momentos positivos e em todos os casos subestimaram os momentos negativos. Por fim, alerta-se que esses modelos não devem ser os únicos utilizados em projetos estruturais, necessitando de um modelo complementar para análise de esforços horizontais.

Desta forma, conclui-se que o conhecimento dos modelos de cálculo mais simples é imprescindível para a formação do engenheiro, pois com estas metodologias é possível compreender de forma simplificada o comportamento de uma estrutura. Contudo, seu uso deve ser feito de forma cuidadosa, sendo válido para uma estimativa da ordem de grandeza dos esforços, mas com aplicação direta muito restrita em projetos estruturais.

REFERÊNCIAS

ALTOQI TECNOLOGIA EM INFORMÁTICA LTDA. **Manual do Eberick** - Suporte online. Florianópolis, SC, 2019. Disponível em: <http://faq.altoqi.com.br/category/3/eberick.html>> Acessado dia 01/05/2019.

ARAÚJO, José Milton de. **Projeto estrutural de edifícios de concreto armado**. 2º ed. 2º Reimpressão. Rio Grande do Sul: Dunas, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-6120**- Cargas para o cálculo de estruturas de edificação. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-6123**- Forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

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

CORRÊA, Márcio Roberto Silva. **Aperfeiçoamento de modelos usualmente empregados no projeto de sistemas estruturais de edifícios**. 342 p. Tese Doutorado- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1991.

FONTES, F. F.. **Análise estrutural de elementos lineares segundo a NBR 6118:2003**. 120p. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2005.

KIMURA, A.. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado: cálculos de edifícios com o uso de sistemas computacionais**. v.1, 1º ed. São Paulo: Pini, 2007.

OLIVEIRA, D. R. C. D.; RIBEIRO, R. J. D. C. **The Collapse of Real Class building**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, Volume 11, nº 2, p. 357-388. 2018.

SORIANO, H. L.; LIMA, S. S.. **Análise de estruturas – Método das forças e método dos deslocamentos**. 2º ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidez 1, 2, 5, 6, 7, 8, 33

Agregado miúdo 36, 45, 46, 47, 97, 105, 107, 112

Álcali-ativado 103, 109, 110, 111

Análise por elementos finitos 165, 186

ANSYS 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177, 178, 180, 184, 185, 186

Argamassa 65, 88, 94, 97, 102, 103, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112

Asphalt mastic 49, 50, 51, 55, 61, 62

Asphalt mixture 49, 50, 51, 52, 53, 60

B

Benefícios 10, 11, 37, 93, 94, 163, 248

Binder 49, 50, 51, 52, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 76, 103, 104, 112

C

Cerâmica vermelha 65, 75, 103, 104, 105, 111, 112

Characterization 53, 54, 76, 77, 79, 81, 83, 85, 89

Civil construction 2, 77, 79, 80, 86, 87, 103, 104, 155, 156, 241

Coco 36, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48

Concreto 28, 36, 38, 39, 45, 46, 47, 65, 76, 88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 98, 101, 102, 104, 113, 121, 126, 131, 137, 159, 162, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 190, 195, 207, 208, 210, 211, 213, 216, 218, 220, 221, 223, 225, 232, 233, 234, 239, 240

Construção civil 1, 7, 8, 37, 47, 63, 65, 75, 89, 103, 104, 105, 111, 137, 155, 163, 165, 241, 242, 243, 245, 249, 251, 252, 253, 254

Contaminação 2, 6, 10, 24, 25, 26, 32, 34, 152

D

Danos 10, 13, 15, 18, 24, 125, 130, 134, 136, 137

Densidade 17, 115, 117, 121, 128, 138, 139, 140, 152

E

Enchente 125, 127, 128, 129, 131, 133, 134, 135

Estrada 10, 21, 135

F

Filler 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 84, 93, 95

G

Gerenciamento de riscos 125

H

Hidráulica 113, 124

Hidrologia 23, 113

I

Impactos 1, 3, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 37, 104, 125, 127, 130, 135, 138, 140

Impressão 3D 63, 65, 66, 68, 74

Inundação 113, 130, 135

J

Jazigos 25, 27, 28, 29

L

Litoral 6, 138, 153

M

Manufatura aditiva 63

Massa cerâmica 63, 73

Matriz 10, 11, 12, 13, 22, 24, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 65, 97, 159

Meio ambiente 2, 11, 14, 19, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 103, 137, 139, 152, 153, 163

N

New materials 77

P

Patologia da construção 125

Pavimento intertravado 90, 91, 92, 96, 102

Piscinão 113

Poluição 2, 6, 14, 22, 24, 25, 26, 28, 32, 34, 37, 145

População 10, 13, 14, 15, 17, 21, 25, 26, 33, 35, 118, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 150, 152, 153

Precipitação 1, 2, 3, 4, 116, 129

Pressão 24, 27, 32, 68, 138, 152, 234

Processing 77, 78, 79, 80, 88, 89

R

RCC 63, 65

Resíduo de construção civil 63

Resistência à compressão 36, 39, 46, 47, 63, 65, 69, 70, 71, 90, 92, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 161

Riscos 15, 17, 24, 25, 30, 32, 33, 125, 127, 128, 136

S

Saúde 5, 8, 17, 24, 25, 26, 29, 30, 34

Sílica ativa 90, 93, 95, 96, 97, 99, 101

Slate waste 77, 80, 82, 83, 84, 87, 89

Soluções construtivas 63, 155

Sustentabilidade 102, 103, 137, 152, 163, 255

T

Taipa de pilão 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 164

V

Variáveis 10, 12, 48, 165, 166, 169, 172, 174


Vigas em concreto armado 165, 168, 174


ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 





Atena
Editora


Ano 2022


ENGENHARIA CIVIL:

Demandas sustentáveis e
tecnológicas e aspectos ambientais 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 




Atena
Editora

Ano 2022