

## **DESENVOLVIMENTO DE PÓRTICOS EM EPS COM LIGAÇÕES RÍGIDAS E ROTULADAS PARA AUXILIAR NA COMPREENSÃO DE CONCEITOS FUNDAMENTAIS RELACIONADOS A ESTABILIDADE GLOBAL DAS ESTRUTURAS**

*Adysson André Fortuna de Souza – adyssonandre@hotmail.com*  
*Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil*  
*Endereço: Av. Adélia Franco, nº2665, Bairro Grageru*  
*CEP: 49027-010 – Aracaju – Sergipe*

*Jeisiane Santos Andrade – jeisianeandrade@gmail.com*  
*Centro Universitário Ages, Colegiado de Engenharia Civil*  
*Endereço: Rua Carlos Aleluia nº 271, Centro*  
*CEP: 48435-000 – Adustina – Bahia*

*Alisson Carvalho Pimentel de Santana – alissoncarvalho56@gmail.com*  
*Centro Universitário Ages, Colegiado de Engenharia Civil*  
*Endereço: Tv. Major José Justino das Virgens nº 131*  
*CEP: 48430-000 – Paripiranga – Bahia*

*Joice Santos Neres – joicesneress@gmail.com*  
*Centro Universitário Ages, Colegiado de Engenharia Civil*  
*Endereço: Rua José Batista Nere nº 147*  
*CEP: 49400-000 – Lagarto – Sergipe*

*Eduardo Alves de Jesus – eduardoppa014@gmail.com*  
*Centro Universitário Ages, Colegiado de Engenharia Civil*  
*Endereço: Rua Santa Barbara nº 57*  
*CEP: 49400-000 – Coronel João Sá – Bahia*

**Resumo:** *A evasão dos cursos superiores de Engenharia Civil tem relação com os métodos didáticos aplicados ou inexistentes, esse fato revela que o docente enquanto educador tem função de ajudar a aprimorar os métodos de ensino, de modo a cativar e promover maior assimilação dos conteúdos aplicados em sala. Este trabalho tem como objetivo, confeccionar e aplicar modelos de pórticos para maior desempenho qualitativo da aprendizagem dos alunos de uma instituição particular no interior baiano. A metodologia aplicada consiste na visualização do comportamento real dos efeitos ocorridos nos sistemas estruturais, dentre eles, estabilidade global e ação dos ventos. A conclusão pós aplicação do método, avaliado por meio de questionário aos estudantes promove o êxito dos objetivos propostos.*

**Palavras-chave:** *Estabilidade Global. Ligações. Visualização.*

## 1 INTRODUÇÃO

Ao se observar a evasão nos cursos de ensino superior, o de engenharia tem índice superior a muitos outros cursos de ciências exatas. Para Botelho e Marchetti (2015), um dos principais incentivadores a mudança e evasão das salas de engenharia estão na didática, ou falta dela aplicada. A pauta em questão se refere a maneira superficial em que os conteúdos são aplicados, que por sua vez seguem o padrão da educação básica brasileira, consistindo em estudar para as provas.

A didática quando voltada a sua real aplicação se torna instrumento motivacional aos estudantes. O conteúdo teórico dos cursos de engenharia possui aplicação prática muito evidente, no entanto é necessário o intermédio do docente para que o então aluno possa abstrair os conhecimentos observados. É fácil olhar um viaduto e a partir de então discutir esforços, cargas, cisalhamentos e flexão sofridos pelo sistema estrutural, no entanto é imprescindível que os professores discutam a teoria mostrando a prática (BOTELHO e MARCHETTI, 2015).

A verificação da estabilidade global é um item importante na elaboração de projetos de edifícios, seja este, em concreto armado ou estrutura metálica, e visa garantir a segurança da estrutura perante o estado limite último, situação que representa a perda da capacidade resistente da estrutura, causada pelo aumento das deformações (MONCAYO, 2011).

A fim de demonstrar de forma a influência do tipo e ligação na estabilidade global das estruturas, foi confeccionado dois pórticos semelhantes, se diferenciando apenas nos tipos de ligação. Posteriormente, o material foi utilizado na aula junto aos alunos para verificar a aceitação e as sugestões para que seja feita adaptações e melhorias futuras no material de ensino.

Portanto, os objetivos desse trabalho são:

- Construir um pórtico com ligações rígidas;
- Construir um pórtico com ligações rotuladas com adição de contraventamento;
- Verificar se os pórticos criados são boas ferramentas para a compreensão conceitos referentes à estabilidade global das estruturas.

## 2 ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFÍCIOS

A análise da estabilidade global é um dos primeiros critérios a serem analisados durante o dimensionamento de um edifício em concreto armado, a norma ABNT NBR 6118/2014 deixa claro a obrigatoriedade dessa análise, seja uma análise linear ou não-linear da estabilidade global da estrutura.

### 2.1 Tipos de ligações

Na engenharia existem diversos termos que classificam as estruturas. Em sistemas estruturais, esses termos são classificados conforme desempenho na estrutura considerada, ligações rotuladas, por exemplo, que não por acaso faz analogia ao conceito de rótula, descreve a conexão entre viga-pilar na estrutura, de forma que essa possa mover-se livremente ao sofrer ações de momentos e cargas. Em todo caso, há exceção quando se trata de material-real. Conforme Pfeil e Pfeil (2009), em campo prático a semelhança dos detalhes das ligações podem refletir o ideal dessa ligação a uma ou outra já individualmente conceituada, em evidência, a cantoneira dupla alma, sua ligação viga-pilar pode facilmente ser classificada como estrutura rotulada, embora, seja constatada alguma limitação à rotação relativa.

As estruturas com ligações semirrígidas, por sua vez, remetem a sinapse de um modelo contendo o comportamento equilibrado dos modelos rígido e flexível. Podendo assim, diminuir os efeitos negativos observado em cada modelo individual (PFEIL; PFEIL, 2009).

Não obstante, o modelo rígido, tem como características, a estabilidade a cargas horizontais e verticais, contudo, a rigidez lateral é variável a rigidez a flexão dos componentes presentes na viga e no pilar, que por sua vez, considera deslocamentos horizontais pequenos. Segundo Pfeil e Pfeil (2009), as ligações rígidas entre viga e pilar apresentam pontos críticos a serem observados no projeto, um deles se configura na capacidade de absorção dos esforços centralizados, em especial os advindos das mesas das vigas.

## 2.2 Contraventamento

Segundo a norma ABNT NBR 8800/2008, contraventamento pode ser definido como subestruturas, que devido a sua grande rigidez a ações horizontais, resistem a maior parte dessas ações. Essas pode ser treliças, paredes de cisalhamento etc.

Sistemas estruturais devem ser contraventados para garantir sua estabilidade lateral e reduzir o comprimento de flambagem das hastes comprimidas. Em sistemas estruturais para edificações em que a ligação viga-pilar flexível, o contraventamento é essencial para restringir o deslocamento lateral dos pilares.

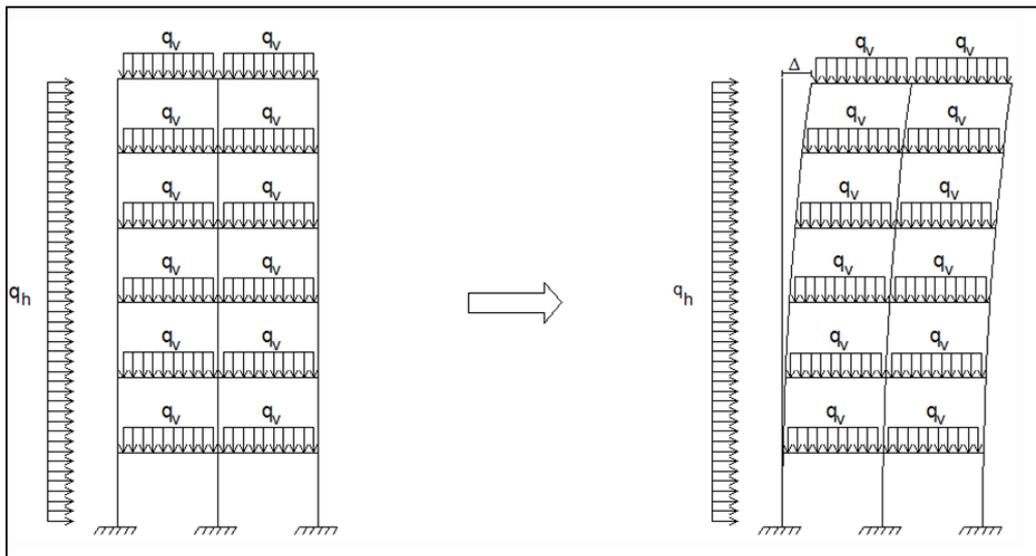
## 2.3 Não-linearidade geométrica (NLG)

A Não-Linearidade Geométrica deve ser obrigatoriamente considerada no dimensionamento de edifício em concreto armado de nós móveis segundo a norma ABNT NBR 6118/2014, logo também serão considerados os efeitos de segunda ordem globais e locais.

Não-Linearidade Geométrica está relacionada com a saída da estrutura de sua posição indeformada, por exemplo, quando sobre ela incidem ações horizontais. A interação dos deslocamentos horizontais resultantes com as forças verticais torna esse afastamento crescente, até que a nova posição de equilíbrio, se ela existir, seja alcançada. (LIMA, 2001, p. 87)

Esse efeito pode ser melhor compreendido através da figura 1, onde na estrutura atua esforços horizontais, fazendo com que ela fique em equilíbrio na sua posição deformada.

Figura 1: Não Linearidade Geométrica



## 2.4 Análise P-Delta

Segundo Lopes (2005), P-Delta é um efeito que acontece em qualquer tipo de estrutura, os elementos ficam expostos a forças axiais em sua longitudinal. As cargas verticais geram momentos adicionais iguais a soma da carga vertical “P” multiplicada pelos deslocamentos laterais “Delta”.

Existem dois tipos de efeito P-Delta, o efeito global dos deslocamentos laterais na estrutura e o efeito local nos elementos, associado com deformações locais relativas a corda entre os extremos do elemento. A magnitude do efeito p-delta está relacionada com a magnitude da carga axial P, a rigidez, esbelteza global da estrutura e a esbelteza dos elementos individuais.

É de fundamental importância observar o efeito P-Delta, o mesmo visa garantir a segurança da estrutura e sua perda da capacidade resistente, a avaliação da estabilidade global é um dos mais importantes fatores para a concepção estrutural de um edifício, tem uma natureza não linear com cargas laterais ou assimetrias geométricas, de rigidez ou massa.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Confeção dos pórticos

Para confeccionar os pórticos, foi levado em consideração na escolha dos materiais, características como boa trabalhabilidade, fácil acesso e baixo custo. Esta busca resultou nos seguintes materiais:

- folha de EPS;
- Cola;
- Clipes de papel;
- Lixa;
- Tinta guache nas cores azul e cinza;
- Elástico;
- Cortador elétrico de EPS.

Foram confeccionados 2 modelos de prédios para representação de uma estrutura rígida, Pórtico 1 (Figura 2 a) e outra rotulada, Pórtico 2 (Figura 2 b). Os elementos estruturais de ambos os pórticos tinham dimensões idênticas: pilares 60 cm x 3 cm x 1,5 cm e vigas 25 cm x 3 cm x 1,5 cm.

Figura 2: Pórtico com ligações rígidas (a), Pórtico com ligações rotuladas (b).



O Pórtico 1 teve suas ligações viga-pilar feita através de cola, para proporcionar maior rigidez nas ligações e conseqüentemente menores deslocamentos na estrutura. O Pórtico 2 teve suas ligações viga-pilar feita através de clipe de papel (Figura 3), deixando todas as ligações rotuladas, possibilitando ao Pórtico 2 grandes deslocamentos dos seus elementos.

Figura 3- Ligação rotulada do Pórtico 2.



A fim de reduzir os deslocamentos do Pórtico 2, foi adicionado contraventamento utilizando elástico posicionados em formato de “X” conforme mostrado através das figuras 4a e figura 4b.

Figura 4- Pórtico 2 sem contraventamento (a), Pórtico 2 com contraventamento (b).



### 3.2 Utilização dos pórticos

Os pórticos foram utilizados para auxiliar na compreensão de conceitos referentes a estabilidade global das estruturas. A pesquisa foi realizada na sala de aula com um total de 48 alunos, divididos em duas turmas do curso de Engenharia Civil, faculdade particular situada na cidade de Paripiranga-BA. Para as duas em que fora demonstrado os pórticos a seleção para estas ocorreu de forma aleatória.

Importante ressaltar que os alunos que participaram da pesquisa, não tinham conhecimento prévio dos conceitos abordados neste trabalho.

Inicialmente foi distribuído o questionário (Quadro 1) e apresentado os pórticos (Figura 2) aos alunos e mostrado que as estruturas eram iguais, se diferenciando apenas na forma que foram feitas as ligações. Posteriormente foi explicado o conceito de cada item e foi demonstrado através dos deslocamentos nos pórticos diante de esforços do vento.

Durante a explicação do item referente ao contraventamento, foi aplicada a força do vento no Pórtico 2 com o contraventamento aplicado na estrutura, em seguida foi removido o contraventamento da estrutura e aplicado novamente a força do vento, para que ficasse visível para os alunos a diferença entre os deslocamentos.

Quadro 1: Questionário de avaliação dos pórticos

<b>1-Através do modelo didático apresentado, marque a opção cujo material ajuda na visualização.</b>	Sim	Não
a) Influência da ligação na transmissão de momentos?		
b) Influência das ligações na estabilidade global da estrutura?		
c) Influência do contraventamento na estabilidade global?		
d) Necessidade de análise não linear?		
e) Conceito de não linearidade geométrica?		



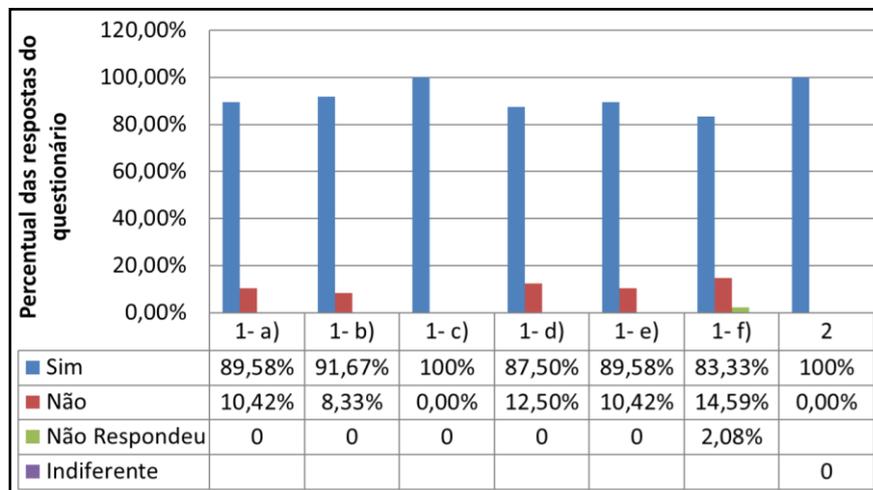
f) Entender o conceito do efeito P-delta?			
<b>2- Você gostaria de utilizar recursos como esse durante as aulas?</b>	Sim	Não	Indiferente
<b>3- Comentários e sugestões.</b>			

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado obtido no questionário (Quadro 1) pode ser visualizado na figura 5. O conceito estrutural referente ao contraventamento teve o melhor resultado, já que todos os alunos conseguiram visualizar a diferença dos deslocamentos de forma nítida.

Os demais resultados mostram que o modelo criado para aula de estabilidade global, ajuda de forma satisfatória na compreensão desses conceitos, já que o resultado mais baixo foi de 83,33%, que se refere ao conceito do efeito P-delta.

Figura 5: Resultado do questionário aplicado.



No espaço do questionário destinado a comentários e sugestões foram obtidas as respostas expostas no quadro 2.

Comentários e Sugestões
Utilizar algo parecido com mais frequência.
Trabalhar com materiais didáticos iguais a esse, fazendo com que o aluno possa construir.
Muito bom para entender o comportamento das estruturas.
Continuar com esses exemplos, pois facilita e simula a visualização dos assuntos abordados em aula.
Poderia implementar outros mecanismos como: softwares, projetos e vídeos executivos.
A visualização do comportamento das estruturas, mesmo que seja em miniatura, são de grande importância para o entendimento na prática de como as estruturas se comportam.
A aplicação da teoria na prática, permite a melhor compreensão.

Com os resultados obtidos com espaço reservado para comentários sugestões (Quadro 2), foi obtida respostas que corroboram com o resultado do gráfico (Figura 5), que confirma a boa aceitação do material confeccionado. O (Quadro 2) também mostra o que alguns alunos esperam de

uma boa aula, esses dados também podem ser utilizados para o planejamento das próximas aulas e dos próximos materiais didáticos que serão desenvolvidos e aplicados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pórticos confeccionados tiveram o comportamento esperado quando finalizados, possibilitando uma demonstração adequada dos conceitos que se pretendeu abordar, pois o resultado mostrou que a maioria dos alunos conseguiram visualizar fisicamente nos pórticos os itens abordados em sala de aula.

Nos resultados foi possível confirmar que o material confeccionado foi bem aceito pelos alunos, que estão dispostos a aceitar a introdução de novos recursos que possam auxiliar na compreensão dos conceitos, que partem de comportamentos físicos.

Foi possível verificar o que alunos esperam de uma boa aula. A partir dos resultados encontrados facilita o trabalho do professor na busca de recursos que facilitem a transmissão do conhecimento de conceitos fundamentais.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, José Milton de. **Projeto Estrutural de Edifícios de Concreto Armado**. 3.ed. Rio Grande: Dunas, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-6118**: projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-8800**: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

BOTELHO, Manuel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **CONCRETO ARMADO EU TE AMO**. Vol.1. 8ª ed. Revista Segundo a Norma do Concreto Armado NBR 6118/2014. – São Paulo: Blucher, 2015.

CHAMBERLAIN, Z. M; PRAVIA, R. F; FABEANE, R. **Projeto e Cálculo de Estruturas de Aço**: Edifício Industrial Detalhado. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

LIMA, J. S. **Verificação da punção e da estabilidade global em edifícios de concreto: desenvolvimento e aplicação de recomendações normativas**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de aço**: dimensionamento prático. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MONCAYO, W. J. Z. **Análise de segunda ordem global em edifícios com estrutura de concreto armado**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

SILVA, Wagner Queiroz. **Sobre análise não geométrica de edifícios considerando o empenamento dos núcleos estruturais e a interação solo-estrutura**. Tese (doutorado em engenharia civil) – Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.



## DEVELOPMENT OF EPS FRAMES WITH RIGID AND HINGE JOINTS TO IMPROVE THE UNDERSTANDING OF FUNDAMENTAL CONCEPTS RELATED TO STRUCTURES GLOBAL STABILITY

**Abstract:** *The evasion of Civil Engineering higher courses is related to applied or non-existent didactic methods, what reveals the teacher as an educator has the function to improve teaching methods, to captivate and promote the contents applied in room greater assimilation. This work aims to make and apply frame models to achieve higher qualitative learning performance for the students of a private institution at the Bahia interior. The applied methodology consists in the real behavior effects visualization of the structural systems, among them, global stability and wind loads. The conclusion after the method application, evaluated by means of a survey to the students promotes the proposed objectives success.*

**Key-words:** *Global Stability. Joints. Visualization.*