

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO OU SUPRESSÃO DE
JUNTA DE DILATAÇÃO NA ESTRUTURA DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO
ARMADO COM COMPRIMENTO SUPERIOR A 30M: ESTUDO DE CASO EM
EDIFÍCIO EDUCACIONAL NO MUNICÍPIO DE ITAPIRANGA - SC**

TECHNICAL FEASIBILITY ANALYSIS OF THE USE OR SUPPRESSION OF
EXPANSION JOINT IN THE STRUCTURE OF BUILDINGS IN REINFORCED
CONCRETE WITH A LENGTH OF MORE THAN 30M: CASE STUDY AT AN
EDUCATIONAL SITE IN THE CITY OF ITAPIRANGA - SC

André Luis Franchini Parizotto¹

Givanildo Martins de Quadros²

Caroline Maiza Dapper³

Submetido em 24-06-2019

Aprovado em 16-12-2019

Revista Infinity

Revista dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de Produção.

Uceff – Campus Itapiranga

Vol. 4, nº 2, 2019

ISSN 2525-3204

¹ Graduado em Engenharia Civil pela Uceff Itapiranga. Email: andreluisfp26@hotmail.com

² Docente dos Cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da Uceff Itapiranga. Email: givanildo@uceff.edu.br

³ Graduada em Engenharia Civil pela UNIJUI. Email: caroline.dapper@sou.unijui.edu.br

Resumo:

Para estruturas de edifícios com comprimento superior a 30 m, a ABNT NBR 6118:2014 aconselha uso de junta de dilatação, definida como uma separação na estrutura com a função de amenizar os efeitos causados pelas ações atuantes, como as deformações horizontais e verticais provocadas principalmente pelas variações de temperaturas. Visando a comparação técnica, que analisa o dimensionamento estrutural e à questão econômica, que analisa os custos, foi realizado o dimensionamento de dois modelos de estrutura, os quais foram aplicados em um edifício de uso educacional, localizado na cidade de Itapiranga/SC, para um modelo com o uso da junta de dilatação e o outro sem, sendo então analisados as deformações nos elementos da superestrutura. A partir disto, é possível determinar a solução mais vantajosa, considerando o comportamento estrutural e a respectiva influência econômica. Após o levantamento dos resultados por meio de gráficos e quadros, foi realizada a comparação dos dois modelos estruturais, onde constatou-se com base nos dimensionamentos, que em termos de orçamento dos materiais (aço, concreto e formas), o modelo estrutural sem junta de dilatação apresenta-se mais viável. Na análise das deformações, verificou-se que para cada elemento da superestrutura o modelo estrutural com junta apresentou uma menor deformação. Ambos os modelos em análise atendem os limites estabelecidos em norma sobre deformação e por isso poderiam ser executados para este caso.

Palavras-chave: (Junta de Dilatação; Deformação; Variação de Temperatura; Comparativo Econômico).

Abstract:

For building structures with upper length at 30 m, at ABNT NBR 6118:2014 advises to use a expansion joint, there is a separation in the structure with the function of to mitigate the effects caused by acting actions, as there are horizontal and vertical deformations caused mainly by temperature variations. Aiming at the technical comparison, which analyzes the structural dimensioning and the economic question, which analyzes the costs, two structure models were dimensioned, which were applied in an educational building, situated in Itapiranga/SC, to one model with the use of expansion joint and other without, analyzing the deformations at superstructure elements. From this, is possible to determine the most advantageous solution, considering the structural behavior and the economic influence. After the results were collected by graphics and charts, the comparison of the two models structural, where was a based on the sizing, which in terms of budget of materials (steel, concrete and shapes), the structural model without expansion joint is more feasible. In the analysis of the deformations, it was verified that for each element of the structural model with joint presented a lower deformation. Both models under analysis meet the limits established in standard on deformation and so could be executed for this case.

Keywords: (Expansion Joint; Deformation; Temperature Variation; Comparative Economics).

Introdução

O setor da construção civil vem passando por evoluções dos materiais e métodos construtivos, fator que demanda um constante aperfeiçoamento dos profissionais ligados à área. Um projeto estrutural bem elaborado deve ser realizado conforme recomendações normativas correlatas, isso garantirá uma edificação segura e capaz de resistir aos efeitos provenientes de diferentes tipos de carregamentos, além de proporcionar boas condições sob as perspectivas da funcionalidade e conforto dos usuários. O aspecto econômico também deve ser considerado, tendo em vista que, de acordo com as decisões tomadas pelo projetista, a estrutura pode tornar-se mais ou menos onerosa, desafiando o engenheiro de estruturas a buscar soluções que atendam a técnica e economia da obra. (CARVALHO; PINHEIRO, 2013).

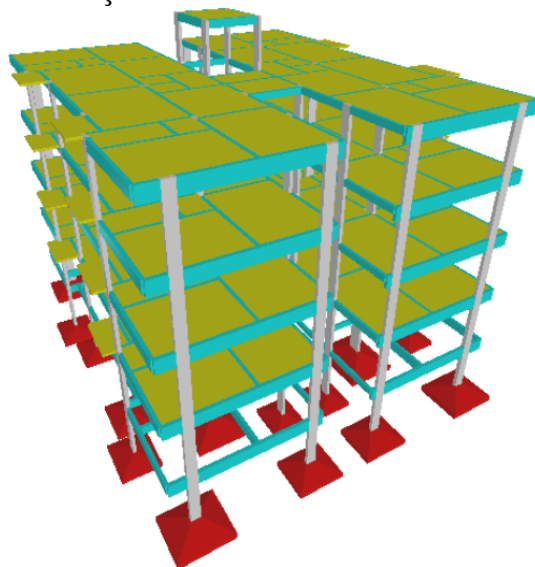
Em função dos efeitos gerados pelos carregamentos, sejam eles verticais ou horizontais, e pelas variações de temperaturas, as quais causam dilatação e retração térmica nos elementos, aconselha-se em estruturas de grandes dimensões o uso de junta de dilatação, caracterizada pela separação total ou parcial de uma estrutura, que possibilita uma condição de acomodação quando ocorre a deformação, podendo prejudicar o desempenho estrutural (ADÃO; HEMERLY, 2010).

Tendo como objetivo a busca da possibilidade da eliminação das juntas de dilatação, foi analisada a viabilidade técnica da utilização ou eliminação de junta de dilatação em edifícios em concreto armado com comprimento superior a 30 m, através do dimensionamento de uma estrutura com e sem junta de dilatação, para posterior análise das deformações geradas, impactos técnicos e econômicos e as variáveis que podem influenciar na escolha do modelo estrutural. Para tanto, faz-se necessário a apropriação de alguns conceitos, como por exemplo, o funcionamento da estrutura de concreto armado de um edifício.

A Estrutura de um Edifício

Estrutura pode ser definida como um conjunto formado pelas partes resistentes de uma edificação que pode ser subdividida em dois grupos (superestrutura e infraestrutura), conforme ilustrado na Figura 01. A infraestrutura é composta pelos elementos de fundação e a superestrutura é constituída pelas vigas, lajes, pilares, paredes e escadas. Esses elementos têm como função dar sustentação à construção, transferindo o peso das cargas que atuam sobre a estrutura para as fundações que por sua vez transferem para o solo. Para que seja garantida a segurança é imprescindível conhecer o comportamento de todas as peças estruturais (CLÍMACO, 2013).

Figura 01: Ilustração dos elementos estruturais de um edifício



Fonte: Bellei (2013).

Com a correta análise da estrutura e demais elementos correlacionados, minimiza-se as chances de deformações que ultrapassam os limites admissíveis e que representam danos ao desempenho estrutural. As deformações podem ocorrer de diferentes maneiras, podendo estar relacionadas diretamente às cargas atuantes ou independentes da tensão a qual um determinado elemento está sujeito (MONTEIRO, 2008).

Para edifícios com uma das dimensões superiores a trinta metros, a ABNT NBR 6118:2014 e diversos autores apresentam a necessidade da utilização de juntas de dilatação.

Junta de Dilatação na Estrutura

Junta de dilatação pode ser definida como a separação parcial ou total de uma estrutura, possibilitando uma condição de acomodação quando ocorre deformação em função das variações de temperatura, retração do concreto, assentamento variável na fundação e em relação aos esforços internos gerados pelos carregamentos verticais e horizontais. Por isso, é essencial que nos dimensionamentos essas deformações atendam os limites estabelecidos pela norma pertinente, a fim de que não haja qualquer tipo de impacto não previsto na estrutura (GONILHA, 2008; BOTELHO; MARCHETTI, 2013; ABNT NBR 6118:2014).

Os materiais utilizados nas juntas de dilatação devem possuir características que atendam as especificações técnicas e sua aplicação requer mão de obra especializada. Os materiais do tipo elastômero, conforme Figura 02, possuem alta resistência a ataques químicos, mecânicos, possuindo boa elasticidade e durabilidade quando em contato com sol, chuva e a variações de temperatura (RIBEIRO, 2006; LIMA; BRITO, 2009).

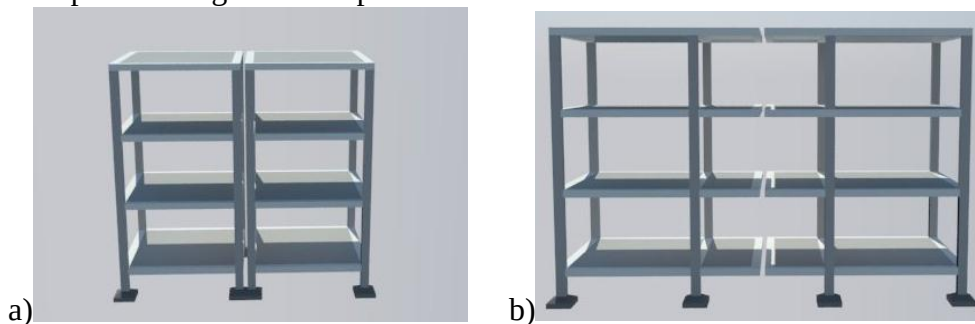
Figura 02: Material do tipo elastômero para junta de dilatação de estrutura



Fonte: Lima e Brito (2009).

As juntas de dilatação de estrutura podem ser executadas no sistema de pilares e vigas próximas ou no sistema com os pilares e vigas separados, como demonstrados na Figura 03 (ADÃO; HEMERLY, 2010).

Figura 03: Junta de dilatação na estrutura, (a) sistema de pilares e vigas próximas, (b) sistema de pilares e vigas mais separados



Fonte: Baseado em Adão e Hemerly (2010).

As deformações expostas nas estruturas são causadas por diferentes tipos de ações, em especial pela variação de temperatura. Em função da complexidade desses problemas, não se tem uma rotina pré-estabelecida para estimar com precisão a distância para locação de juntas na estrutura (BATTISTA; CARVALHO; PFEIL, 2011).

Os fatores que de alguma forma influenciam na utilização da junta de dilatação na estrutura de um edifício são em função dos efeitos das ações dos carregamentos, variação da temperatura, retração no concreto e fadiga na estrutura.

Ações atuantes na estrutura

As forças que atuam sobre a estrutura são os carregamentos nas direções horizontais e verticais, que posteriormente são distribuídos pelos elementos resistentes até seu destino final. Estes tipos de carregamentos podem provocar efeito significativos caso não sejam devidamente analisados (PINHEIRO, 2007).

De acordo com a ABNT NBR 8681:2004, que trata sobre Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento, as ações que atuam na estrutura resultam em efeitos na forma de carregamentos ou até mesmo deformações, as quais podem ser classificadas em ações permanentes, variáveis ou excepcionais.

As ações permanentes ocorrem constantemente nas estruturas ao longo de sua vida útil, com tendência a crescimento no seu grau de acontecimentos. Podem ser subdivididas ainda em ações permanentes diretas e ações permanentes indiretas (MARTHA, 2010; ABNT NBR 6118: 2014).

As ações permanentes diretas, de acordo com a ABNT NBR 8681:2004, são resultantes do peso próprio dos elementos, o peso dos equipamentos fixos, revestimentos e os empuxos de terra quando existirem. O Quadro 01 apresenta os pesos específicos de alguns dos materiais mais usados na execução de edifícios.

Quadro 01: Peso específico de alguns materiais da construção civil

Materiais	Peso Específico
Concreto armado	25 KN/m ³
Alvenaria de tijolos furados	13 KN/m ³
Revestimentos	1,0 KN/ m ²
Telhado (estrutura e telha fibrocimento)	0,50 KN/m ²
Argamassa de cal, cimento e areia	19 KN/m ³

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 6120:1980.

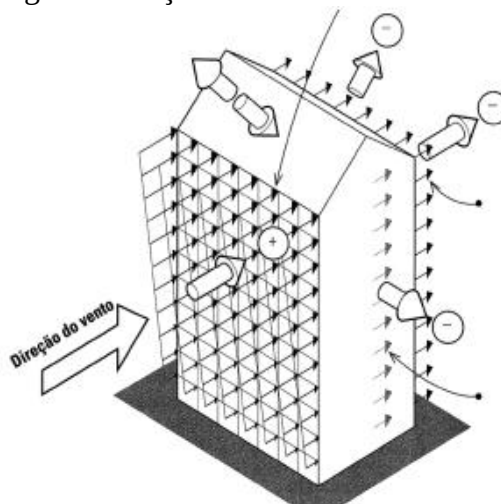
Para as ações permanentes indiretas são consideradas as deformações originadas de retração dos materiais, deslocamentos de apoios, imperfeições geométricas (PIRES, 2011).

As ações variáveis são cargas que podem causar alterações acidentais nas edificações com o passar do tempo. Classificam-se em ações variáveis diretas, que são as ações do vento, da água e desaprumo, e em ações variáveis indiretas, que são as variações de temperatura na estrutura, vibrações causadas pelas condições de uso (CHAGAS, 2012; ABNT NBR 6118:2014).

Considera-se a ação do vento em uma estrutura de um edifício quando sua intensidade de atuação for 30% maior que a ação do desaprumo e, caso for menor que essa porcentagem, adota-se a ação do desaprumo. Nos demais casos, deve ser feita a associação dessas duas ações, considerando que atuem na mesma direção e sentido (ABNT NBR 6118:2014).

A ação do vento provoca na estrutura uma pressão, que são resistidas na maior parte das vezes pelos pórticos, arranjo formado pelos pilares (elementos verticais) e vigas (elementos horizontais). A Figura 04 ilustra a ação do vento sobre um edifício (CARVALHO; PINHEIRO, 2013).

Figura 04: Ação do vento em um edifício



Fonte: Vigeta (2017).

Uma análise é a de localização da região do edifício (fachada), na qual o vento atua diretamente, chamado barlavento, e da região oposta a esta, a qual é conhecida como sotavento. Para ambas as regiões, a força gerada pelo vento pode ser calculada a partir das equações do Quadro 02 (ABNT NBR 6123:1988; CARVALHO; PINHEIRO, 2013).

Quadro 02: Equações para encontrar a força gerada pela ação do vento na região de barlavento e sotavento

Força gerada pela ação do vento na região de Barlavento	$F = 1,3. q. Ae$	q = pressão dinâmica do vento (N/m ²); Ae = área frontal efetiva das placas (m ²).
Força gerada pela ação do vento na região de Sotavento	$F = 0,80. q. Ae$	_____

Fonte: Baseado em ABNT NBR 6123:1988.

Segundo a ABNT NBR 6123:1988, que trata sobre Forças devidas ao vento em edificações, essa pressão que o vento exerce sobre uma edificação varia de acordo com diversos fatores, desde velocidade do vento na região de localização da edificação, topografia do local, características das demais construções próximas de onde irá se situar o futuro edifício e, por fim, o fator estatístico que indica a finalidade do uso do edifício, estabelecendo o volume de circulação de pessoas na sua utilização.

A ação do desaprumo não deve ser necessariamente superposta junto ao carregamento do vento, mas deve ser analisada as duas ações e utilizar a mais desfavorável possível em função da condição já apresentada acima. O carregamento mais desfavorável é aquele que provocar o maior momento fletor na estrutura do edifício. Para encontrar o ângulo do desaprumo de uma edificação, segue as equações e condições do Quadro 03 (ABNT NBR 6118:2014).

Quadro 03: Equações e condições para o cálculo do desaprumo em uma edificação

$\theta_1 = \frac{1}{100\sqrt{H}}$	H = altura total do edifício (m).
$\theta_a = \theta_1 \sqrt{\frac{1 + 1/n}{2}}$	n = nº de prumadas de pilares no pórtico plano.
Onde $\theta_1 \text{ min} = 1/300$ para estruturas reticuladas e imperfeições locais; $\theta_1 \text{ máx} = 1/200$	
Adota se Edifício com laje lisa ou cogumelo $\theta_a = \theta_1$. Pilares isolados em balanço $\theta_1 = 1/200$.	
*considera θ_a para o cálculo do desaprumo quando comparado com a ação do vento.	

Fonte: Baseado na ABNT NBR 6118:2014.

Encontrado o valor do ângulo do desaprumo, calcula-se a força do desaprumo, a qual é obtida a partir da multiplicação da carga vertical que atua no pavimento pelo valor do ângulo encontrado, conforme equação contida no Quadro 04 (POSSA, 2011).

Quadro 04: Equação referente ao cálculo da força do desaprumo

Força do desaprumo	$Fd2 = \Delta P \cdot \theta a$	ΔP = Peso do pavimento; θa = Ângulo do desaprumo.
--------------------	---------------------------------	--

Fonte: Baseado em Possa (2011).

Em peças verticais de uma estrutura de um edifício, o desaprumo causado deve ser analisado com muita atenção pelo profissional responsável, para que se tenha a concepção da sua consideração ou não para o dimensionamento da estrutura (PORTUGAL, 2006).

Ações excepcionais são ações cujo tempo de duração é muito curto e de baixa probabilidade de ocorrência durante a vida útil da construção, podendo ser explosões, choques de veículos, enchentes, sismos, incêndios (PIRES, 2011).

Nas estruturas, as variações de temperatura são consideradas uniformes e são causados pelas variações de temperaturas na atmosfera e pelo contato direto com a insolação. Seus efeitos variam muito de uma edificação para outra em virtude da localização, dimensões e o clima (CHAGAS, 2012; ABNT NBR 6118:2014).

Os valores utilizados nas variações de temperatura são determinados em relação a menor dimensão do elemento avaliado na estrutura, podendo haver uma variação entre 5 °C a 15 °C (ABNT NBR 6118:2014).

Um elemento estrutural, ao sofrer uma variação de temperatura, tende a resultar em uma variação volumétrica, quando não há condições livres para haver esta acomodação. Com o aumento da temperatura, ocorre a dilatação volumétrica do elemento e quando há a redução da temperatura, ocorre a contração volumétrica deste elemento. O principal efeito gerado pelas variações de temperatura é o aparecimento de fissuras (RIBEIRO, 2006; MONTEIRO, 2008).

O concreto e o aço, que juntos formam o concreto armado, possuem coeficientes de dilatação similares, “0,0137 mm por 1 °C e por 1m linear para o concreto e 0,0125 mm por 1 °C e por 1 m linear para o aço”, o que explica a uniformidade de variação dos elementos quando há interferência térmica (ADÃO; HEMERLY, 2010, pág 12).

A retração é causada pela perda de água do concreto, resultando em variação volumétrica na peça. Essa perda de água se deve a diferentes estados de umidade relativa do ambiente, os quais estão localizados os elementos estruturais e por isso está diretamente

ligado ao clima, a tensões capilares e a idade da peça (MONTEIRO, 2008; NEVILLE; BROOKS, 2013).

A retração no concreto também pode ser influenciada pelo tamanho das peças executadas e consistência do concreto na hora do lançamento na estrutura. O contato direto dos elementos estruturais com o meio ambiente pode ocasionar a transferência de umidade entre os elementos (MONTEIRO, 2008; ABNT NBR 6118:2014).

A fadiga no concreto ocorre com o aumento da deformação, em função de uma mesma intensidade de força aplicada, o qual é mantido de forma constante por um determinado tempo (NEVILLE; BROOKS, 2013).

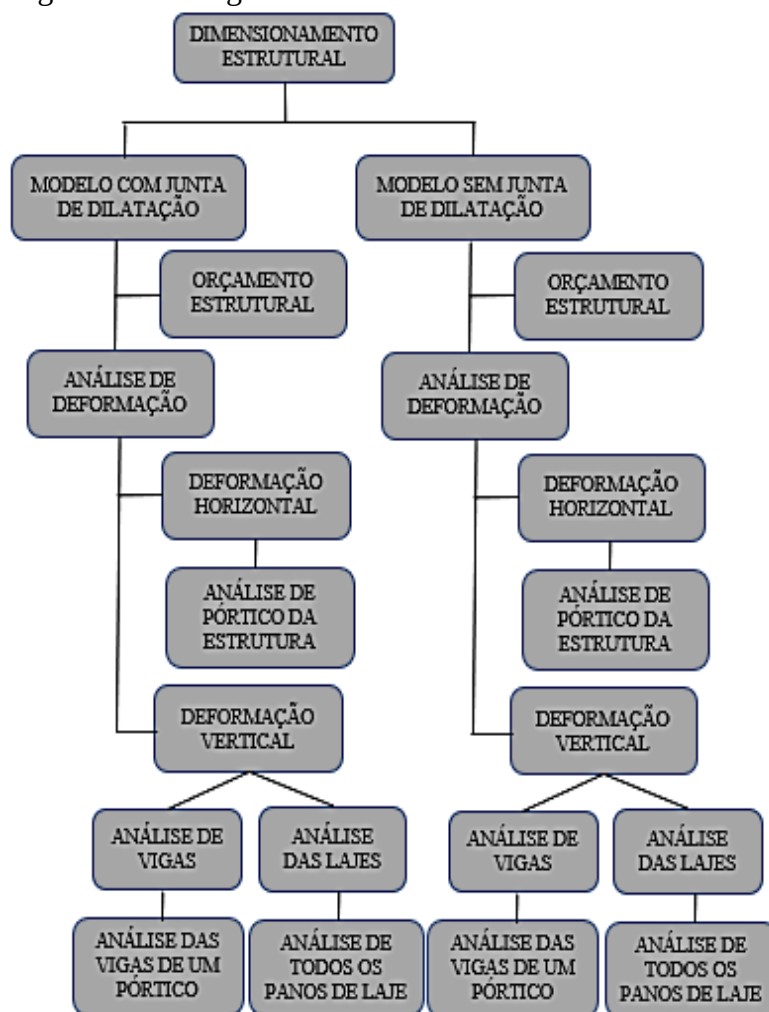
A amplitude de tensão que o elemento de concreto recebe é determinante para o tempo de vida deste material quanto à fadiga. Além da intensidade de tensão, outro fator que influencia é o tipo de esforço que o elemento ou estrutura está recebendo (tração, compressão, cisalhamento). Em relação ao aço, a resistência à fadiga varia em relação ao diâmetro da barra de aço, classe de agressividade do ambiente e alguns fatores com menos influência, como curvaturas de ancoragem, emendas e tipo de aço usado (BELISÁRIO, 2015).

Procedimentos metodológicos

Para a execução deste trabalho e em consonância com os objetivos apresentados, foi utilizada a pesquisa quantitativa e a qualitativa. Para a pesquisa quantitativa, foi adotada em função de ser mensurável e baseada em dados numéricos, sendo de fácil aplicação, possibilitando uma confiabilidade dos dados levantados, obtidos em formato numérico e representados estatisticamente em forma de gráficos e tabelas para o melhor entendimento dos resultados. A pesquisa qualitativa busca compreender os fenômenos a partir da coleta de dados, como: histórias de vida, observações, dados históricos, experiências pessoais, entrevistas (NEWMAN; BENZ, 1998; GUNTHER, 2006).

A Figura 05 apresenta o fluxograma com o passo a passo da forma como foi desenvolvido o presente trabalho.

Figura 05: Fluxograma sobre o desenvolvimento do trabalho



Fonte: Do Autor (2018).

O objeto de estudo para este trabalho foi um prédio de 3 pavimentos de uso educacional, com área total de 2.644,50 m², constituído por salas de aula, laboratórios, banheiros e áreas de circulação, o qual apresenta dimensões totais de 48 m de comprimento por 20,50 m de largura. Entretanto, para este trabalho foi desconsiderado a rampa que interliga os 3 pavimentos. A modificação em planta foi executada com o software AutoCAD®. Com a desconsideração da rampa, o projeto passou a ter dimensões finais de 43 m de comprimento por 20,50 m de largura. A escolha desse projeto justifica-se pelo fato de o prédio apresentar comprimento superior a 30 m, possuir junta de dilatação na estrutura e ser em concreto armado.

Para o dimensionamento da estrutura, utilizou-se o software Eberick V9 para o cálculo dos modelos em estudo, com e sem junta de dilatação na estrutura. O Modelo estrutural com junta de dilatação possui o sistema de junta com pilares e vigas próximas, conforme Figura 03, item (a). Para ambos os modelos estruturais foi adotado as mesmas características, com laje do tipo maciça. Os procedimentos da etapa de dimensionamento

foram os mesmos para os dois modelos, sendo basicamente feito o lançamento das plantas baixa de cada pavimento no software e posteriormente feito a locação dos elementos estruturais. As demais informações fornecidas ao software foi o Fck utilizado para o concreto, neste caso 25 MPa, valores do pé direito para cada pavimento, cargas atuantes (verticais e horizontais), que para o vento, se utilizou velocidade básica do vento de 47 m/s, e variação de temperatura de 10 °C.

Tendo o dimensionamento estrutural de ambos os modelos, fez-se o levantamento do quantitativo de materiais gastos na estrutura, concreto, forma de madeira e aço para a elaboração dos orçamentos. Como base de referência para os preços dos materiais, utilizou-se a tabela SINAPI do estado de Santa Catarina, e após isso foi desenvolvido um orçamento para cada modelo de estrutura analisado.

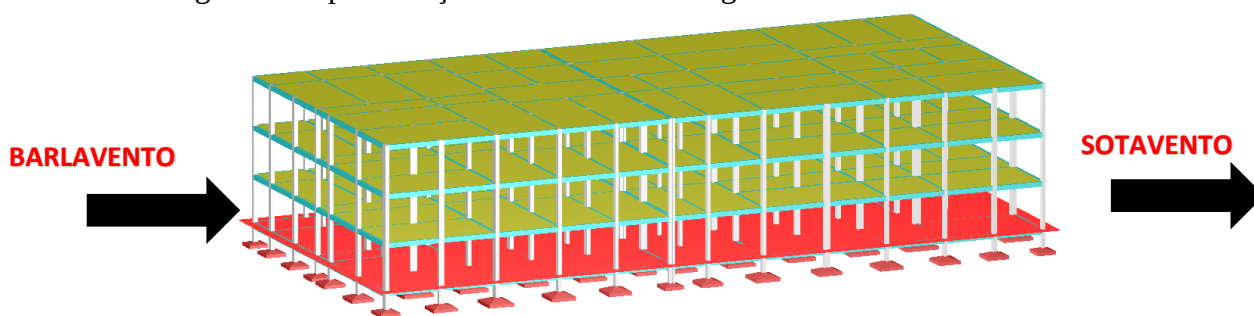
Para a análise das deformações geradas, levou-se em consideração as ações dos carregamentos e variação de temperatura. Verificaram-se as deformações de ordem horizontal e vertical, sendo realizado os mesmos procedimentos para ambos modelos em estudo.

Para a deformação horizontal, foi feita a escolha de um pórtico, situado na lateral do edifício, para a comparação de ambos os modelos estruturais. Para este pórtico, considerou-se as ações dos carregamentos de ordem vertical e horizontal e das variações de temperaturas. As temperaturas utilizadas são em função dos meses do ano para a cidade de Itapiranga/SC. Para o pórtico analisado, utilizou-se o software Ftool®, pelo qual foi possível encontrar os deslocamentos e gerar as imagens das deformações.

Para a deformação vertical foram analisadas as vigas e lajes das estruturas de ambos os modelos. Para a análise das vigas, utilizou apenas um pórtico, o mesmo usado para análise da deformação horizontal, o qual foi lançado no software Ftool®, com seus carregamentos de ordem vertical e horizontal e, utilizado o mês com a pior situação em relação a variação de temperatura. Após isso, o software forneceu os valores dos deslocamentos verticais em cada uma das vigas. Para a análise das lajes da estrutura, foi usado o mesmo software estrutural utilizado para o dimensionamento, encontrando em cada pano das lajes os valores dos deslocamentos verticais.

Como para a análise dos deslocamentos horizontais da estrutura e vertical das vigas se analisou um pórtico, para esta situação se realizou o levantamento dos carregamentos. Para a ação do vento, determinou-se um sentido no qual ela atua na estrutura, Figura 06, baseado na sua localização, sendo que para uma fachada se calculou a região de barlavento e a outra fachada oposta a de sotavento.

Figura 6: Representação na estrutura das regiões de Barlavento e Sotavento



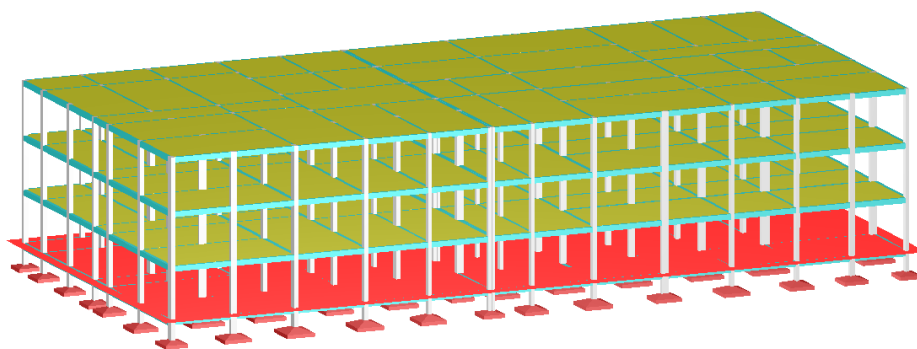
Fonte: Do Autor (2018).

Os materiais utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram, computador, trena a laser, nível, calculadora, caderno e caneta.

Dimensionamento Estrutural

O dimensionamento estrutural consistiu em efetuar o cálculo de dois modelos de estruturas, com junta e sem junta de dilatação. A figura 07 ilustra a estrutura do modelo do edifício em estudo em 3D, a qual apresenta os elementos de infraestrutura e superestrutura já dimensionados.

Figura 07: Estrutura em 3D do modelo com junta de dilatação



Fonte: Do Autor (2018).

Após obter o dimensionamento final, quantificou-se todos os materiais necessários para a execução da estrutura. Para o modelo de estrutura com junta de dilatação, o total de materiais estão apresentados no Quadro 05.

Quadro 05: Quantitativo final de materiais utilizados para a execução da estrutura com junta de dilatação

		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	7164.3	3481.4	11584.2		3565.7	25795.6
	CA60	1622.8	1546.6	3508.8			6678.2
	Total	8787.1	5028.0	15093.0		3565.7	32473.8
Volume concreto (m³)	C-25	104.5	74.0	225.0		68.4	471.9
Área de forma (madeira) (m²)		1517.9	1037.8	2412.1		108.1	5075.9
Consumo de aço (kgf/m³)		84.1	67.9	67.1		52.1	68.8

Fonte: Do Autor (2018).

Já para o modelo de estrutura sem junta de dilatação, o total de materiais está apresentado no Quadro 06.

Quadro 06: Quantitativo final de materiais utilizados para a execução da estrutura sem junta de dilatação

		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	7133.6	3329.6	12450.7		3589.4	26503.3
	CA60	1541.7	1482.1	1804.2			4828.1
	Total	8675.3	4811.7	14254.9		3589.4	31331.4
Volume concreto (m³)	C-25	102.4	71.7	225.6		68.0	467.8
Área de forma (madeira) (m²)		1475.7	984.6	2419.4		103.6	4983.2
Consumo de aço (kgf/m³)		84.7	67.1	63.2		52.7	67.0

Fonte: Do Autor (2018).

Tendo o quantitativo de materiais para a execução de ambas as estruturas, se realizou um orçamento para cada, baseado na Tabela do Sinapi do Estado de Santa Catarina, no qual obteve-se um montante final de R\$ 876.914,35 para o modelo com junta de dilatação e R\$ 844.813,73 para o modelo sem junta. De acordo com os valores apresentados, o modelo sem junta se torna 3,66% mais viável, diferença está de R\$ 32.100,62 para este edifício em análise.

Ao observar separadamente cada material utilizado na estrutura, nota-se que a estrutura com junta de dilatação apresenta um aumento considerável no uso de aço, de

3,46% comparado com a estrutura sem junta de dilatação; já na área de formas em madeira e volume de concreto a diferença é de 1,82% e 0,87% respectivamente.

O edifício objeto para a realização deste trabalho possui uma área total de 2.644,50 m², e aplicando o valor de R\$ 1.137,64 reais/m² para construção, valor este que o IBGE (2018) fornece para o estado de Santa Catarina, obtém-se um valor total de R\$ 3.008.488,98 para a construção do Edifício.

Tendo em vista que o objetivo deste trabalho está voltado à estrutura, a porcentagem em que as estruturas equivaleram em função do total gasto da obra para os dois modelos foram de 29,15% para o modelo com junta de dilatação e 28,08% para o modelo sem junta de dilatação.

Para Mattos (2006), a porcentagem que a estrutura de um edifício equivale em função do total da obra pode variar de 26,90% até 32,20%. Em uma comparação com os resultados obtidos neste trabalho, os mesmos assemelham-se aos que o autor apresenta.

Deformação Horizontal na Estrutura

Para a análise da deformação horizontal da estrutura, considerou-se em função dos carregamentos de ordem vertical, horizontal e das variações de temperaturas que ocorrem no decorrer dos meses do ano, para a cidade de Itapiranga/SC, e que estão apresentadas no Quadro 07. Com isso, é possível efetuar um comparativo entre as deformações geradas em ambos os modelos de estrutura em estudo.

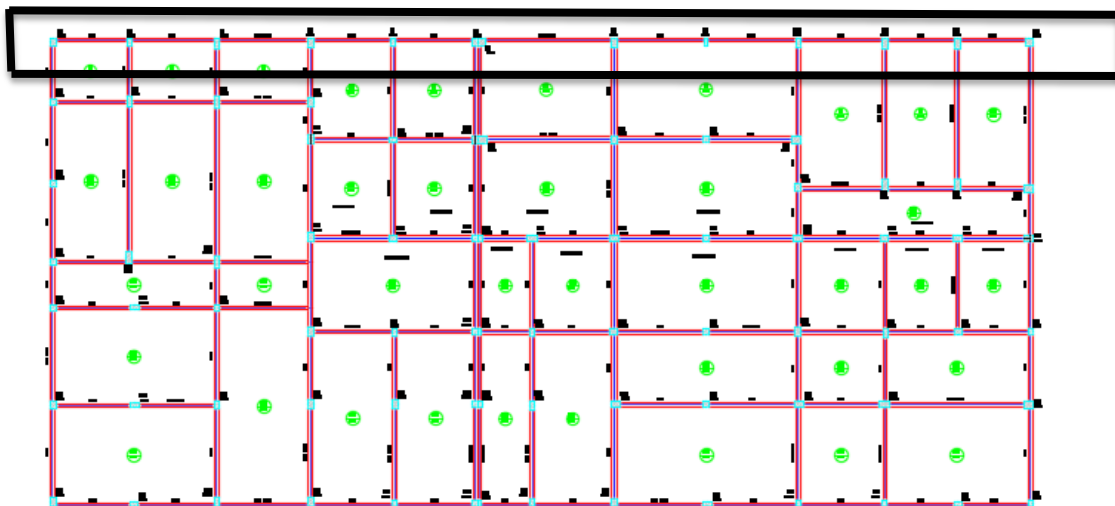
Quadro 07: Faixas de temperatura da Cidade de Itapiranga/SC

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura máxima °C	31,9	31,2	28,5	25,1	22,2	21,6	22,5	24,2	26,5	28,7	30,5	29,2
Temperatura mínima °C	19,4	18,6	15,9	13,0	10,5	9,6	9,9	11,3	13,3	15,7	17,3	16,4

Fonte: Adaptado de Climate (2017).

A escolha do pórtico localizado na lateral do edifício, Figura 08, justifica-se pelo fato de esses elementos sofrerem influência direta da variação de temperatura, conforme Corrêa e Ramalho (2012) apresentam, que as ações geradas na estrutura pelas variações de temperatura são absorvidas basicamente pelos elementos que estão próximos a fachada e cobertura.

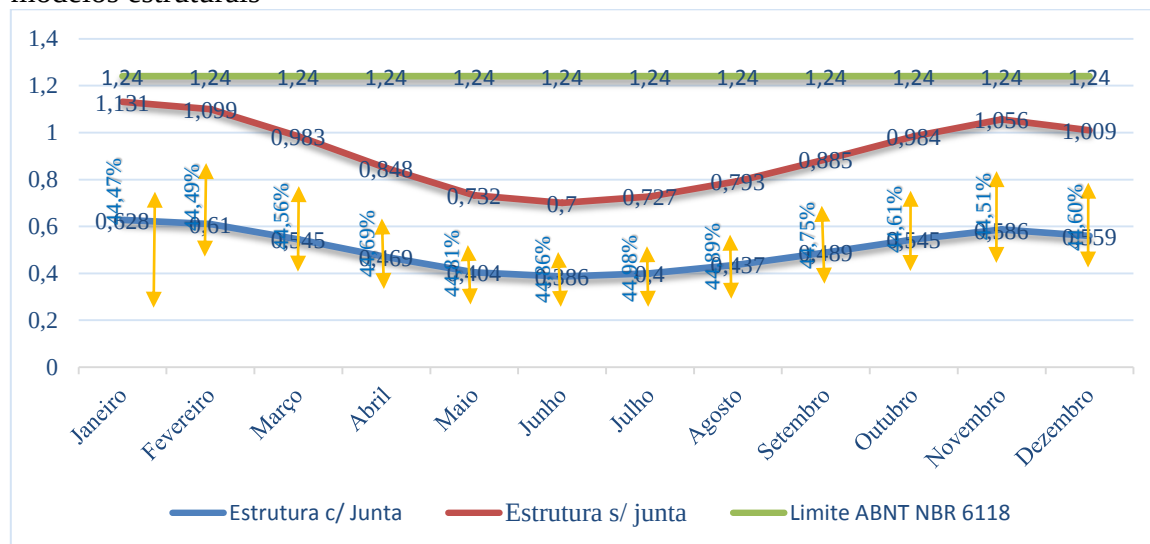
Figura 08: Localização em planta do pórtico 01 da estrutura com junta de dilatação



Fonte: Do Autor (2018).

Como foi realizada a verificação em função das faixas de temperaturas, Quadro 07, obteve-se 12 situações, uma para cada mês do ano. O Gráfico 01 apresenta as maiores deformações apresentadas ao decorrer do ano, para o pórtico 01 de ambos os modelos de estrutura, justamente a fim de possibilitar a comparação entre as deformações resultantes.

Gráfico 01: Comparação das deformações horizontais (cm) no pórtico 01 para ambos os modelos estruturais



Fonte: Do Autor (2018).

Conforme observado no Gráfico 01, para ambos os modelos de estrutura, as maiores deformações ocorrem no período do verão, com o mês de janeiro tendo maior destaque. Isto ocorre porque neste período do ano tem-se as maiores variações de temperaturas, conforme o Quadro 06 (CLIMATE, 2017).

Em uma comparação entre os dois modelos, o Gráfico 01 apresenta os maiores valores de deslocamentos horizontais ao longo do ano para a cidade de Itapiranga/SC, onde o modelo estrutural sem junta de dilatação deforma mais que o modelo com junta, variando de 44,47% a 44,98%.

Mesmo o modelo estrutural sem junta de dilatação apresentar maiores deformações horizontais, as mesmas atendem as condições limites estabelecidos pela ABNT NBR 6118:2014, e indicados no Quadro 08, no qual está estrutura poderia ser executada sem nenhum problema. O mesmo ocorre para a estrutura com junta de dilatação, que apresenta uma menor deformação, atendendo também esses limites.

Quadro 08: Valores limites de deformação horizontal para a estrutura sem junta de dilatação

Entre os pontos	Altura do pilar (cm)	Condição de análise	Valor limite (cm)
01 - 02	293	L/250	1,17
02 - 03	310	L/250	1,24
03 - 04	310	L/250	1,24

Fonte: Do Autor (2018).

Caso algum dos modelos de estruturas não atendesse ao limite de deformação horizontal estabelecido, poderia aumentar as seções dos pilares ou mudar a posição dos mesmos, conforme Mueller (2017) afirma, que o sentido no qual os pilares se encontram tem influência direta sob os deslocamentos horizontais de uma estrutura.

Deformação Vertical na Estrutura

Para a análise das deformações de ordem vertical na estrutura se verificou para ambos os modelos em estudo, no qual se analisou as vigas e lajes. Para as vigas, foram analisadas as do pórtico 01, e para as lajes todas as da estrutura.

Deformação nas vigas

Para a análise da deformação vertical nas vigas, foi utilizado apenas um pórtico da estrutura, o pórtico 01, para o qual considerou-se a ação dos carregamentos de ordem vertical e horizontal e a variação de temperatura. Adotou-se o mês de janeiro devido sua maior variação de temperatura, Quadro 06. Para o modelo de estrutura com junta de dilatação, as deformações geradas nas vigas estão apresentadas na Figura 09.

Figura 09: Deformações máximas ocorridas nas vigas da estrutura com junta de dilatação

Cobertura	+0,223 cm V401	+0,213 cm V401	+0,210 cm V401	+0,209 cm V401	+0,218 cm V401	-0,1238 cm V402	+0,1976 cm V402	+0,2025 cm V402	+0,2165 cm V402	+0,2153 cm V402	+0,224 cm V402		
2º Pav.	+0,145 cm V301	+0,133 cm V301	+0,133 cm V301	+0,133 cm V301	+0,140 cm V301	-0,1270 cm V302	+0,1247 cm V302	+0,1269 cm V302	+0,1381 cm V302	+0,1381 cm V302	+0,146 cm V302		
1º Pav.	+0,0692 cm V201	+0,0623 cm V201	+0,0623 cm V201	+0,0621 cm V201	+0,0665 cm V201	-0,195 cm V202	+0,0580 cm V202	+0,0583 cm V202	+0,0651 cm V202	+0,0651 cm V202	+0,070 cm V202		
Térreo	-0,026 cm V101	-0,0473 cm V101	-0,0586 cm V101	-0,0227 cm V101	-0,0444 cm V101	-0,243 cm V102	-0,0240 cm V102	-0,0523 cm V102	-0,0394 cm V102	-0,0199 cm V102	-0,0092 cm V102		
	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13

Fonte: Do Autor (2018).

Para o modelo de estrutura sem junta, as deformações ocorridas nas vigas estão apresentadas na Figura 10.

Figura 10: Deformações máximas ocorridas nas vigas da estrutura com junta de dilatação

Cobertura	+0,2231 cm V401	+0,2119 cm V401	+0,2095 cm V401	+0,2083 cm V401	+0,2063 cm V401	-0,1993 cm V401	+0,2019 cm V401	+0,1922 cm V401	+0,2167 cm V401	+0,2192 cm V401	+0,2255 cm V401	
2º Pav.	+0,1449 cm V301	+0,1329 cm V301	+0,1329 cm V301	+0,1319 cm V301	+0,1376 cm V301	+0,1244 cm V301	+0,1208 cm V301	+0,1180 cm V301	+0,1394 cm V301	+0,1402 cm V301	+0,1470 cm V301	
1º Pav.	+0,0692 cm V201	+0,0620 cm V201	+0,0620 cm V201	+0,0613 cm V201	+0,0672 cm V201	-0,182 cm V201	+0,0571 cm V201	+0,0529 cm V201	+0,0660 cm V201	+0,0662 cm V201	+0,0705 cm V201	
Térreo	-0,0271 cm V101	-0,0440 cm V101	-0,0568 cm V101	-0,0265 cm V101	-0,0265 cm V101	-0,256 cm V101	-0,0275 cm V101	-0,0479 cm V101	-0,0346 cm V101	-0,0168 cm V101	-0,0392 cm V101	
	 P01	 P02	 P03	 P04	 P05	 P06	 P07	 P08	 P09	 P10	 P11	 P12

Fonte: Do Autor (2018).

Com os resultados apresentados, obtém-se que as deformações verticais geradas nas vigas do pórtico 01 para os modelos de estrutura com junta e sem junta de dilatação atenderam os limites de deformação estabelecidos pela ABNT NBR 6118:2014, podendo então serem executadas conforme se encontram dimensionadas.

Conforme o Quadro 09, é possível analisar a deformação média em cada um dos pavimentos de ambas estruturas. A partir desta deformação média, o quadro indica a diferença de deformação entre os dois modelos.

Quadro 09: Deformação média das vigas de cada pavimento

	Deformação média de cada pavimento das estruturas (cm)			
Modelo de estrutura	Cobertura	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
Com junta de dilatação	0,2048	0,1350	0,0758	0,0533
Sem junta de dilatação	0,2104	0,134	0,0742	0,0548
Diferença de deformação (%)	2,66%	0,74%	2,11%	2,94%

Fonte: Do Autor (2018).

Efetuada uma análise final, da média de deformação vertical de cada estrutura, obtém-se que a estrutura sem junta de dilatação deforma em torno de 1,01% a mais que a estrutura com junta. A diferença final encontrada em comparação com ambos os modelos é praticamente desprezível, isso quer dizer que o uso ou não de junta de dilatação na estrutura de um edifício não resulta em grandes diferenças de deformação para as vigas.

Deformação vertical nas lajes

Para as deformações verticais nas lajes, analisaram-se todos os 40 panos de laje que formam cada pavimento Figura 11, no qual se encontrou o valor máximo do deslocamento em cada uma, para o modelo com e sem junta de dilatação, fazendo um comparativo dos mesmos.

Figura 11: Localização dos panos de laje dos pavimentos em análise



Fonte: Do Autor (2018).

Após uma análise das lajes de ambos os modelos de estrutura, o Quadro 10 apresenta os valores médios e a diferença de deformação de cada pavimento.

Quadro 10: Diferença e valores médios das deformações nas lajes

Pavimento	Modelo de estrutura		
	Com junta de dilatação (cm)	Sem junta de dilatação (cm)	Diferença na deformação (%)
Cobertura	0,811	1,01	19,70%
2º Pavimento	0,711	0,992	28,33%
1º Pavimento	0,711	0,992	28,33%
Deformação média final	0,744	0,998	25,42%

Fonte: Do Autor (2018).

Conforme dados do Quadro 10, para ambos os modelos, a laje de cobertura foi a que apresentou a maior deformação média. Isso pode ser justificado com o que Corrêa e Ramalho (2012) afirmam, que a cobertura é a superfície de uma edificação e junto com a

fachada absorve basicamente toda a influência da variação de temperatura que atua sobre a estrutura, no qual a radiação solar atua sobre a telha e é transmitido para a laje de cobertura. Grande parte desta deformação apresentada nos resultados, é em função das variações de temperatura.

Como a laje de cobertura absorve as ações provenientes das variações de temperatura e também a dos carregamentos, em comparação com as lajes do segundo e primeiro pavimento, as mesmas somente sofrem ação das cargas apenas nas extremidades do perímetro do edifício as variações de temperaturas podem agir sobre elas.

Para Battista, Carvalho e Pfeil (2011), em uma estrutura de edifício em concreto armado, muitos são os fatores que podem vir a influenciar nas deformações, tendo como maior destaque as variações de temperatura, justamente o que causa a diferença maior de deformação neste caso para as lajes de cobertura.

Além das lajes de cobertura receberem ação das cargas e das variações de temperatura, sua espessura comparada com as outras lajes da estrutura é menor. A laje de cobertura apresenta uma espessura de 8 cm, enquanto as lajes do 2º e 1º pavimento de 10 cm.

Conforme verifica-se através das imagens das deformações das lajes, apresentadas para cada modelo analisado, o modelo sem junta de dilatação apresenta maiores quantidades de panos de lajes com deformações em maiores escalas, o que significa que o uso de junta de dilatação na estrutura reduz a deformação média final em 25,42%.

Considerações Finais

A norma vigente que trata sobre estruturas em concreto armado, ABNT NBR 6118:2014, não faz apontamentos específicos na questão do uso de juntas de dilatação em edifícios. É referido que em estruturas a partir de 30 m de comprimento, devem ser separadas por juntas, não indo muito além dessa indicação.

Este edifício, objeto de estudo, apresenta um comprimento superior a 30 m, e para o mesmo, ambos os tipos de estruturas analisadas podem ser executadas, pois atendem os limites de deformação estabelecidos em norma. Para tanto ao analisar a viabilidade econômica, o modelo de estrutura sem junta de dilatação se torna 3,66 % mais econômico.

Para a comparação de deformação entre os dois modelos, referente aos elementos analisados, a estrutura com junta de dilatação apresenta uma menor deformação. Em uma análise individual dos elementos da superestrutura, a adoção de junta de dilatação é mais eficiente na diminuição dos deslocamentos horizontais e para os deslocamentos verticais, pode ser considerada uma boa opção na redução das deformações nas lajes e para as vigas a diferença encontrada não é tão significativa.

Relacionando os resultados técnicos e econômicos obtidos, tem-se que o modelo de estrutura sem junta de dilatação é a melhor opção para este caso, pois atende aos limites de

deformação e gera uma economia de certa forma considerável. Outro ponto importante que ressalta a ideia de não se usar junta de dilatação na estrutura, quando se tem essa possibilidade, é devido ao fato que com a junta de dilatação, deve-se ter uma série de cuidados, desde uma mão de obra extremamente qualificada na execução, para evitar o surgimento de problemas futuros, como por exemplo, perca parcial de estanqueidade, união das estruturas durante a concretagem. Outro cuidado e prevenção que se deve ter ao longo do tempo, é uma inspeção e manutenção correta do material utilizado na junta.

Portanto, pode-se afirmar que para estruturas de edifícios de uso educacional, conforme está analisada, em concreto armado, com comprimento de até 43 m e altura de entorno de 11 m, a melhor opção de modelo estrutural, é executar sem a adoção de junta de dilatação, pois atende limites estabelecidos em norma quanto as deformações e se torna uma opção economicamente mais vantajosa.

Referências Bibliográficas

ADÃO, Francisco Xavier; HEMERLY, Adriano Chequetto. **Concreto Armado: Novo Milênio Cálculo Prático e Econômico**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 206 p.

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

_____. **NBR 6120**. 1980. Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, RJ, 1980.

_____. **NBR 6123**. 1988. Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, RJ, 1988.

_____. **NBR 8681**. 2004. Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ, 2004.

BATTISTA, Ronaldo Carvalho; CARVALHO, Eliane Maria Lopes; PFEIL, Michèle Schubert. JUNTAS DE DILATAÇÃO TÉRMICA EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO: NECESSÁRIAS OU DISPENSÁVEIS? **53º Congresso Brasileiro do Concreto**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p.1-16, nov. 2011

BELISÁRIO, Elisa Silva. **Verificação à fadiga em pontes rodoviárias de concreto armado no Brasil: Avaliação de critério normativo simplificado**. 2015. 100 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

BELLEI, Poliana. **Análise comparativa de custos entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional em construção na cidade de Alegrete – RS**. 2013. 79 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2013.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado em 70 anos**. 7. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2013. 525 p.

CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 2 ed. São Paulo: Pini LTDA, 2013. 617 p.

CHAGAS, Daniel Pereira. **Análise comparativa entre modelos estruturais para edifícios de concreto armado**. 2012. 71p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. **Estruturas de concreto armado: Fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. 2ª ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2013. 410 p.

CLIMATE. **Dados climatológicos para Itapiranga/SC**. 2017. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/itapiranga-43596/>>. Acesso em: 05 set. 2018.

CORREIA, Márcio Roberto Silva; RAMALHO, Marcio Antonio. Fissuras em paredes de alvenaria estrutural sob lajes de cobertura de edifícios. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 14, n. 62, p.71-80, jan. 2012.

GONILHA, José Manuel C. de Almeida. **Juntas Estruturais em Edifícios Grandes em Planta**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

GÜNTHER, Hartmut. Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta É a Questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v. 22, n. 2, p.201-210, maio - agosto 2006.

IBGE. **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Índices de Preços**. 2018. Disponível em: <<http://www.planilhasdeobra.com/custo-m2-casa/>>. Acesso em: 02 ago. 2018.

IBRACON. **Concreto e Construções: Concreto: Material construtivo mais consumido no mundo**. São Paulo: Ibracon, v. 5000, 2009. Trimestral.

LIMA, João Marques; BRITO, Jorge de. Classificação das juntas de dilatação em obras de arte rodoviárias Portuguesas. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Liaboa, v. 1, n. 14, p.31-41, out. 2009.

MARTHA, Luiz Fernando. **ANÁLISE DE ESTRUTURAS: Conceitos e Métodos Básicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 524 p.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como Preparar Orçamentos de Obras: Dicas Para Orçamentistas - Estudos de Casos - Exemplos**. 1.ed. São Paulo: Pini, 2006. 281 p.

MONTEIRO, Quitéria Andreia Brás. **Avaliação da necessidade de juntas de dilatação em estruturas porticadas de betão armado**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Especialização em Estruturas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

MUELLER, Dêlcio. **Análise de segunda ordem e estabilidade global em edifícios de concreto armado**. 2017. 136 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Itapiranga - Fai, Itapiranga, 2017.

NEWMAN, Isadore; BENZ, Carolyn R. **Qualitative - Quantitative Research Methodology: Exploring the Interactive Continuum**. Carbondale: Southern Illinois University Press, 1998. 218 p.

NIVELLE, Adam Matthew; BROOKS, J, J. **Tecnologia do concreto**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p.

PINHEIRO, Libânio Miranda. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**. Maio. 2007. 380 p. Notas de aula, disciplina de Estruturas de Concreto, Departamento de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

PIRES, Gustavo Menegusso. **Estudo do pré-dimensionamento de pilares**. 2011. 113 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2011.

PORTUGAL, Erlon da Silva. **Análise de estrutura de edifícios altos considerando os efeitos de segunda ordem pelo método P-Delta**. 2016. 49 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

POSSA, Diones Miguel. **Projeto de Edificação em Alvenaria Estrutural**. 2011. 130 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

RIBEIRO, Fabiana Andrade. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: Levantamento do estado da arte**. 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

TRINDADE, Diego dos Santos da. **Patologia em estruturas de concreto armado**. 2015. 88 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

VIGETA, Jéssica Luciani. **Determinação dos efeitos estáticos devidos à ação do vento em estrutura de grande altura**. 2017. 104 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.