

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO ESPECIALIZAÇÃO EM COORDENAÇÃO DE
PROJETOS E NOVAS TECNOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES**

CLAUDIO DA SILVA

**DETERMINAÇÃO DE INDICES DE CONSUMO PARA DIFERENTES SISTEMAS
ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO PARA EDIFICIOS RESIDENCIAIS NA
REGIÃO DE CRICIUMA**

CRICIUMA, FEVEREIRO DE 2011

CLAUDIO DA SILVA

**DETERMINAÇÃO DE INDICES DE CONSUMO PARA
DIFERENTES SISTEMAS ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO
PARA EDIFICIOS RESIDENCIAIS NA REGIÃO DE CRICIUMA**

Monografia apresentada à Diretoria de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC, para a obtenção do título de especialista em Coordenação de Projetos e Novas Tecnologias em Edificações.

Orientador: Prof.(Esp). Alexandre Vargas

CRICIUMA, FEVEREIRO DE 2011.

Dedico este trabalho a minha mãe
falecida no ano de 2010, e que
eternamente estará em meu coração.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por ter me proporcionado saúde para vencer mais uma etapa na minha vida.

Habito de trabalhar com um objetivo definido
Irá ajudá-lo a concentrar toda a atenção numa
determinada missão, até realizá-la

(Napoleon Hill do livro "A lei do triunfo")

RESUMO

A engenharia estrutural tem dado grandes saltos, no aspecto da análise dos sistemas estruturais, com a crescente evolução da informática. Poderosos computadores e sofisticados programas de cálculo possibilitam uma maior precisão de resultados. A competitividade do mercado vem a exigir do profissional engenheiro uma otimização nos projetos que, conseqüentemente, implicará em obras mais seguras, econômicas com qualidade e maior vida útil. A decisão na escolha do melhor sistema estrutural é, sem dúvida, a grande questão a ser respondida. Neste trabalho é realizado o estudo de um grupo de quarenta edifícios residenciais, executados na região de Criciúma para a determinação de índices relativos à estrutura de concreto armado. São avaliados diversos parâmetros tais como: espessura média de concreto, consumo de aço por volume e por metro quadrado, número de pilares por metro quadrado, cargas nas fundações e no pavimento tipo entre outros. O trabalho é desenvolvido a partir da divisão em quatro grupos de dez edifícios, sendo cada grupo com um sistema estrutural. São adotados: laje pré-fabricada com blocos cerâmicos, laje maciça, laje nervurada com EPS e laje nervurada com forma plástica recuperável (cubeta). Para cada grupo de edifícios é montada uma planilha contemplando os diversos índices levantados. Ao final são apresentados, por meio de gráficos, os valores médios para cada índice de cada grupo de dez edifícios com os diferentes sistemas estruturais adotados.

Palavras chave: Análise Estrutural. Concreto Armado. Estruturas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Detalhe da laje pré-moldada.....	22
Figura 2 – Detalhe da laje nervurada com EPS.....	24
Figura 3 – Detalhe da laje nervurada com cubeta recuperável.....	25
Figura 4 – Configuração da laje pré-moldada.....	28
Figura 5 – Configuração da laje nervurada com EPS.....	29
Figura 6 – Configuração da laje nervurada com cubeta recuperável.....	30
Figura 7 – Comparativo de taxa de armadura.....	37
Figura 8 – Comparativo de taxa de armadura no pavimento tipo.....	37
Figura 9 – Comparativo de espessura media total.....	38
Figura 10 – Comparativo de espessura no pavimento tipo.....	38
Figura 11 – Comparativo de carga/m2 do edifício.....	39
Figura 12 – Comparativo de m2/pilar no pavimento tipo.....	39
Figura 13 – Comparativo de carga/pilar no pavimento tipo.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantitativos das amostras de laje pré-moldada.....	33
Tabela 2 – Índices de consumo da laje pré-moldada.....	33
Tabela 3 – Quantitativos das amostras de laje maciça.....	34
Tabela 4 – Índices de consumo da laje maciça.....	34
Tabela 5 – Quantitativos das amostras de laje nervurada com EPS.....	35
Tabela 6 – Índices de consumo da laje nervurada com EPS.....	35
Tabela 7 – Quantitativos das amostras de laje nervurada com cubeta recuperável..	36
Tabela 8 – Índices de consumo da laje nervurada com cubeta recuperável.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	11
2.1. Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1. Cimento Portland.....	12
3.2 Concreto.....	13
3.3 Aço.....	13
3.4 Concreto Armado	14
3.5 Historico do concreto armado	14
3.6 Aplicações do concreto armado	16
3.7 Vantagens e desvantagens do concreto armado	17
3.7.1 Vantagens	17
3.7.2 Desvantagens	18
3.8 Estrutura	18
3.9 Concepção Estrutural	19
3.10 Sistemas Estruturais.....	19
3.11 Elementos Estruturais	20
3.11.1 Lajes	20
3.11.1.1 Laje pré-moldada.....	20
3.11.1.2 Laje Maciça	22
3.11.1.3 Laje Nervurada com EPS	23
3.11.1.4 Laje nervurada com cubeta recuperável.....	24
3.11.2 Vigas.....	25
3.11.3 Pilares.....	25
3.12 Normas técnicas.....	26
3.13 A importância do projeto estrutural.....	26
4. METODOLOGIA	27
4.1 Laje pré moldada.....	28
4.2 Laje maciça	28
4.3 Laje nervurada com EPS	29
4.3 Laje nervurada com cubeta recuperável	29

5. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	30
6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	Erro! Indicador não definido.
7 CONCLUSÃO	14
REFERÊNCIAS.....	14

1. INTRODUÇÃO

Por ocasião da contratação de um projeto estrutural, várias são as definições exigidas, quer por parte do contratante como pelo projetista.

O fator financeiro é sempre o primeiro ponto a ser questionado. No entanto, não existe uma equação capaz de determinar o custo da estrutura em relação ao sistema estrutural adotado. As características do projeto arquitetônico é um dos pontos preponderantes para estabelecer o sistema estrutural a ser adotado. No entanto, normalmente, existe mais de uma possibilidade estrutural e, o conhecimento prévio de parâmetros que co-relacionem os custos com o sistema adotado é de fundamental importância para a tomada de decisão. Este é o foco principal desse estudo, ou seja, determinar índices que possam auxiliar na definição do sistema estrutural mais adequado para cada projeto.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral.

Estabelecer índices para projetos estruturais em concreto armado, para diferentes sistemas estruturais, em edifícios residências na região de Criciúma.

2.2 Objetivos Específicos.

- Definir quatro diferentes sistemas estruturais a serem analisado para um conjunto de amostras.
- Agrupa-los por tipologia de sistema estrutural.
- Coletar quantitativos de cada grupo de sistema estrutural analisado utilizando projetos já elaborados com as obras executadas e/ou em execução.
- Compilar os dados coletados
- Definir índices comuns a cada sistema.
- Elaborar uma análise comparativa dos resultados obtidos.
- Estabelecer dados de consumo para auxiliar na tomada de decisão do sistema estrutural a ser adotado para cada projeto arquitetônico.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Cimento Portland

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre. Estes silicatos e aluminatos complexos, ao serem misturados com água, hidratam-se e produzem o endurecimento da massa, oferecendo elevada resistência mecânica.

O cimento Portland resulta da moagem de um produto denominado clínquer, obtido pelo cozimento até a fusão da mistura de calcário e argila convenientemente dosados e homogeneizados, de tal forma que toda a cal se combine com os compostos argilosos, sem que, depois do cozimento, resulte cal livre em quantidade prejudicial à mistura. Após a queima, é feita pequena adição de sulfato de cálcio a fim de regularizar o tempo de início das reações do aglomerante com a água.

A sua descoberta é creditada à Joseph Aspdin, um pedreiro, que em 1824 patenteou o produto com o nome de cimento Portland, numa referência a *portlandstone*, um tipo de rocha arenosa muito utilizada na Inglaterra na região de Portland. Entretanto poucos anos antes na França o engenheiro e pesquisador Louis Vicat publicou o resultado de suas experiências contendo a teoria básica para a produção e o emprego de um novo tipo de aglomerante, o cimento artificial. Também não pode ser esquecido o trabalho de John Smeaton que já em 1756, procurava um aglomerante que endurecesse e resistisse à ação da água de modo a facilitar a reconstrução do farol de Edystone, na Inglaterra. Em suas tentativas, verificou que uma mistura calcinada de calcário e argila tornava-se, depois de moída e misturada com água, uma rocha tão resistente quanto às que usava nas suas construções.

3.2 Concreto

O concreto é um produto resultante do endurecimento de uma mistura de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água, adequadamente proporcionada.

Sendo um material para fins estruturais, após endurecido deve ter resistência mecânica e durabilidade. Possui boa resistência a compressão porém sua resistência à tração é pequena, cerca de 10% da resistência à compressão. Um aspecto interessante e peculiar do concreto é que estas propriedades podem ser modificadas de acordo com a proporção entre seus constituintes. Além disso, estas propriedades dependem fundamentalmente das características do material antes da ocorrência da pega e endurecimento. Esta fase do concreto é denominada estado fresco.

Funções da pasta (cimento + água)

- Dar impermeabilidade ao concreto
- Dar trabalhabilidade ao concreto
- Envolver os grãos
- Preencher os vazios entre os grãos

Funções do agregado

- Reduzir o custo do concreto
- Reduzir as variações de volume
- Contribuir com grãos capazes de resistir aos esforços solicitantes (devem ter resistência superior a da pasta)

3.3 Aço

Aço é uma liga metálica composta principalmente de ferro e de pequenas quantidades de carbono (em torno de 0,002% até 2%)

Os aços estruturais para construção civil possuem teores de carbono da ordem de 0,18% a 0,25%. Entre outras propriedades, o aço apresenta resistência e ductilidade, muito importante para a Engenharia Civil.

Como o concreto simples apresenta pequena resistência à tração e é frágil, é altamente conveniente à associação do aço ao concreto, obtendo-se o concreto armado. (Libânio M. Pinheiro, 2004).

Esse material, adequadamente dimensionado e detalhado, resiste muito bem à maioria dos tipos de solicitação. Mesmo em peças compridas, além de fornecer ductilidade, o aço aumenta a resistência à compressão.

3.4 Concreto Armado

Concreto armado é um material composto de concreto e aço associados entre si por meio de aderência tal forma que constituem um sólido único. A união desses elementos tem por finalidade aproveitar as características de cada elementos do ponto de vista da resistência. O concreto armado pode ser empregado na construção de estruturas, lajes, vigas, pilares, fundações, pontes, arcos, barragens, muros, postes, e em toda obra que apresente resistência ao uso.

3.5 Historico do concreto armado

O concreto armado foi a maior invenção do século 18, para a engenharia e a arquitetura mundial. A sua utilização como material de construção veio trazer inúmeras vantagens para a construção civil, entre elas a segurança contra o fogo, rapidez de execução, economia, durabilidade, impermeabilização, resistência a choques e vibrações, plasticidade e facilidade na moldagem de elementos construtivos assumindo as diversas formas dos projetos de arquitetura.

Alguns pesquisadores afirmam que o concreto armado teve como precursores o norte-americano Hyatt e o francês Lambot, que chegou a construir um pequeno barco com este material. No entanto, quem ficou conhecido como inventor do concreto armado foi o francês Joseph Monier, um jardineiro que fabricava vasos de madeira para flores e que determinada vez resolveu experimentar com sucesso a substituição da madeira por uma argamassa de cimento e areia com armação de

arame. Apesar de Hyatt e Lambot terem dado o pontapé inicial na invenção do concreto armado, foi Monier quem tirou a patente do material e levou à indústria ainda de forma empírica, o fruto das suas observações.

Monier difundiu e incrementou a indústria dos seus vasos e jarros, tendo mais tarde verificado a possibilidade de estender o material à construção de reservatórios e encanamentos, embora de forma rudimentar, sem nenhum controle de cálculos matemáticos. Em 1867, levou seus produtos patenteados a uma exposição internacional, onde foram observados, despertando as atenções de grande números de engenheiros, principalmente da Alemanha, país de onde vieram representantes de duas firmas, Martenstein & Jossaux e Freytag & Heidschuh, que de pronto negociaram com o antigo jardineiro, comprando-lhe as patentes.

O engenheiro Wass recebeu a incumbência do diretor da Freytag & Heidschuh, Theodor Freytag, para proceder o estudo do concreto armado. As pesquisas e a utilização do concreto armado vieram progredindo lentamente, em bases empíricas até 1890, quando Koeren formulou a primeira teoria, apontando a colocação racional do ferro nas partes submetidas a determinados tipos de esforços. Anos depois, as empresas Freytag & Heidschuh e Martenstein & Jossaux se uniram, resultando em Wayss & Freytag, empresa de projeção mundial que teve escritório técnico no Brasil. Essa empresa fomentou os estudos sobre o concreto armado, tendo obtido êxito, como ter instalado um laboratório que entregou à direção de Moersch, permitindo-lhe lançar os princípios das modernas teorias e as primeiras conclusões racionais sobre o comportamento do concreto armado.

Os estudos de Moersch tiveram continuação na Alemanha, onde também deve ser citado o nome de Dischinger e na França sobressaindo os estudos de Freyssinet, através de considerações quanto à pega do material, e novas fórmulas de cálculo.

No Brasil, o concreto armado atingiu um grau de desenvolvimento excepcional, o que se deve, em grande parte, ao engenheiro Emílio H. Baumgart, natural de Santa Catarina e diplomado pela antiga Escola Politécnica do Rio de Janeiro. O Brasil atingiu uma posição de vanguarda, evidenciada na segurança e no

arrojo de diversas realizações, valendo observar que os detalhes de execução nada tinham a ver com o que se fazia nos EUA e na Europa, pois se caracterizavam pela intenção de obter soluções mais econômicas e estéticas.

Atualmente, os trabalhos de cálculos estruturais e execução de obras de concreto armado estão regulamentados por normas técnicas de adequação já comprovada. Nas construções onde existem grandes vãos, como no caso de viadutos, pontes, reservatórios, etc., utiliza-se do concreto protendido, que é uma variável do concreto armado.

Como podemos ver, o Brasil teve grande participação no desenvolvimento da tecnologia do concreto armado.

3.6 Aplicações do concreto armado

Concreto é o material estrutural mais utilizado no mundo. Seu consumo anual é da ordem de uma tonelada por habitante.

Entre os materiais utilizados pelo homem, o concreto perde apenas para a água. Outros materiais como a madeira, alvenaria e aço também são de uso comum e há situações em que eles são imbatíveis, porém suas aplicações são bem mais restritas.

Algumas aplicações do concreto são relacionadas a seguir.

- Edifícios: mesmo que a estrutura principal não seja de concreto, alguns elementos, pelo menos, o serão;
- Galpões e pisos industriais ou para fins diversos
- Obras hidráulicas e de saneamento: barragens, tubos, canais, reservatórios, estações de tratamento, etc;
- Rodovias: pavimentação de concreto, pontes, viadutos, passarelas, túneis, galerias, obras de contenção, etc;

- Estruturas diversas: elementos de cobertura, chaminés, torres, postes, mourões, dormentes, muros de arrimo, piscinas, silos, cais, fundações de máquinas, etc

3.7 Vantagens e desvantagens do concreto armado

Como material estrutural; o concreto armado apresenta várias vantagens e desvantagens.

3.7.1 Vantagens

- É moldável, permitindo grande variabilidade de formas e concepções arquitetônicas.
- Apresenta boa resistência à maioria dos tipos de solicitações, desde que seja feito um correto dimensionamento e um adequado detalhamento das armaduras.
- A estrutura é monolítica, fazendo com que todo o conjunto trabalhe quando a peça é solicitada.
- Baixo custo dos materiais
- Baixo custo de mão de obra, pois em geral não exige profissionais com elevado nível de qualificação.
- Processos construtivos conhecidos e bem difundidos em quase todo país.
- Facilidade e rapidez de execução, principalmente se forem utilizadas peças pré-moldadas.
- O concreto é durável e protege a armação contra a corrosão.
- Os gastos de manutenção são reduzidos, desde que a estrutura seja bem projetada e adequadamente executada.
- O concreto é pouco permeável à água, quando executado em boas condições de plasticidade, adensamento e cura.
- É um material seguro contra fogo, desde que a armadura seja convenientemente protegida pelo cobrimento.

- É resistente a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e a desgastes mecânicos.

3.7.2 Desvantagens

- Baixa resistência à tração.
- Fragilidade.
- Fissuração
- Peso próprio elevado.
- Custo de fôrmas para moldagem.
- Corrosão das armaduras.
- Tempo de escoramento quando moldado “in loco”

3.8 Estrutura

De uma forma geral, entende-se por estrutura tudo aquilo que sustenta algo, por exemplo o esqueleto humano que dá sustentação ao corpo, mas o conceito de estrutura é muito mais amplo e está vinculado a todas as áreas do conhecimento humano.

Cada uma das áreas do conhecimento, trata a estrutura de uma forma diferente umas das outras, ou seja, um músico vai usar palavras diferentes do engenheiro para dar uma definição de estrutura mas a idéia básica é a mesma, a que define estrutura como sendo um conjunto ou um sistema de elementos que se inter-relacionam para desempenhar uma função, permanente ou não.

No caso das edificações, o conjunto ou sistema estrutural é composto basicamente por vigas, lajes e pilares que se inter-relacionam, dando sustentação a cada um dos pavimentos que compõem o edifício e por sua vez descarregam as cargas nas fundações.

Este conjunto inter-relacionado tem como função dar sustentação a edificação onde pessoas exercerão suas diversas atividades.

3.9 Concepção Estrutural

A concepção estrutural também conhecida como lançamento da estrutura tem por objetivo determinar ou escolher um sistema estrutural que englobe todos os elementos estruturais que irão suportar os esforços oriundos das ações que o edifício estará sujeito e transmití-lo ao solo através da fundação.

A solução estrutural adotada deve levar em conta a finalidade da edificação, atender as condições impostas pela arquitetura e principalmente atender a todos os itens estabelecidos pelas normas técnicas específicas relativos a segurança, resistência, desempenho e durabilidade das estruturas de concreto armado.

3.10 Sistemas Estruturais

Vários são os tipos de sistema estruturais que podem ser adotados para as edificações. As mais usuais são as que utilizam laje pré-fabricada convencional, laje maciça convencional, laje nervurada com EPS como elemento de enchimento e laje nervurada com cubeta recuperável.

Em alguns casos especiais, onde pretende-se vencer grandes vãos, pode ser utilizado um sistema estrutural com lajes protendidas onde em termos de resistência, controle de deformação e fissuração, possuem um melhor desempenho em relação aos sistemas mais usuais.

Um sistema estrutural alternativo que pode ser utilizado é um sistema de lajes sem vigas, ou seja, as lajes descarregam os esforços diretamente nos pilares. Estas lajes são denominadas lajes lisas, ou lajes cogumelo.

A escolha do tipo do sistema estrutural a ser adotado depende de dois principais fatores, que são eles o técnico e econômico.

O fator técnico está relacionado com o conhecimento do profissional em desenvolver um bom projeto que atenda as recomendações das normas técnicas e que sua execução seja possível. A disponibilidade de materiais, mão de obra e equipamentos necessários para a execução também estão relacionados com o fator técnico.

O fator econômico diz respeito principalmente ao custo que o sistema estrutural adotado irá representar no montante da obra.

3.11 Elementos Estruturais

3.11.1 Lajes

De acordo com a classificação geral das peças estruturais, as placas são estruturas laminares com superfície média plana, solicitadas predominantemente por forças perpendiculares ao seu plano médio. Nas estruturas de concreto, as placas usualmente ganham o nome de lajes.(Fusco 1994, pg237)

Nos edifícios de múltiplos pisos, as lajes respondem por elevada parcela do consumo de concreto. No caso de lajes maciça, esta parcela chega usualmente a quase dois terços do volume total de concreto da estrutura. Por esta razão e pelo fato das lajes possuírem muito baixo fator de eficiência, torna-se oportuno o estudo aprofundado dos critérios de escolha dos tipos de lajes a serem empregados nos edifícios de vários pisos, tendo em vista a obtenção de soluções técnica e economicamente otimizadas. (Vizoto 2002, pg.7)

3.11.1.1 Laje pré-moldada

As lajes pré-moldadas constitui-se em um avanço tecnológico em relação as lajes moldadas no local

A adoção de métodos de construção com o emprego de elementos pré-fabricados foi o caminho espontâneo que a Engenharia Civil encontrou para o barateamento das obras.

A construção com elementos pré-fabricados foi a solução para se encontrar uma nova maneira de construir e, dentro dela, as lajes com vigotas pré-moldadas passaram a ser um recurso indispensável à moderna técnica de construção de edifícios.

As idéias básicas que levaram às lajes pré-moldadas são bem simples

Da experiência de dimensionamento das lajes maciças de concreto armado, sabia-se que as tensões de compressão nas lajes eram em geral muito baixas e que as seções resistentes de concreto armado solicitadas à flexão estavam, em boa parte, submetidas a tensões de traço, resistidas pelas armaduras, sem qualquer colaboração da maior parte do concreto tracionado.

A eliminação desse concreto tracionado, mantendo-se o concreto comprimido no lado oposto da seção transversal foi a primeira idéia

No lugar do concreto tracionado a ser eliminado, eram colocados materiais inertes de enchimentos.

Todavia, essa eliminação não poderia ser total. Em princípio deveria substituir uma parte do concreto tracionado, com a finalidade de alojar a armadura de tração e realizar a ligação dessa armadura com a zona de concreto comprimida, mantido na forma de uma capa superior da laje, formando-se assim a seção transversal resistente à flexão. Estava desse modo definido o arranjo básico das lajes nervuradas.

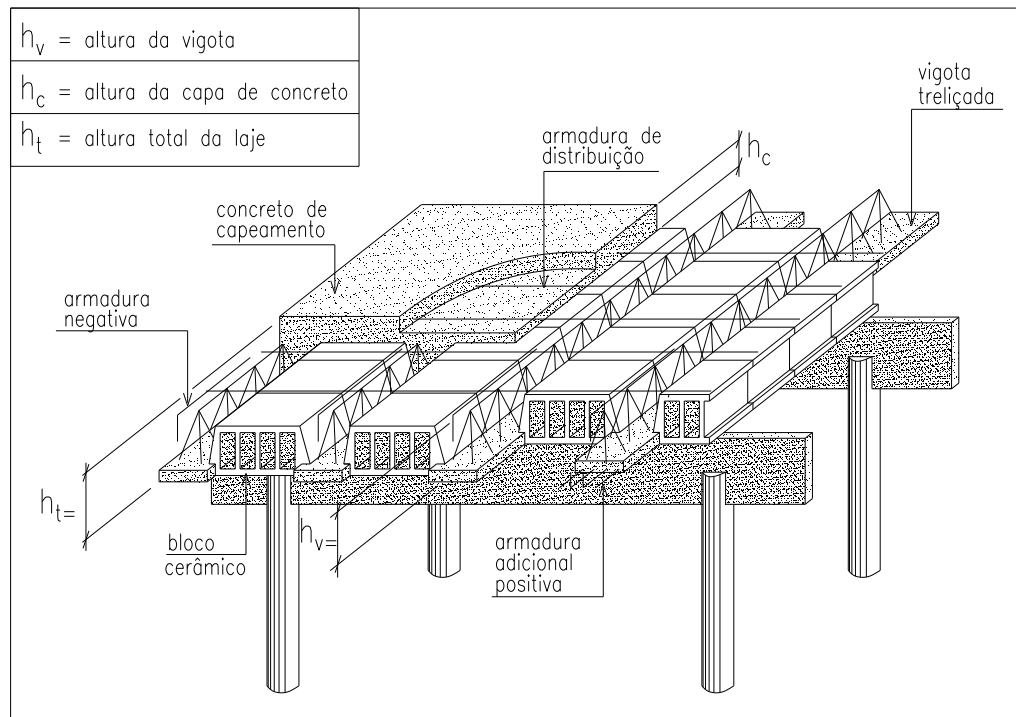


Figura 01 – Detalhe da laje pré-moldada
 Fonte: Arquivo do autor

3.11.1.2 Laje Maciça

Lajes maciças são constituídas por placas de concreto armado, cuja armadura pode ser calculada em uma ou duas direções.

As reações provenientes dessas lajes são distribuídas nas vigas que a contornam, propiciando com isso um melhor aproveitamento das vigas do pavimento, pois todas elas, dependendo apenas dos vãos, podem ter cargas de mesma ordem e grandeza.

Uma vantagem em relação a jeje pré-moldada está na facilidade de colocar, antes da concretagem, dutos elétricas e outros tipos de tubulações

3.11.1.3 Laje Nervurada com EPS

As lajes nervuradas foram a evolução natural da idéia inicial que levou a concepção das lajes mistas.

Lajes nervuradas são àquelas com resistência à tração concentrada apenas nas nervuras, entre as quais eventualmente podem ser colocados materiais não estruturais, de modo a tornar plana a superfície inferior da peça.

As lajes nervuradas constituem-se em uma evolução natural da laje maciça, resultante da eliminação da maior parte do concreto abaixo da linha neutra, o que permite o aumento econômico da espessura total das lajes pela criação de vazios em um padrão rítmico de arranjo. Forma-se assim um sistema estrutural altamente eficiente, constituído por um conjunto de nervuras dispostas em uma ou duas direções com espaçamentos regulares entre si.

As lajes nervuradas foram idealizadas para se ter alívio do peso próprio da estrutura e um aproveitamento mais eficiente do aço e do concreto

O poliestireno expandido, usualmente chamado de EPS, é uma matéria plástica derivada do petróleo, normalizada pela norma brasileira NBR 11752, constituindo-se em uma espuma termoplástica, classificada como um material rígido e tenaz.

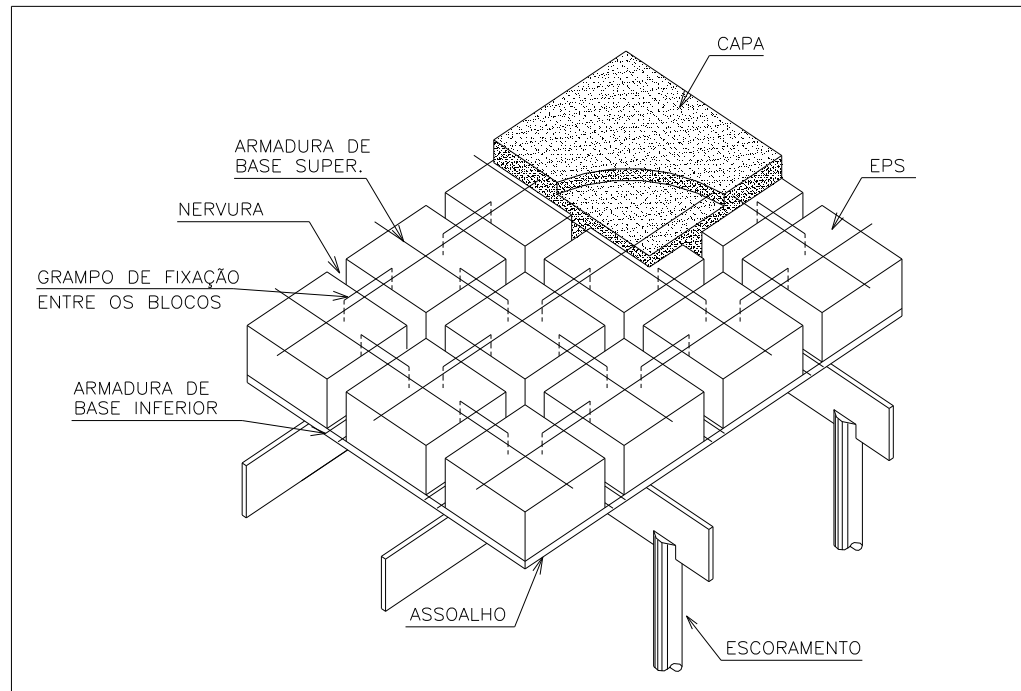


Figura 02 – Detalhe da laje nervurada com EPS
Fonte: Arquivo do autor

3.11.1.4 Laje nervurada com cubeta recuperável

As lajes nervradas com cubeta recuperável seguem o mesmo modelo adotado para as lajes nervradas com EPS. A diferença ocorre apenas no material utilizado entre as nervuras constituído, nesse caso, por formas plásticas reutilizáveis.

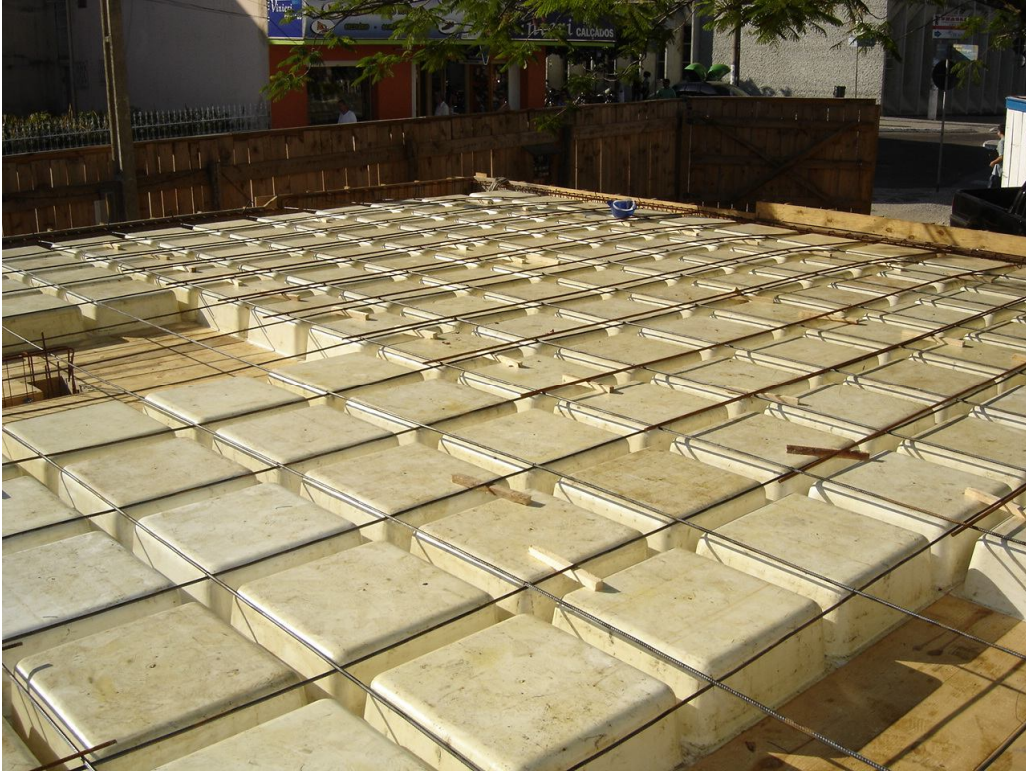


Figura 03 – Detalhe da nervurada com cubeta recuperável
Fonte: Arquivo do autor

3.11.2 Vigas

São barras horizontais que delimitam as lajes, suportam paredes e recebem ações das lajes ou de outras vigas e as transmitem para os apoios.

3.11.3 Pilares

Pilares são elementos estruturais lineares de eixo reto, usualmente disposto na vertical em que as forças normais de compressão são preponderantes e cuja função principal é receber as ações atuantes nos diversos níveis e conduzi-las até as fundações.

Junto com as vigas, os pilares formam os pórticos, que na maior parte dos edifícios são os responsáveis por resistir às ações verticais e horizontais e garantir a estabilidade global da estrutura,

As ações verticais são transferidas aos pórticos pelas estruturas dos andares, e as ações horizontais decorrentes do vento são levadas aos pórticos pelas paredes externas.

3.12 Normas técnicas

Com o intuito de promover uma padronização na confecção de projetos, na execução e no controle das obras, que garanta a segurança adequada e a qualidade do produto final, a Associação Brasileira de Normas Técnicas regulamenta os procedimentos a serem empregados por meio de normas específicas.

No caso de estruturas de concreto, as mais importantes são:

- NBR 6118 de março de 2003: Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimentos;
- NBR 6120: Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações – procedimentos;
- NBR 8681 de março de 2003: Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimentos;
- NBR 14931 de março de 2003: Execução de Estruturas de Concreto – Procedimentos

3.13 A importância do projeto estrutural

Diversos estudiosos atribuem à fase de projeto a responsabilidade pela maioria das patologias e incompatibilizações encontradas nas edificações. Sua existência se dá devido às falhas e soluções inadequadas ao produto e ao uso.

No projeto são prescritas todas as informações necessárias para construção, contendo considerações de normas, resultados de cálculos, informações fundamentais para uma construção segura, onde este tem por objetivo o detalhamento do sistema construtivo, criando um produto para utilização em obra.

A responsabilidade do projetista é selecionar, dentre diversas alternativas, o melhor sistema estrutural para as características da edificação em questão, pois a escolha correta de um sistema estrutural é muito importante sob o ponto de vista dos custos e da funcionalidade.

Cabe ainda ao projetista, a análise e a decisão da tipologia e do lançamento a ser utilizado.

Atualmente é inconcebível pensar no projeto sem ter em mente o processo executivo. Um bom projeto estrutural procura evitar improvisações no canteiro de obras, através de compatibilização de interfaces com os demais projetos, e de um estrutural bem solucionado.

A obtenção de um aumento na produtividade e na qualidade das estruturas está associada intimamente às características do projeto. Uma informação errada ou a falta de um dado importante irá comprometer o custo e a qualidade do produto final.

4. METODOLOGIA

Para a obtenção dos índices propostos nesse trabalho, inicialmente serão coletados valores de consumo de materiais que compõem a estrutura de concreto armado, de um conjunto de quarenta obras projetadas pela empresa Machadovargas Arquitetura e Engenharia Ltda., na região de Criciúma, sendo dez obras para cada sistema estrutural.

Quatro são os tipos de sistema estrutural objeto desse estudo, quais sejam: Laje pré-moldada convencional; laje maciça; laje nervurada com EPS como

material de enchimento e laje nervurada utilizando formas recuperáveis (cubetas).

Os valores obtidos serão compilados em planilhas eletrônicas para, a partir daí, compor os diversos índices.

4.1 Laje pré moldada

Este primeiro sistema compõe uma estrutura convencional com o uso de laje pré-moldada comum, composta por vigotas maciças de concreto e blocos cerâmicos com espessura total de 12cm, sendo 8cm de laje mais 4cm de capa de concreto.

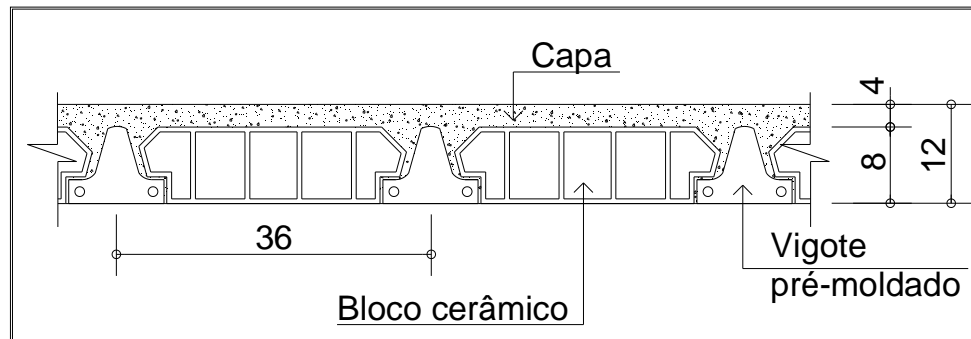


Figura 04 – Configuração da laje pre moldada
Fonte: Arquivo do autor

4.2 Laje maciça

Estrutura composta por lajes maciças em concreto, com 12cm de espessura média e por vigas. Esse sistema obedece ao critério de dispor as vigas de forma a comporem panos de lajes com áreas aproximadamente equivalentes. Algumas paredes estão dispostas sobre lajes, sem a presença de vigas para sua sustentação direta.

4.3 Laje nervurada com EPS

Este sistema é concebido como laje nervurada, com vigas na periferia do pavimento, no corpo da escada e elevador e, eventualmente em posições que assim o requeira. Os capitéis têm a mesma espessura da laje, cujo material de enchimento é o EPS. A laje tem espessura total de 25cm conforme figura abaixo.

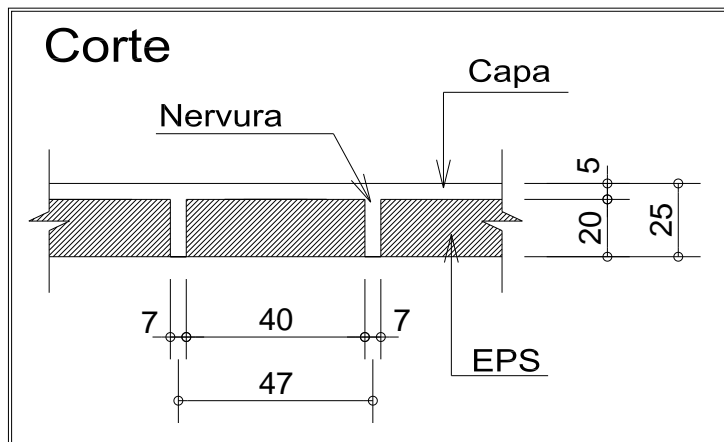


Figura 05 – Configuração da laje nervurada com EPS
Fonte: Arquivo do autor

4.3 Laje nervurada com cubeta recuperável

Segue o mesmo princípio utilizado no sistema anterior, com o diferencial no elemento de enchimento da laje, que é substituído por formas plásticas reutilizáveis, denominadas aqui por cubetas. A laje tem espessura total de 23cm, conforme apresentado na figura a seguir.

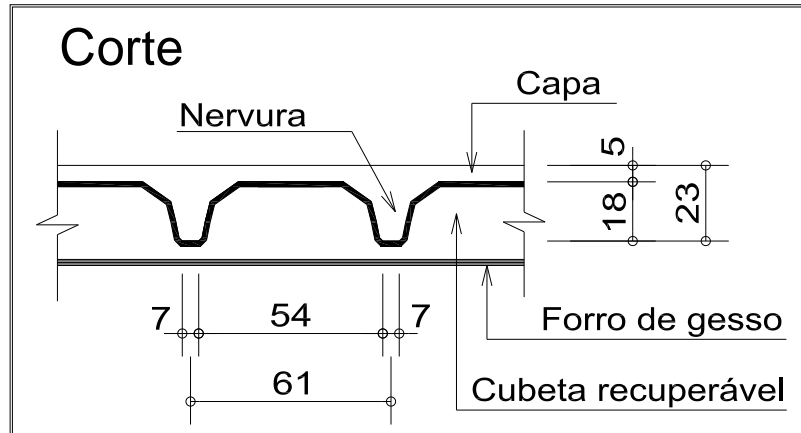


Figura 06 – Configuração da laje nervurada com cubeta recuperavel
Fonte: Arquivo do autor

5. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Foi estabelecido um numero de dez amostras para cada sistema estrutural a ser analisado.

Num período de três meses foram coletados os dados necessários para o desenvolvimento desse trabalho utilizando um banco de dados da empresa Machadovargas Arquitetura e Engenharia Ltda. onde, para cada edifício amostra, os seguintes dados foram extraídos:

- Área total do projeto arquitetônico (m²)
- Área do pavimento tipo do projeto arquitetônico (m²)
- Quantidade de pilares no pavimento tipo no projeto estrutural
- Somatória das cargas na fundação do projeto estrutural (t)
- Volume total de concreto do projeto estrutural (m³)
- Volume de concreto do pavimento tipo do projeto estrutural (m³)
- Aço total do projeto estrutural (kg)
- Aço no pavimento tipo do projeto estrutural (kg)

Para o armazenamento dos dados coletados foram criadas tabelas, na planilha eletrônica "Microsoft Excel", onde foram inseridos os valores para cada um dos dados especificados anteriormente.

De posse de todos os dados, foi criada outra tabela, onde os índices para cada amostra, propostos por esse trabalho, foram calculados conforme descrição a seguir:

- Taxa de armadura total do edifício (kg/m^3)
- Taxa de armadura no pavimento tipo (kg/m^3)
- Espessura media de concreto total do edifício (m^3/m^2)
- Espessura media de concreto no pavimento tipo (m^3/m^2)
- Carga total do edifício dividido pela área total (t/m^2)
- Área do pavimento tipo dividido pelo numero de pilares (m^2/pilar)
- Carga por pilar no pavimento tipo (t/pilar)
- Carga por pilar no edifício (t/pilar)

As tabelas foram preenchidas com todos os índices especificados acima, adotando-se a media aritmética dos valores, para se chegar a um valor universal.

Na apresentação e análise dos resultados, são apresentadas as tabelas elaboras bem como gráficos comparativos entre todas as médias dos índices encontrados para os quatro sistemas estruturais analisados, com o objetivo de identificar o sistema estrutural com melhor desempenho.

6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo, são apresentados os dados coletados a partir das amostras selecionadas, além dos índices estabelecidos.

Foram utilizadas planilhas eletrônicas para essa finalidade e, os dados obtidos estão compilados nas tabelas 4 a 8, a seguir.

Na sequência, as figuras 4 a 13, apresentam os resultados agrupados, possibilitando um estudo comparativo das médias obtidas dos diferentes índices para os quatro sistemas estruturais estudados, auxiliando assim, para uma rápida tomada de decisão quanto ao tipo de estrutura a ser inicialmente adotada.

Laje pre moldada

Edifício	Area total do edifício (m2)	Area pavto tipo (m2)	Pilares no pavto tipo	Carga total (ton)	Volume total de concreto (m3)	Vol. de concreto pavto Tipo (m3)	Aço total (kg)	Aço pavto tipo (kg)
Amostra 1	2282	228	25	2887	390	41	28812	2952
Amostra 2	3362	374	42	4003	550	60	40583	3584
Amostra 3	3533	278	26	3976	642	43	45405	2620
Amostra 4	3798	327	35	4118	621	46	45745	3174
Amostra 5	4060	360	41	4573	738	58	53268	3540
Amostra 6	4605	471	47	5643	884	76	58644	4418
Amostra 7	5370	464	46	5868	942	76	63603	4376
Amostra 8	5564	497	56	5677	883	79	56606	4385
Amostra 9	5646	333	32	5772	902	47	66924	3372
Amostra 10	6598	511	45	7312	1177	80	81095	4897

Tabela 01 – Quantitativo das amostras de laje pre moldada

Fonte: Arquivo do autor

Índices de consumo para laje pre moldada

kg/m3 total	kg/m3 tipo	espessura media total m3/m2	espessura media no tipo m3/m2	carga/m2 (ton)	m2/pilar pavto tipo	carga/pilar pavto tipo (ton)	
74	72	0,17	0,18	1,265	9,12	11,54	
74	60	0,16	0,16	1,191	8,90	10,60	
71	61	0,18	0,15	1,125	10,69	12,03	
74	69	0,16	0,14	1,084	9,34	10,13	
72	61	0,18	0,16	1,126	8,78	9,89	
66	58	0,19	0,16	1,225	10,02	12,28	
68	58	0,18	0,16	1,093	10,09	11,02	
64	56	0,16	0,16	1,020	8,88	9,06	
74	72	0,16	0,14	1,022	10,41	10,64	
69	61	0,18	0,16	1,108	11,36	12,58	
71	67	0,17	0,17	1,187	10,24	12,06	medias

Tabela 02 – Índices de consumo para laje pre moldada

Fonte: Arquivo do autor

Laje Maciça

Edifício	Area total do edifício (m2)	Area pavto tipo (m2)	Pilares no pavto tipo	Carga total (ton)	Volume total de concreto (m3)	Vol. de concreto pavto Tipo (m3)	Aço total (kg)	Aço pavto tipo (kg)
Amostra 1	1301	260	20	1408	230	45	16808	3098
Amostra 2	1967	367	26	1761	422	73	29660	5041
Amostra 3	2079	249	22	2054	330	40	25952	3030
Amostra 4	2101	420	33	2499	438	78	33650	5788
Amostra 5	3800	383	36	4637	798	78	57515	5452
Amostra 6	3964	415	37	4929	852	82	70687	5904
Amostra 7	4228	265	22	5126	988	55	78661	4125
Amostra 8	4493	458	40	5563	955	93	77268	7461
Amostra 9	4907	581	50	5294	865	98	71024	7159
Amostra 10	6949	518	53	7624	1320	93	105632	7161

Tabela 03 – Quantitativos das amostras de laje pre maciça

Fonte: Arquivo do autor

Índices de consumo para laje maciça

kg/m3 total	kg/m3 tipo	espessura media total m3/m2	espessura media no tipo m3/m2	carga/m2 (ton)	m2/pilar pavto tipo	carga/pilar pavto tipo (ton)	
73	69	0,18	0,17	1,082	13,00	14,07	
70	69	0,21	0,20	0,895	14,12	12,64	
79	76	0,16	0,16	0,988	11,32	11,18	
77	74	0,21	0,19	1,189	12,73	15,14	
72	70	0,21	0,20	1,220	10,64	12,98	
83	72	0,21	0,20	1,243	11,22	13,95	
80	75	0,23	0,21	1,212	12,05	14,60	
81	80	0,21	0,20	1,238	11,45	14,18	
82	73	0,18	0,17	1,079	11,62	12,54	
80	77	0,19	0,18	1,097	9,77	10,72	
77	73	0,18	0,18	1,090	11,39	12,40	medias

Tabela 04 – Índices de consumo para laje maciça

Fonte: Arquivo do autor

Laje nervurada com EPS

Edifício	Area total do edifício (m2)	Area pavto tipo (m2)	Pilares no pavto tipo	Carga total (ton)	Volume total de concreto (m3)	Vol. de concreto pavto Tipo (m3)	Aço total (kg)	Aço pavto tipo (kg)
Amostra 1	1868	272	25	2261	338	43	25290	3336
Amostra 2	1898	245	27	2239	365	40	30525	3170
Amostra 3	3565	442	36	3681	622	70	48451	5698
Amostra 4	3572	305	26	4348	695	54	56532	4036
Amostra 5	3776	285	19	4418	695	48	61701	4596
Amostra 6	4231	328	25	5101	798	59	65971	4924
Amostra 7	5028	292	25	5847	970	53	88060	4598
Amostra 8	5889	430	36	6762	1076	76	90562	6458
Amostra 9	6899	377	28	6872	1259	62	95872	4828
Amostra 10	8982	722	65	9606	1520	117	127447	9725

Tabela 05 – Quantitativos das amostras de laje nervurada com EPS

Fonte: Arquivo do autor

Índices de consumo para laje nervurada com EPS

kg/m3 total	kg/m3 tipo	espessura media total m3/m2	espessura media no tipo m3/m2	carga/m2 (ton)	m2/pilar pavto tipo	carga/pilar pavto tipo (ton)	
75	78	0,18	0,16	1,210	10,88	13,17	
84	79	0,19	0,16	1,180	9,07	10,70	
78	81	0,17	0,16	1,033	12,28	12,68	
81	75	0,19	0,18	1,217	11,73	14,28	
89	96	0,18	0,17	1,170	15,00	17,55	
83	83	0,19	0,18	1,206	13,12	15,82	
91	87	0,19	0,18	1,163	11,68	13,58	
84	85	0,18	0,18	1,148	11,94	13,72	
76	78	0,18	0,16	0,996	13,46	13,41	
84	83	0,17	0,16	1,069	11,11	11,88	
79	80	0,18	0,16	1,140	10,99	12,52	medias

Tabela 06 – Índices de consumo para laje nervurada com EPS

Fonte: Arquivo do autor

Laje nervurada com cubeta recuperavel

Edifício	Area total do edifício (m2)	Area pavto tipo (m2)	Pilares no pavto tipo	Carga total (ton)	Volume total de concreto (m3)	Vol. de concreto pavto Tipo (m3)	Aço total (kg)	Aço pavto tipo (kg)
Amostra 1	2454	205	20	3022	481	37	38738	3224
Amostra 2	3079	242	22	3654	610	43	46582	3319
Amostra 3	5056	283	19	5462	818	48	77166	4293
Amostra 4	5335	333	23	6444	930	52	72250	4778
Amostra 5	5775	383	32	6512	978	78	74307	5330
Amostra 6	6530	370	30	7183	1240	67	105400	6030
Amostra 7	8656	470	32	8132	1366	71	130450	7011
Amostra 8	14120	543	36	16095	2399	115	200604	10365
Amostra 9	14512	655	44	16688	2652	118	225284	9439
Amostra 10	17202	720	45	19438	3478	130	268653	9420

Tabela 07 – Quantitativos das amostras de laje nervurada com cubeta recuperavel

Fonte: Arquivo do autor

Indices de consumo para laje nervurada com cubeta recuperavel

kg/m3	kg/m3	espessura media	espessura media	carga/m2	m2/pilar	carga/pilar	
total	tipo	total m3/m2	no tipo m3/m2	(ton)	pavto tipo	pavto tipo (ton)	
81	87	0,20	0,18	1,231	10,25	12,62	
76	77	0,20	0,18	1,187	11,00	13,05	
94	89	0,16	0,17	1,080	14,89	16,09	
78	92	0,17	0,16	1,208	14,48	17,49	
76	68	0,17	0,20	1,128	11,97	13,50	
85	90	0,19	0,18	1,100	12,33	13,57	
95	99	0,16	0,15	0,939	14,69	13,80	
84	90	0,17	0,21	1,140	15,08	17,19	
85	80	0,18	0,18	1,150	14,89	17,12	
77	72	0,20	0,18	1,130	16,00	18,08	
79	80	0,20	0,18	1,181	13,13	15,35	medias

Tabela 08 – Indices de consumo para laje nervurada com cubeta recuperavel

Fonte: Arquivo do autor

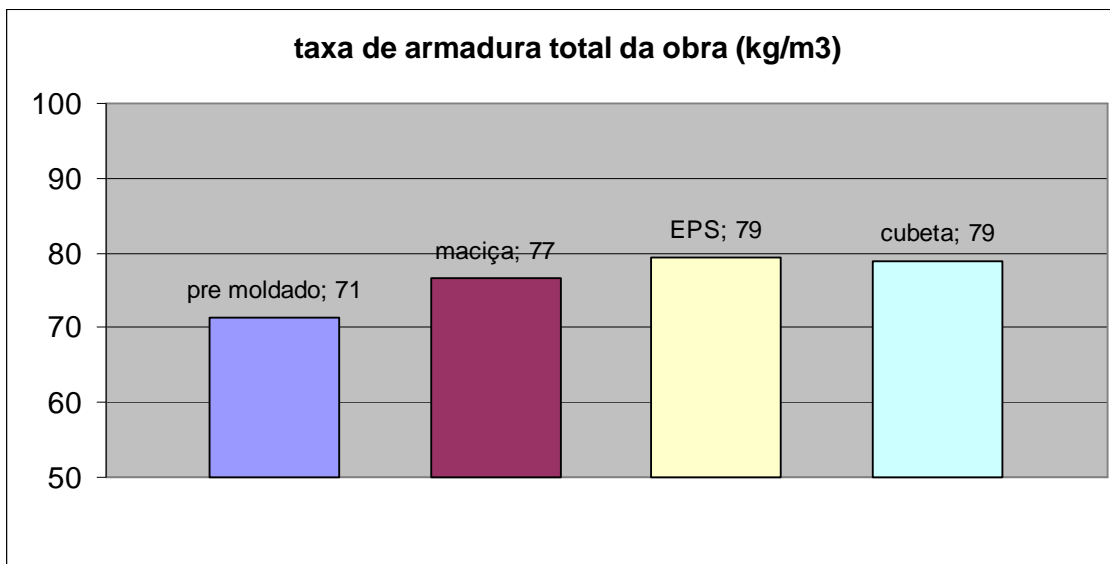


Figura 07 – Comparativo de taxa de armadura total
Fonte: Arquivo do autor

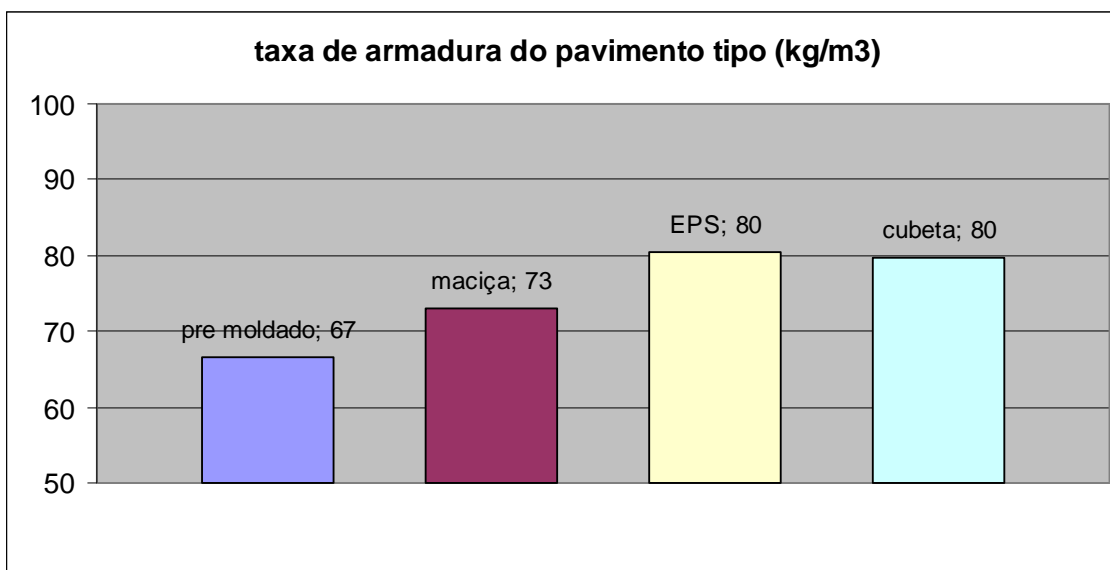


Figura 08 – Comparativo de taxa de armadura do pavimento tipo
Fonte: Arquivo do autor

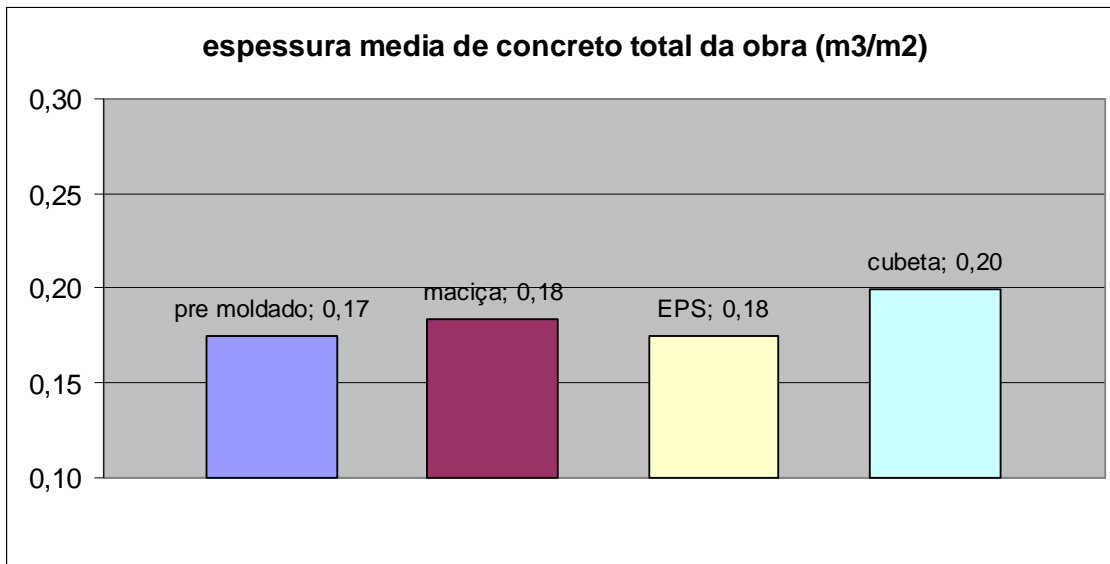


Figura 09 – Comparativo de espessura media total da obra
Fonte: Arquivo do autor

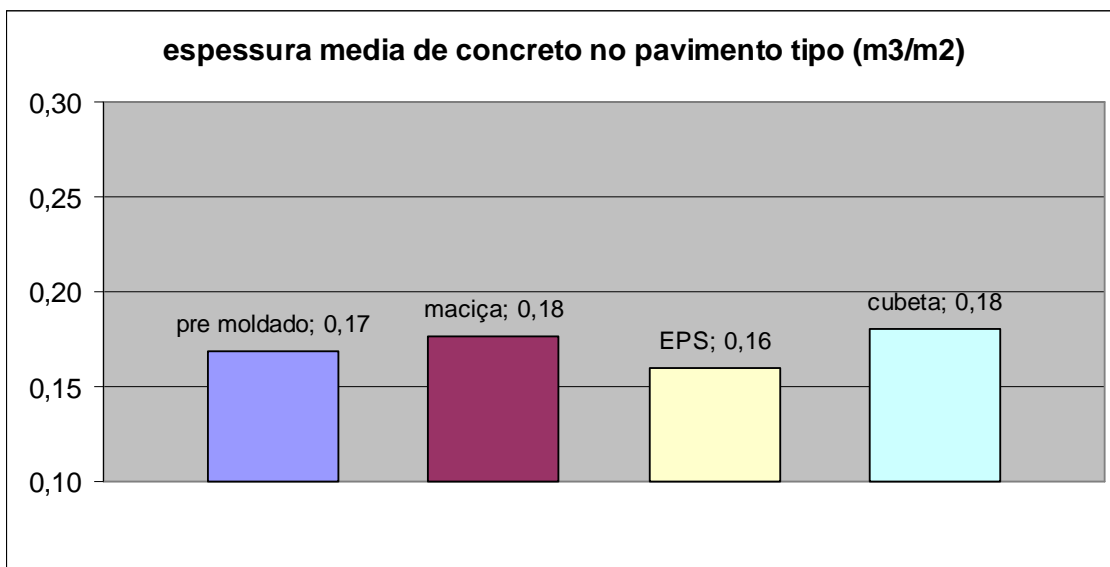


Figura 10 – Comparativo de espessura media no pavimento tipo
Fonte: Arquivo do autor

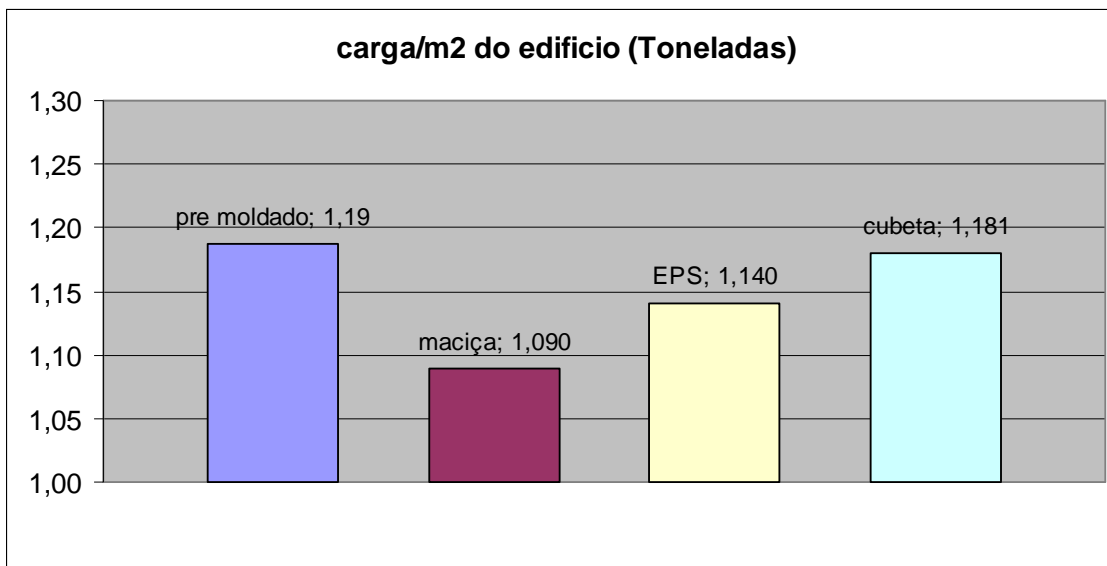


Figura 11 – Comparativo de carga/m2 total do edificio
Fonte: Arquivo do autor

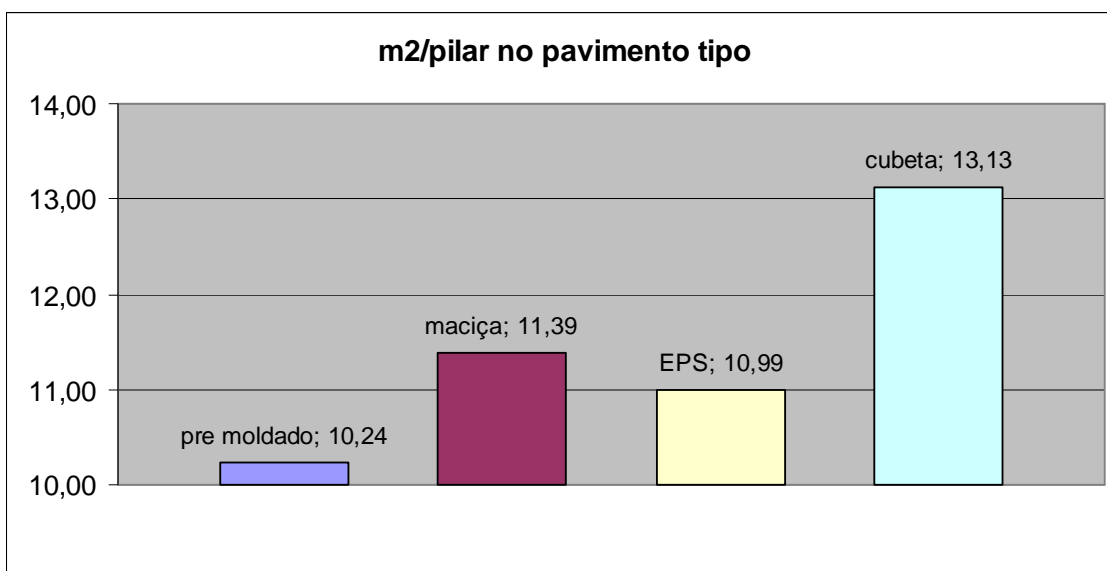


Figura 12 – Comparativo de m2/pilar no pavimento tipo
Fonte: Arquivo do autor

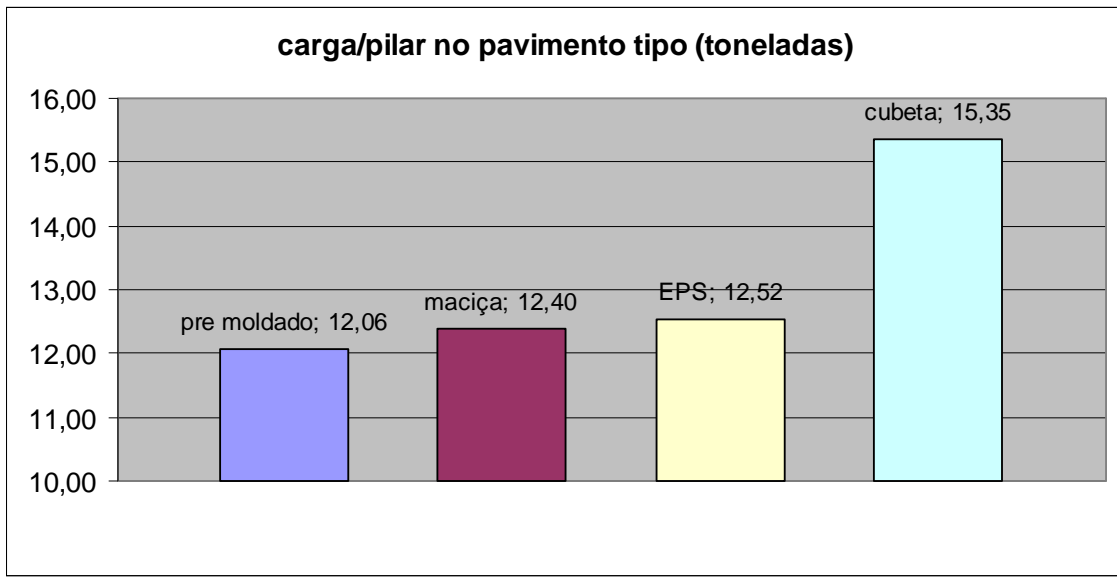


Figura 13 – Comparativo de carga/pilar no pavimento tipo
Fonte: Arquivo do autor

7 CONCLUSÃO

As conclusões relativas aos índices encontrados nessa pesquisa referem-se, exclusivamente ao conjunto de projetos arquitetônicos e aos quatro diferentes sistemas estruturais adotados no grupo selecionado. No entanto, entendemos que esses projetos compõem uma amostra representativa dos edifícios construídos na região e, os resultados obtidos podem servir de parâmetro para a tomada de decisão quanto ao sistema estrutural mais adequado tanto no aspecto técnico como econômico.

As figuras 7 a 13 apresentadas no último capítulo, possibilitam uma comparação entre os diversos índices levantados. Cabe ao projetista em parceria com o construtor e/ou incorporador, eleger aqueles valores mais significativos que apontem para o sistema mais adequado para a sua realidade. Podemos citar como exemplo, o caso de uma empresa que adote a permuta de área construída por material de construção como prática comercial, onde o material permutado passa a ser o principal fator de decisão, deixando os índices em segundo plano.

Finalmente, é importante salientar que, para a escolha do sistema estrutural a ser adotado pela empresa construtora, além dos dados aqui apresentados, devem ser avaliados outros importantes componentes, tais com:

:

- Qualidade e capacitação da mão de obra.
- Disponibilidade de materiais e equipamentos apropriados para o sistema adotado.
- Aspectos sensoriais como, vibrações nas lajes, conforto térmico e conforto acústico entre outros.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Roberto Chust; FILHO, Jasson Rodrigues de Figueiredo. **Calculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: segundo a NBR 6118:2003. São Carlos: EdUFSCar, 2001, 2004. 374 p.

THOMAZ, Ercio. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Editora pini, 2001. 449 p.

ARAUJO, José Milton de. **Curso de Concreto Armado**. 2.ed. Rio Grande: Dunas, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações – Procedimento: São Paulo, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimentos: Rio de Janeiro, 2003.

CARVALHO, Roberto C.; Figueiredo Filho, Jasson R. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. São Carlos: Editora da UFSCar, 2001. 308 p. il.

MORAES, Marcello da Cunha. **Concreto Armado**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982. 472p. il.

PINHEIRO, Libânio M.; **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**. São Carlos; Editora da UFSCar, 2004.

SUSSEKIND, José Carlos; **Curso de Concreto**. Porto Alegre: Editora Globo, 1985. 376p.