

**REDE DE ENSINO DOCTUM
UNIDADE JOÃO MONLEVADE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**EDIMAR ENRIQUE EDISON BRITO TEIXEIRA
OTTAVIO DE BARTTOLOMEU LAGE**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA DOSAGEM DE
CONCRETO REALIZADA SEM CONTROLE
TECNOLÓGICO NO CÁLCULO ESTRUTURAL EM
COMPARAÇÃO A DOSAGEM COM CONTROLE
TECNOLÓGICO EFETIVO**

JOÃO MONLEVADE

2019

**EDIMAR ENRIQUE EDISON BRITO TEIXEIRA
OTTAVIO DE BARTTOLOMEU LAGE**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA DOSAGEM DE CONCRETO REALIZADA SEM
CONTROLE TECNOLÓGICO NO CÁLCULO ESTRUTURAL EM COMPARAÇÃO A
DOSAGEM COM CONTROLE TECNOLÓGICO EFETIVO.**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil no curso de Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

Orientador(a): Prof. Me. Rafael Vital Januzzi

JOÃO MONLEVADE

2019

**EDIMAR ENRIQUE EDISON BRITO TEIXEIRA
OTTAVIO DE BARTTOLOMEU LAGE**

**ANÁLISE DE INFLUÊNCIA DA DOSAGEM DE CONCRETO REALIZADO *IN LOCO*
NO CÁLCULO ESTRUTURAL EM COMPARAÇÃO A DOSAGEM COM
CONTROLE TECNOLÓGICO EFETIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel em Engenheiro Civil no curso de Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

João Monlevade, 09 de dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Rafael Vital Januzzi- Mestre- (Doctum) - Orientador

Alberto José Corrêa de Souza- Mestre - (Doctum)

Elvio Rosário de Figueiredo- Especialista - (Doctum)

**“Dedico este trabalho aos meus Pais, a
minha irmã pela convivência, apoio,
confiança e carinho sempre demonstrados.”**

(Edimar Enrique)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me fortalecido ao ponto de superar as dificuldades e também por toda saúde que me deu e que permitiu alcançar esta etapa tão importante da minha vida.

A esta universidade e a toda sua direção eu deixo uma palavra de agradecimento por todo ambiente inspirador e pela oportunidade de concluir este curso. Aos professores Alberto Souza, Viviane Dias e em especial Rafael Januzzi eu agradeço a orientação incansável, o empenho e a confiança que ajudaram a tornar possível este sonho tão especial.

À minha família e amigos que nunca desistiram de mim e sempre me ofereceram amor eu deixo uma palavra e uma promessa de gratidão eterna. A todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte do meu percurso eu agradeço com todo meu coração. Amigos estes em especial a Marcela Caldeira, que obtive a felicidade de conhecer neste período e compartilhar incríveis experiências profissionais quanto de vida.

**“A água que não corre forma um pântano,
a mente que não trabalha forma um tolo.”**

(Victor Hugo)

RESUMO

O concreto enrijecido é um componente que pode ser considerado como um pseudo-sólido, pois contém estrutura sólida, água e ar. Estes dois últimos componentes contrapõem por quantias importantes de suas propriedades, nas quais estão abrangidas as deformações sob as cargas tanto a imediata quanto a lenta. Deformações estas que implicam no desempenho final das estruturas. Entretanto, englobando o objetivo de estudo da presente pesquisa, avaliando a influência das metodologias de dosagem *in loco* e sua interferência no cálculo estrutural. O artefato de estudo em específico dentro dos dimensionamentos realizados das estruturas (viga e laje), a serem analisados, será o quanto implica a variação da resistência característica no desempenho estrutural destes elementos. Onde é comprovado que esta alternância implica em seu módulo de elasticidade e consequentemente possuindo influência significativa na flecha ocasionada no elemento. Os maiores valores de flecha imediata foram encontrados em estrutura advinda de concreto com maior variação minorativa do f_{ck} . Ressaltando que além de condicionado a atuação de um engenheiro capacitado, um projeto estrutural de qualidade só é alcançado com emprego de materiais e métodos em consonância com as normativas.

Palavras-chave: Dosagem. Módulo de Elasticidade. Concreto. Dimensionamento, Comparativo.

ABSTRACT

Stiffened concrete is a component that can be considered as a pseudo-solid as it contains solid structure, water and air. These last two components counteract for important amounts of their properties, which include deformation under both immediate and slow loads. These deformations imply the final performance of the structures. However, encompassing the study objective of this research, evaluating the influence of on-site dosing methodologies and their interference in structural calculation. The specific study artifact within the realized sizing of the structures (beam and slab), to be analyzed, will be how much the variation of the characteristic strength in the structural performance of these elements implies. Where it is proved that this alternation implies its modulus of elasticity and consequently having significant influence on the arrow caused in the element. The highest values of immediate arrow were found in concrete structure with greater minor variation of f_{ck} . Noting that in addition to conditioning the performance of a skilled engineer, a quality structural project is only achieved with the use of materials and methods in line with the standards.

Palavras-chave: Dosage. Modulus of elasticity. Concrete. Sizing, Comparative.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Curva de Abrams	18
Figura 2 - Diagrama tensão-deformação de aços tratados a quente	22
Figura 3 - Diagrama tensão-deformação de aços tratados a frio... ..	22
Figura 4 - Comportamento do concreto na flexão pura (Estádio I).....	26
Figura 5 - Comportamento do concreto na flexão pura (Estádio II).....	26
Figura 6 - Comportamento do concreto na flexão pura (Estádio III).....	27
Figura 7 - Diagrama retangular	27
Figura 8 - Pré-dimensionamento de vigas.....	28
Figura 9 - Pré-dimensionamento viga Bi apoiada.....	28
Figura 10- Pré-dimensionamento lajes de menores vãos	39
Figura 11 - Pré-dimensionamento viga em balanço	29
Figura 12 - Pré-dimensionamento pilar	30
Figura 13 - Área de influência	30
Figura 14 - Exemplo Pré-dimensionamento pilar	31
Figura 15 - Pré-dimensionamento da altura da laje.....	32
Figura 16 - Reação de apoio em viga bi apoiada	37
Figura 17 - Reação de apoio em viga engastada e apoiada	37
Figura 18 - Reação de apoio em viga totalmente engastada	37
Figura 19 - Momento fletor em viga bi apoiada	38
Figura 20 - Momento fletor em viga engastada e apoiada	38
Figura 21 - Momento fletor em viga totalmente engastada	38
Figura 22 - Condições de apoio e momento fletor das lajes	43
Figura 23 - Formulas para cálculo dos esforços internos e reações nos apoios.....	44
Figura 24 - Coeficientes de influência	46
Figura 25 – Resultados dos módulos de elasticidade em vigas.....	47
Figura 26 – Resultados das flechas em vigas com carga de 20KN/m, 30KN/m e 40KN/m.....	48
Figura 27 – Resultados da rigidez a flexão em lajes.....	49
Figura 28 – Resultados das flechas em lajes	50
Figura 29 – Progressão de custo para intervenção em um edifício.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Desvio padrão em função das condições de preparo.....	20
Tabela 2 – Coeficientes das condições de apoio.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a	Ponto da curva correspondente à resistência convencional
A	Área da seção em cada instante
A _o	Área inicial da seção
b	Ponto da curva correspondente à resistência aparente
c	Ponto da curva correspondente à resistência real
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PMPF	Prefeitura Municipal de Passo Fundo
CaO	Óxido de Cálcio
CP I	Cimento Portland comum
CP I-S	Cimento Portland composto com a mesma composição do CP e adição de 1 a 5% em massa de material pozolânico
CP II-E	Cimento Portland composto com adição de 6 a 34% em massa de escória granulada de alto-forno
CP II-F	Cimento Portland composto com adição de material carbonático (filler)
CP II-Z	Cimento Portland composto com adições de pozolanas maiores do que o CP I-S (6 a 14%)
CP III	Cimento Portland composto com adição de 35 a 70% em massa de escória granulada de alto-forno
CP IV	Cimento Portland composto com adição de pozolana em teores que variam de 15% a 50% em massa
F _{cj}	É a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, em megapascals
f _{ck}	É resistência característica do concreto à compressão, em megapascals;
sd	É o desvio-padrão da dosagem, megapascals

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
2.1.1 JUSTIFICATIVA	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 CONCRETO.....	15
3.2 CONSTITUINTES DO CONCRETO.....	15
3.2.1 CIMENTO.....	16
3.2.2 AGREGADOS	17
3.2.3 ÁGUA	18
3.2.4 ADITIVOS.....	19
3.3 DOSAGEM.....	19
3.4 AÇO	21
3.5 CONTROLE TECNOLÓGICO	23
3.6 AÇÕES.....	24
3.7 PROJETO ESTRUTURAL.....	25
3.7.1 ESTÁDIO.....	25
3.7.1.1 ESTÁDIO I.....	25
3.7.1.2 ESTADIO II.....	26
3.7.1.3 ESTADIO III.....	27
3.7.2 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE VIGAS	28
3.7.3 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE PILARES	29
3.7.4 PRE-DIMENSIONAMENTO DE LAJES	31
3.8 MÓDULO DE ELASTICIDADE E DEFORMAÇÕES	32
4 METODOLOGIA	34
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	34
4.2 OBJETO DA PESQUISA.....	34
4.3 MÉTODOS	35
4.4 PROCEDIMENTOS.....	36
4.4.1 VIGAS	36
4.4.2 LAJES	42
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	47

5.1 VIGAS	47
5.2 LAJES	48
6 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

Cimento Portland é a nomenclatura adotada internacionalmente para o aglomerante mais relevante e utilizado na produção de concreto. De acordo com Malhotra e Mehta (1996), o concreto é o elemento mais empregado no setor construtivo na atualidade, no mundo seu percentual de consumo é inferior apenas ao da água. Nas últimas quatro décadas foram detectados enormes avanços tecnológicos deste material, advindo do aprimoramento de procedimentos e equipamentos para análise do concreto, assim como o emprego de materiais modernos ROSSIGNOLO, (2009). Até a década de 1970, adotavam o concreto como sendo uma simples mistura de cimento e água, agregados sem serem submetidos a inovações significativas que modificasse suas propriedades e melhorasse seu desempenho.

Atualmente nos deparamos com uma diversidade de tipos de concreto com material estrutural no mercado, e os mais empregados dentre eles são: o concreto protendido, o concreto simples e o concreto armado. Sua produção pode ser realizada, manualmente ou mecanizada, seguindo particularizações de sequência e dosagem dos agregados para que atinja a resistência especificada em projeto.

Compreendem-se por estudo de dosagem dos concretos os procedimentos adequados a obtenção da melhor proporção entre os materiais constituintes do mesmo, também denominado de traço, essa proporção é sempre mais rigorosa.

Embora encontremos métodos de dosagem distintos, algumas particularidades são semelhantes a todos, como por exemplo: o cálculo da resistência média de dosagem, a correlação da resistência à compressão com o fator água/cimento para especificado tipo e classe de cimento. Sempre com intuito de obter a resistência especificada, sem negligenciar-se da economia e a sustentabilidade que sempre devem orientar um estudo de dosagem.

O estudo de dosagem deve ser desenvolvido tendo em vista obter a combinação ideal e mais econômica, em prol de uma série de requisitos necessários. Inicialmente os requisitos básicos usuais a serem acatados podem ser englobados nos descritos a seguir: resistência mecânica, trabalhabilidade, durabilidade e deformabilidade.

Os concretos concebidos *in loco* nem sempre alcançam a resistência a compressão indicada no projeto estrutural. A não conformidade da resistência característica destes concretos acarreta em estruturas cujo nível de segurança não atende aqueles previstos em norma. A contestação dos concretos com a resistência alterada permeia aproximadamente toda cadeia produtiva do setor construtivo envolvendo construtoras, centrais dosadoras, projetistas e empresas de controle tecnológico.

No que se faz referência a segurança das estruturas, entende-se que a baixa resistência do concreto deve ser analisada com extrema cautela quando afeta pilares, uma vez que os mesmos são elementos estruturais em que as forças normais de compressão são predominantes. Quando a ocorrência de concreto com resistência a compressão inferior àquela prevista em projeto, deve ser realizada uma restrição na utilização da estrutura ou em casos derradeiros, pode ser feito um reforço estrutural do elemento afetado.

A correção de patologias nas estruturas advindas pelo emprego de materiais impróprios e dosagem inadequada no concreto, podem implicar em lesão do renome, perdas lastimáveis por envolver vidas e de custo para os responsáveis, obtendo assim um resultado insatisfatório.

2 OBJETIVOS

Avaliar a influência das metodologias de dosagem *in loco* (dosagem em canteiro de obra) tendo em vista influência nas propriedades do concreto e por sua vez no cálculo estrutural.

2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar o levantamento dos procedimentos de dosagem do concreto.
- Avaliar a influência da dosagem *in loco* sem controle tecnológico sobre as propriedades mecânicas do concreto estrutural.
- Avaliar a influência dos procedimentos de dosagem do concreto em seu desempenho estrutural.
- Dimensionar elementos estruturais levando em consideração as referências normativas no que tange as características mecânicas do concreto.
- Dimensionar elementos estruturais levando em consideração as propriedades mecânicas de concretos produzidos no canteiro de obras.
- Avaliar os detalhamentos das peças para ambas as situações.

2.1.1 JUSTIFICATIVA

O estudo da dosagem de concreto é necessário e apropriado para a maioria dos trabalhos de pesquisa, de tal caso que o tema é vastamente estudado nos distintos centros de ensino e análise do país. É corriqueiro averiguar na literatura que um plano impróprio de dosagem pode acarretar a conclusões equivocadas e incoerentes (HELENE; TUTIKIAN, 2011).

Diversas propriedades do concreto como, por exemplo, sua trabalhabilidade quando fresco e resistência quando endurecido, são itens extremamente determinantes, sendo analisados tendo em vista o teor de cimento e água do concreto fresco. A proporção dos elementos da mistura, ou seja, a dosagem entre cimento, agregados e água é crucial para o estabelecimento da resistência do concreto previsto em projeto e garantia de qualidade durante toda sua vida útil. Proporcionando uma diferença significativa nas estruturas quando requeridas, que

deve ser devidamente estudada entre peças constituídas de concreto com controle tecnológico efetivo e aquelas constituídas com proporções de concretos incoerentes realizados *in loco*, desta forma avaliando e comparando de maneira detalhada as particularidades das peças em ambas as situações.

Para que o concreto siga as especificações de projeto além das precauções referentes a armadura e formas, é preciso ponderar uma cadeia de fatores primordiais do próprio concreto, tais como: composição dos seus agregados, a dosagem da mistura e a sua execução. Havendo falhas nos procedimentos mencionados anteriormente, principalmente na proporção e qualidade dos componentes do concreto, salienta-se que não há possibilidade de compensar a deficiência nesta operação com cuidados específicos em outra.

De modo que se obtenham as características essenciais do concreto, com a facilidade de manuseio quando fresco, boa resistência mecânica, durabilidade e impermeabilidade quando endurecido, é necessário conhecer analisar e dosar de forma adequada os fatores que influenciam em sua qualidade estrutural como mencionado anteriormente.

Referente a formação acadêmica de um engenheiro civil, este trabalho admitirá a aproximação com o processo de execução, viabilizando a aplicação de diversos conhecimentos que serão absorvidos no setor construtivo. Finalmente compreendendo toda dinâmica metodológica e seu emprego teórico com a prática.

Com relação aos benefícios profissionais, a realização desta pesquisa proporcionara aos acadêmicos envolverem antever problemas encontrados na construção civil, propor um controle tecnológico efetivo minimizando possíveis patologias bem como, analisando o teor de importância dos procedimentos envolvidos na dosagem dos componentes do concreto, no custo total e essencialmente na qualidade final da obra.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico da presente revisão bibliográfica, está pautado sobre os principais elementos que constituem e contribuem na produção do concreto. Ponderando desde matérias e suas propriedades, pré-dimensionamento, metodologia de dosagem e controle tecnológico. Elementos estes que tributam na qualidade e desempenho estrutural satisfatório durante toda sua vida útil, primordialmente quando requerida a esforços solicitantes.

3.1 CONCRETO

Para Mehta e Monteiro (2008), o concreto é composto fundamentalmente de um elemento aglomerante, onde permanecem submersos fragmentos de agregados. O concreto é constituído por um meio aglomerante de uma combinação de água e cimento hidráulico.

Há alguns pretextos para o emprego tão disseminado do concreto: a disponibilidade e baixo custo de seus componentes, a praticidade com que estruturas deste material são executadas com uma diversidade de tamanhos e fôrmas (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Ressaltam-se sua resistência a carregamentos cíclicos e ao fogo, além de exigir um baixo índice de manutenção, comparado aos demais elementos estruturais.

3.2 CONSTITUINTES DO CONCRETO

É relevante destacar as adições e aditivos, extremamente empregados na produção de concretos na atualidade, que visam implantar ou até mesmo melhorar algumas propriedades especiais do material.

3.2.1 CIMENTO

Refere-se a um pó fino de domínios ligantes que endurece sob a ação da água e que, depois de endurecido, mesmo submetido posteriormente à água, não se decompõe.

Existem no Brasil cinco tipos de cimento, três especiais e o mais difundido dentre eles é o Portland. Apesar de que todos sejam indicados para emprego geral no setor construtivo, há divergências entre os mesmos. Distinguir bem as características e atributos, ligados a cada tipo, auxilia a aproveitá-las de melhor maneira possível na colocação desejada, tendo em vista o pensamento de Arnaldo Forti Battagin (2010), gerente do laboratório da Associação Brasileira do Cimento Portland (ABCP).

Em publicação técnica sobre materiais de construção, o professor Lígia Siqueira (2000), conceitua o cimento Portland:

Cimento Portland é o produto obtido pela pulverização de clinker constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com uma certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego. O clinker é um produto de natureza granulosa, resultante da calcinação de uma mistura daqueles materiais, conduzida até a temperatura de sua fusão incipiente (SIQUEIRA, 2000).

De acordo com NBR 11578:1991, os principais elementos que compõem o cimento Portland são a cal (CaO), a sílica (SiO₂), e alumina (Al₂O₃), o óxido de ferro (Fe₂O₃), uma proporção de magnésia (MgO) e pequena porcentagem de anidrido sulfúrico (SO₃), que é acrescentado após a calcinação com o intuito de retardar o tempo de pega do mesmo.

Esses tipos se diferenciam de acordo com a proporção de clínquer e sulfatos de cálcio, e de adições, tais como escórias, pozolanas e material carbonático, acrescentadas no processo de moagem. O material carbonático é conhecido no jargão da indústria como fíler calcário. Podem diferir também em função de propriedades intrínsecas, como alta resistência inicial, a cor branca etc. O próprio Cimento Portland Comum (CP I) pode conter adição, neste caso, de 1% a 5% de material pozolânico, escória ou carbonato de cálcio e o restante de clínquer. Já o CPI-S pode conter de 6% a 10% de material carbonático. O Cimento Portland Composto (CP II- E, CP II-Z e CP II-F) tem adições de escória, pozolana e fíler, respectivamente, mas em proporções um pouco maiores que no CP I e no CP I-S.

Já o Cimento Portland de Alto-Forno (CP III) e o Cimento Portland Pozolânico (CP IV) contam com proporções maiores de adições: escória, de 35% a 75% (CP III), e pozolana, de 15% a 50% (CP IV).

3.2.2 AGREGADOS

Agregado é material granular, sem definição de volume e forma, com propriedades e dimensões instituídas para emprego em obras de engenharia civil, segundo La Serna (2015).

Segundo Moraes (2010) o estudo dos agregados do concreto deve ser realizado minuciosamente, uma vez que este elemento expressa cerca de 70% do concreto quanto a seu peso, além de se referir ao material menos homogêneo com que trabalhamos na produção de concretos e argamassas. Conforme discorre Gabrich (2008) sobre o assunto, é importante que os agregados não reajam com o aglomerante e que sejam estáveis frente aos agentes que irão entrar em contato com o concreto.

Mehta e Monteiro (2008) colocam que as características relevantes dos agregados para a composição do concreto incluem porosidade, composição ou distribuição granulométrica, absorção de água, forma e textura superficial, resistência à compressão, módulo de elasticidade e substâncias deletérias presentes. As características de grande relevância dos agregados para a composição do concreto abrangem absorção de água, composição ou distribuição granulométrica, porosidade, forma e textura superficial, módulo de elasticidade, resistência à compressão e substâncias insalubres.

Os agregados podem ser qualificados como naturais ou artificiais (origem), leves, normais ou pesados (peso unitário), miúdo ou graúdo (dimensões). Em virtude do desempenho bastante diferenciado que cada tipo exerce quando utilizado, esta última classificação é mais ponderada na produção do concreto.

Agregados miúdos: São areias naturais quartzosas ou artificiais, resultantes do britamento de rochas estáveis, de diâmetro máximo igual ou inferior a 4,8mm, de acordo com a norma da NBR 7211:2005. Agregados graúdos: São pedregulhos naturais ou pedras britadas proveniente do britamento de rochas estáveis, de diâmetro máximo superior a 4,8mm, de acordo com a norma da NBR 7211:2005.

3.2.3 ÁGUA

Conforme Mehta e Monteiro (2008), incorporada em mistura de concreto à água pode ser detectada em distintos estados. Não apenas em vapor nos poros vazios não tomados ou gradualmente preenchidos, há água na composição da pasta de cimento hidratada nos seguintes estados:

Água capilar, presente nos vazios maiores, denominada água livre (sua abscisão não motiva nenhuma alteração no volume do concreto).

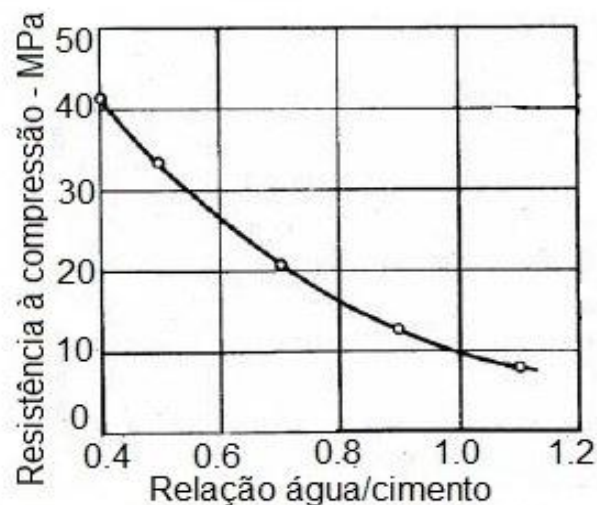
Água adsorvida, presente próxima à superfície do agregado, maleável quanto forças de atração dos sólidos da pasta de cimento hidratada. A perda desta água acarreta a retração da pasta de cimento.

Água Inter lamelar, integrada com a estrutura do C-S-H.

Água quimicamente combinada, aquela encontrada na estrutura de diversos produtos hidratados do cimento.

A relação de dependência entre a quantidade de água acrescida e a quantidade de cimento empregado na resistência final do concreto, foi reconhecida primeiramente por Abrams, em trabalho publicado no ano de 1919. Fundamentando-se em análises de laboratório, Abrams concluiu que a resistência do concreto estava relacionada diretamente às propriedades da pasta endurecida, as quais eram encargo do fator água/cimento da mistura, conforme mostra a figura 1.

Figura 1- Curva de Abrams



Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2000.

3.2.4 ADITIVOS

O reconhecimento cujas propriedades do concreto podem ser alteradas para melhor, pelas partes envolvidas diretamente no dimensionamento e produção do mesmo, propiciou um crescimento relevante da indústria de aditivos. Este melhoramento pode ser realizado em ambos os estados, sege ele fresco ou endurecido.

De acordo com a NBR 11768:2011, os aditivos são produtos acrescentados durante o procedimento de preparo do concreto, com proporção não superior que 5% da massa de material cimentício contida no concreto, com o intuito de alterar propriedades do concreto no estado fresco e\ou no estado endurecido, exceto pigmentos inorgânicos para o preparo do concreto colorido.

Os aditivos divergem muito no que refere à sua composição, são comumente utilizados para aprimorar a trabalhabilidade do concreto, retardar ou acelerar seu tempo de pega, controlar o desenvolvimento da resistência e energizar resistências específicas, como sua resistência à ação do congelamento, aos ataques por sulfato ou às corrosões de armaduras à fissuração térmica e à expansão álcali-agregado, ressaltam Mehta e Monteiro (2008).

Dentre os aditivos mais empregados na produção de concretos, destacam-se os superplastificantes ou redutores de água (bastante utilizados para melhorar a consistência da mistura sem interferir na resistência à compressão), incorporadores de ar (incorporado nas dosagens de concreto sujeitas a ações de gelo e degelo), os impermeabilizantes, os produtores gás ou espuma (importantes na produção de concretos porosos), e os alteradores de pega (que retardam ou aceleram a pega do concreto).

3.3 DOSAGEM

Procedimento utilizado para determinar as proporções adequadas dos elementos de um concreto, ou seja, definir o quantitativo de cimento, agregados, água e aditivos para obter o traço, que atende a certas especificações (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

A resistência de dosagem é uma resistência de referência para a mistura do concreto, sendo ela agregada para desmitificar todo o processo que permeia a dosagem do concreto.

De acordo com a NBR 12655:2006, a resistência de dosagem deve acatar as condições de variabilidade encontradas durante a produção. Variabilidade está determinada pelo desvio-padrão (σ_d) é levada em consideração no cálculo da resistência de dosagem, segundo a equação 1:

$$F_{cj} = f_{ck} + 1,65 \sigma_d$$

Quando o concreto for preparado com os mesmos materiais, mediante equipamentos similares e sob condições análogas, o valor numérico do desvio-padrão (σ_d) deve ser anexado com no mínimo 20 resultados consecutivos e nunca deve ser menor que 2 Mpa.

Segundo a NBR 12655:2006, no início da obra, ou em qualquer outra ocasião em que não se conheça o valor do desvio-padrão (σ_d), deve-se adotar para o cálculo da resistência de dosagem o valor apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Desvio padrão em função das condições de preparo

Condição de preparo	Desvio padrão (Mpa)
A	4,0
B	5,5
C	7,0

Fonte: Adaptado da NBR 12655,2006.

As seguintes definições para as três condições de preparo do concreto que foram previamente mencionadas, a NBR 12655:2006 estabelece:

Condição A - Aplicável às Classes C10 até C80: o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados.

Condição B - Aplicável às classes C10 até C25: o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa ajustada com volume

Aplicável às classes C10 até C20: o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em volume. A umidade do agregado miúdo é obtida pelo menos três vezes

durante a execução do mesmo turno de concretagem. O volume de agregado miúdo é corrigido através da curva de inchamento.

Condição C - Aplicável apenas aos concretos de classe C10 e C15: o cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e sua quantidade é corrigida de acordo com a estimativa da umidade dos agregados e da determinação da uniformidade do concreto.

3.4 AÇO

É uma coligação de ferrocarbono com distintos elementos adicionais (silício, manganês, fósforo, enxofre etc.), resultante da abolição total ou parcial de rudimentos inconvenientes que se fazem presentes no produto obtido na primeira redução do minério de ferro. Os aços estruturais utilizados na construção civil apresentam teores de carbono da ordem de 0,18% a 0,25%. LIBÂNIO M, (2010).

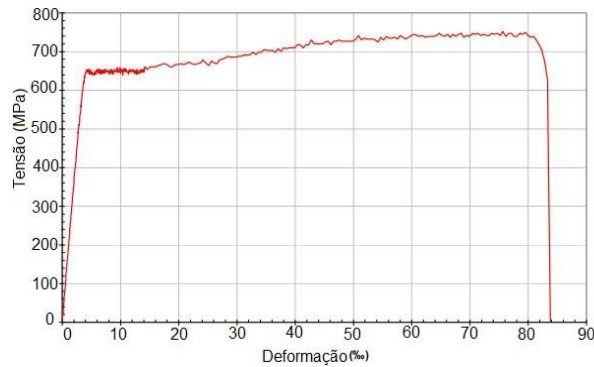
As barras e fios de aço utilizados em estruturas de concreto são rotulados em categorias, segundo o valor característico da resistência de escoamento (f_{yk}). A unidade de medida do valor característico mencionado anteriormente está em kgf/mm^2 , onde os aços classificados como: CA 25; CA 40; CA 50 ou CA 60.

Como mencionado por LIBÂNIO M (2010), este material tem grande aplicação na construção civil graças algumas de suas características como ductilidade, facilidade de ser trabalhado, elevada resistência à tração, flexão e torção, resistência a impacto, abrasão e desgaste. Assim como o concreto simples apresenta resistência baixa a tração, é extremamente apropriada a associação do aço ao concreto, obtendo-se o concreto armado. Onde esse material, quando dimensionado adequadamente e detalhado, resiste a diversas solicitações. Além de prover ductilidade, o aço eleva a resistência do concreto à compressão, mesmo em peças comprimidas.

Para o bom emprego estrutural, o aço obtido nas aciarias carece ser submetido a um tratamento mecânico, por apresentar granulação grosseira, de baixa resistência e ser quebradiço. Tratamento este que é realizado basicamente por dois modos, a quente e a frio, de acordo com LIBÂNIO M. (2010) as particularidades e patamares de cada aperfeiçoamento são mencionados posteriormente.

O aço obtido a quente proporciona melhor trabalhabilidade, possui diagrama tensão-deformação com patamar de escoamento, aceita solda comum, e resiste a incêndios moderados conforme a figura 2.

Figura 2 – Diagrama tensão-deformação de aços tratados a quente



Fonte: Libânio M, (2010).

P: força aplicada;

A: área da seção em cada instante;

A0: área inicial da seção;

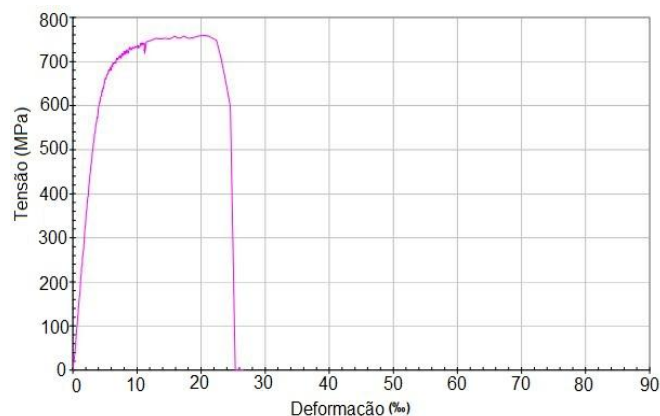
a: ponto da curva correspondente à resistência convencional;

b: ponto da curva correspondente à resistência aparente;

c: ponto da curva correspondente à resistência real.

O aço obtido a frio, apresenta seu diagrama de tensão-deformação com patamar de escoamento convencional, mais difícil à solda e, o encruamento é perdido à temperatura a da ordem de 600°C conforme a figura 3.

Figura 3 – Diagrama tensão-deformação de aços tratados a frio



Fonte: Libânio M, (2010).

- P: força aplicada;
- A: área da seção em cada instante;
- A0: área inicial da seção;
- a: ponto da curva correspondente à resistência convencional;
- b: ponto da curva correspondente à resistência aparente;
- c: ponto da curva correspondente à resistência real.

3.5 CONTROLE TECNOLÓGICO

Em conformidade com a NBR 12655:2015, o controle tecnológico do concreto é um conjunto de intervenções e averiguações que, aliadas garantem a qualidade e aceitação do mesmo, de acordo com as regulamentações que conduzem esse procedimento.

Esta norma instituiu as condições ideais na utilização do concreto para as estruturas realizadas *in loco* ou obtidas com elementos estruturais pré-moldados. Com o principal intuito de definir as propriedades do concreto em ambos os estados (fresco ou endurecido) e, também, padronizar o método executivo desse componente essencial às edificações.

Deveriam ter definidas todas às características e atributos do concreto para fins estruturais de modo explícito anteriormente ao início do processo de concretagem NBR 12655:2006. Todos os principais envolvidos no empreendimento dês do proprietário ao responsável técnico possuem obrigações na produção do concreto, uma das mesmas é o dever de possuir a documentação que comprove a qualidade do concreto, a fim de obter o cumprimento da norma mencionada anteriormente VASCONCELOS (2002). Outro meio de controlar a qualidade do concreto é o controle da produção do concreto em central, por meio da NBR 7212:2012, método esse que além de agilizar o serviço e garantir a qualidade do mesmo, reduz o desperdício de materiais como areia e brita, propiciando uma qualidade final elevada e economia.

O controle tecnológico do concreto e sua utilização em centrais de concreto através dos ensaios de abatimento, fator de adensamento, ensaio de remoldagem, ensaio de espalhamento, ensaio de ultrassom do concreto e ensaio de esclerometria, são de extrema importância na garantia da qualidade final da

edificação. Seu emprego em laboratórios por meio de constatar a resistência à compressão simples do concreto, verificar sua resistência à tração, averiguar o módulo de elasticidade do concreto e o consumo de cimento.

Bem como a resistência característica do concreto à compressão é alcançada aos 28 dias, o controle de lançamento é de extrema importância, assinalando o elemento onde o caminhão betoneira despejou, pois caso não seja abrangida à resistência especificada nesta etapa, o procedimento deve ser refeito, obtendo as condições de projeto. Em seu estado endurecido essa resistência, aliada com a durabilidade do material, são as condições mais solicitadas no concreto, onde a cura deve ser realizada de maneira a propiciar esses predicados, ou seja, quanto melhor e maior for o controle, mais satisfatório será o desempenho do elemento executado NEVILLE (1997).

As responsabilidades mais relevantes dos componentes do controle tecnológico assim como os deveres e direitos na construção civil MINASCON (2010) são:

Projetista: Especificação das características dos materiais, conhecimento do sistema construtivo, atendimento as normas técnicas, integração entre todos os projetistas.

Concreteira: Fornecer concretos que atendam as normas e especificações técnicas, tecnologia, materiais, equipe técnica, equipamentos, logística.

Construtora: Adquirir concretos que atendam as normas e especificações técnicas, pagando preço justo, correta aplicação, respeito as características, mão de obra qualificada, procedimentos.

Laboratório de controle: Execução de ensaios normativos para avaliação do concreto nos estados frescos e endurecido, equipamentos, mão de obra qualificada, agilidade, confiabilidade, procedimentos.

3.6 AÇÕES

Denomina-se ação qualquer influência, ou conjunto de influências, que seja capaz de produzir circunstâncias de tensões ou de deformações em uma estrutura. Segundo a NBR 6118:2014, deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança, considerando os

possíveis estados limites últimos e os de serviço. De acordo com a NBR 8681:2003, as ações são classificadas segundo sua variabilidade no tempo, em:

- Permanentes: opera com valores praticamente constantes durante a vida útil da edificação ou desenvolvem até a sua estabilização.
- Variáveis: atua durante a vida da estrutura, apresentam grandes variações. Estas subdivididas em ações variáveis diretas, como por exemplo, as cargas devido ao vento e ou chuva, e ações variáveis indiretas.
- Excepcionais: corresponde às ações de duração extremamente curta e muito baixa probabilidade de acontecimentos durante a vida da edificação, mas que em alguns projetos de determinadas estruturas devem ser considerados.

3.7 PROJETO ESTRUTURAL

O projeto estrutural de uma edificação consiste fundamentalmente no pré-dimensionamento dos elementos estruturais (lajes, vigas, pilares e fundações), análise dos deslocamentos e esforços solicitantes da estrutura, dimensionamento e detalhamento de armaduras conforme Libânio M (2010), no intuito de que o projeto estrutural seja de boa qualidade, a estrutura deve atender a três requisitos principais, desempenho em serviço, capacidade resistente e durabilidade.

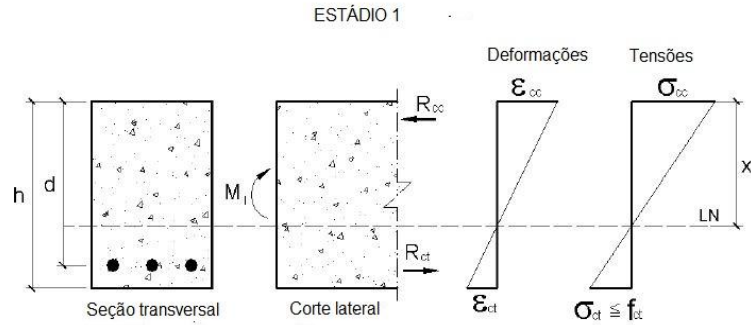
3.7.1 ESTÁDIO

Metodologia para caracterizar o comportamento de uma seção de concreto consiste em aplicar um carregamento, que se inicia do zero e vai até a ruptura. Às distintas fases pelas quais passa esta seção, ao longo desse carregamento, é denominada de estádios. Segundo Bastos (2019), distinguem-se basicamente em três fases:

3.7.1.1 ESTÁDIO I

Trata-se do início do carregamento. As tensões normais que surgem são de baixa intensidade e dessa forma o concreto consegue resistir às tensões de tração. Tem-se um diagrama linear de tensões, ao longo da seção transversal da peça, sendo englobada a lei de Hooke, figura 4:

Figura 4 – Comportamento do concreto na flexão pura (Estádio I)



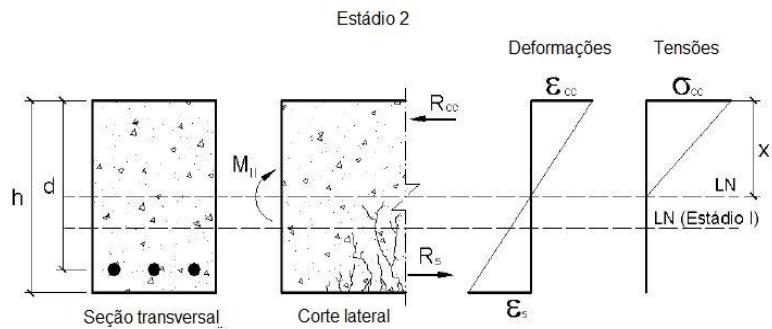
Fonte: PINHEIRO, L; MUZARDO, C; SANTOS, S (2003)

Considerar baixa resistência do concreto à tração, se comparada com a resistência à compressão, compreende-se a inviabilidade de um possível dimensionamento neste estágio. É no estágio I que é feito o cálculo do momento de fissuração, que separa o estágio I do estágio II. Conhecido o momento de fissuração, é possível calcular a armadura mínima, de modo que esta seja capaz de absorver, com adequada segurança, as tensões causadas por um momento fletor de mesma magnitude. Portanto, o estágio I termina quando a seção fissura.

3.7.1.2 ESTADIO II

Nesta condição de carregamento, a seção se encontra fissurada na região de tração, pois o concreto não mais resiste à tração. A contribuição do concreto tracionado deve ser desprezada. Entretanto, a superfície comprimida ainda mantém um diagrama linear de tensões, permanecendo válida a lei de Hooke figura 5.

Figura 5 – Comportamento do concreto na flexão pura (Estádio II)

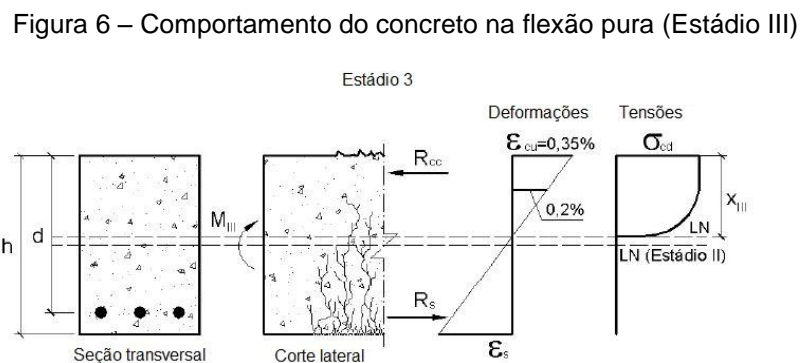


Fonte: PINHEIRO, L; MUZARDO, C; SANTOS, S. (2003)

Fundamentalmente, o estágio II tem o intuito de verificação da peça em serviço. Como exemplos, citam-se o estado limite de início de fissuras e o estado limite de deformações excessivas. Com a evolução do carregamento, as fissuras caminham no sentido da borda comprimida, a linha neutra também e a tensão na armadura desenvolvem, podendo atingir o escoamento ou não. O estágio II finaliza com o início da plastificação do concreto comprimido PINHEIRO (2003).

3.7.1.3 ESTADIO III

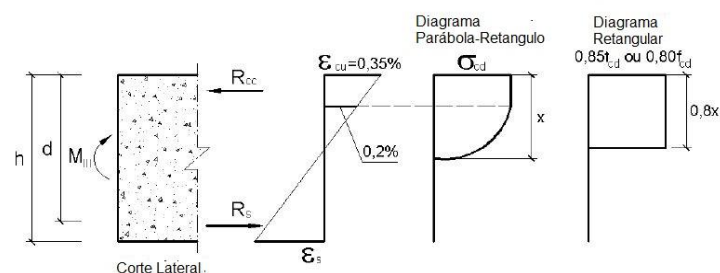
Neste estágio é realizado o dimensionamento, situação em que denomina “cálculo na ruptura” ou “cálculo no estágio III”. A seção comprimida encontra-se plastificada e o concreto dessa região está na iminência da ruptura figura 6. Admita-se que o diagrama de tensões seja da forma parabólico-retangular, também conhecido como diagrama parábola-retângulo.



Fonte: PINHEIRO, L; MUZARDO, C; SANTOS, S. (2003)

A Norma Brasileira consente, para efeito de cálculo, que se trabalhe com um diagrama retangular análogo figura 7. A resultante de compressão e o braço em relação à linha neutra devem ser aproximadamente os mesmos para os dois diagramas.

Figura 7: Diagrama retangular

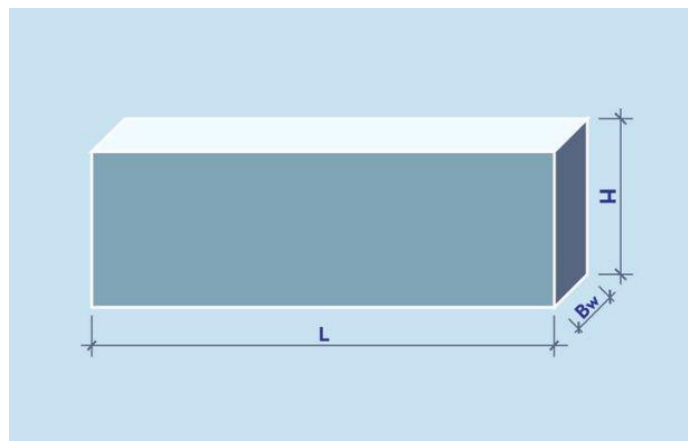


Fonte: PINHEIRO, L; MUZARDO, C; SANTOS, S. (2003).

3.7.2 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

Nas vigas o que se conhece a priori é o seu vão l_1 em vigas bi apoiadas, ou os seus vãos l_1, l_2, \dots, l_n , no caso de vigas contínuas. Se for o caso de viga em balanço, conhece-se o comprimento do balanço l_b . A espessura de viga – b_w , que carece ser sempre igual ou maior que 12 cm, de acordo com a NBR 6118:2014, pode ser considerada como a espessura da parede que a viga suporta, ausenta-se o revestimento. Assim, permanece faltando a determinação da altura h das vigas, que não deve ser inferior a 20 cm conforme a figura 8.

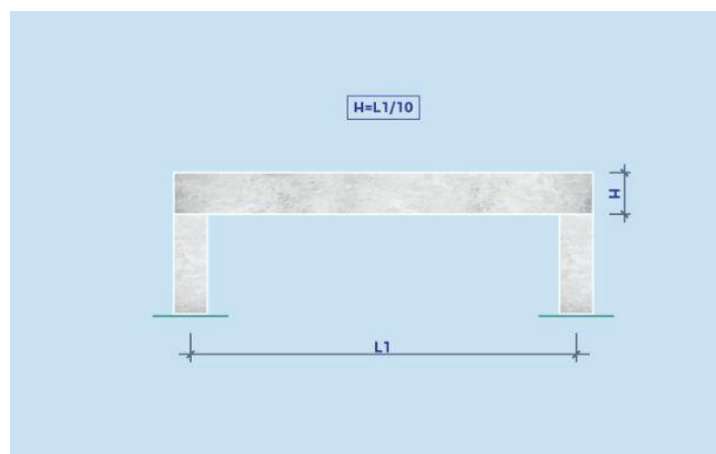
Figura 8: Pré-dimensionamento de vigas



Fonte: Souza, J (2018).

Em vigas bi apoiadas e sem balanços em suas extremidades, conforme Souza (2018), a altura pode ser obtida dividindo-se o vão l_1 por 10, arredondando-se para o múltiplo de 5 superior conforme a figura 9.

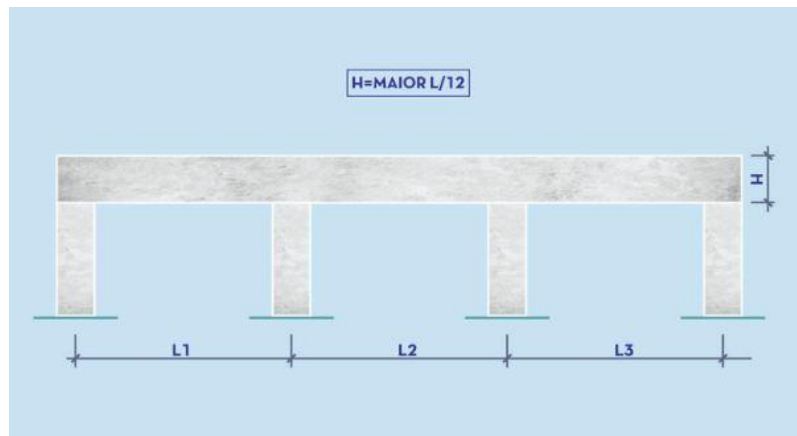
Figura 9: Pré-dimensionamento viga Bi apoiada



Fonte: Souza, J (2018).

Em vigas contínuas conforme Souza (2018) a altura será calculada dividindo-se o maior vão, l_1 , l_2 , ou l_n , por 12, também arredondando-se para o múltiplo de 5 superior. Esta altura h pode ser empregada em toda a viga, mesmo nos menores vãos, conforme a figura 10.

Figura 10: Pré-dimensionamento lajes de menores vãos



Fonte: Souza, J (2018).

A altura da viga em balanço pode ser aferida dividindo-se o comprimento do balanço por cinco conforme a figura 11.

Figura 11: Pré-dimensionamento viga em balanço



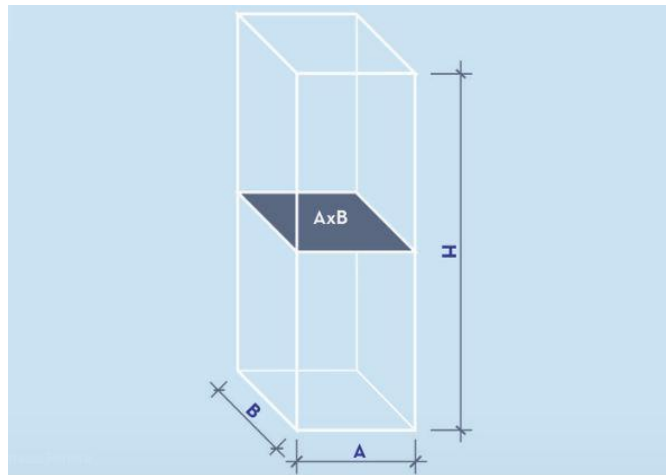
Fonte: Souza, J (2018).

3.7.3 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE PILARES

Dos pilares, conhece-se apenas a sua altura, sendo necessário se determinar qual a área de sua seção transversal ($a \times b$). A NBR 6118:2014 descreve que as

dimensões a e b sejam iguais ou maiores que 19 cm, porém, em casos especiais, admitem que uma das dimensões seja de, até, 14 cm, desde que a área da seção seja maior ou igual a 360 cm². Recomenda-se que a maior dimensão da seção transversal não seja muito superior ao dobro da menor dimensão: $b \leq 2a$ conforme a figura 12.

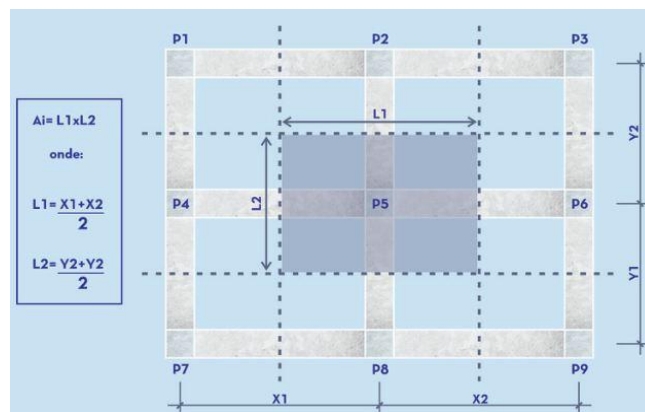
Figura 12: Pré-dimensionamento pilar



Fonte: Souza, J (2018).

O carregamento de um pilar se demuda em cada pavimento e pode ser estimado pelo método das áreas de influência, que é definida a partir da metade da distância entre os pilares confinantes. Ponderar que cada m² de área de influência de cada laje contribuirá com 1000 kgf de carga para o pilar, neste estando incluídos o peso próprio da laje, o peso das paredes e revestimentos e as cargas acidentais. Admite-se que a contribuição da primeira laje, que está em contato com o solo, e da última laje, a mais superior, seja de apenas 500 kgf/m² conforme a figura 13.

Figura 13: Área de influência



Fonte: Souza, J (2018).

Evidentemente, o carregamento irá se empilhando nos pilares de cima para baixo, assim, quanto mais superficial for o pilar, menor tende a ser a área de sua seção transversal, dependente da carga que ele está sofrendo no seu topo e da tensão admissível do concreto utilizado conforme Souza (2018), não sendo ponderado uma possível e provável flambagem ou flexo-compressão. Exclusivamente para efeito de pré-dimensionamento, adota-se um concreto de baixa resistência no cálculo da área inicial do pilar, com tensão admissível de cálculo, já considerando o coeficiente de segurança, igual a 10 MPa, ou 100 kgf/cm², o que não é consentido por norma, mas está em prol da segurança por resultar em pilares mais robustos.

Cada pilar deverá ser calculado individualmente. A seguir é representado um exemplo do pré-dimensionamento de um dos pilares de um edifício com um pavimento térreo e mais cinco pavimentos Tipo e uma cobertura. Supor que a área de influência do pilar fosse constante em todos os pavimentos e igual a 40 m² conforme figura 14.

Figura 14: Exemplo Pré-dimensionamento pilar



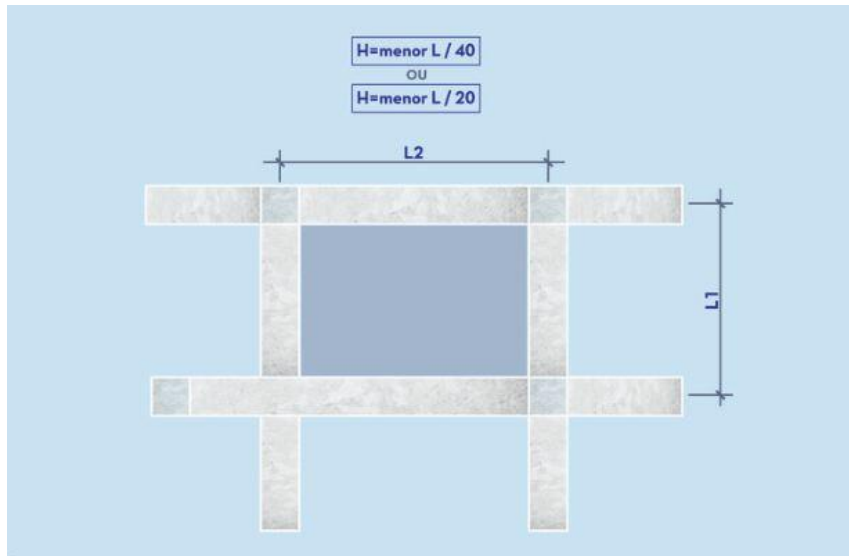
Fonte: Souza, J (2018).

3.7.4 PRE-DIMENSIONAMENTO DE LAJES

De acordo com os postulados da NBR 6118:2014, os vãos de comprimento l_1 e a largura l_2 , das lajes são oriundos pelas vigas que, normalmente, definem o seu perímetro. A única dimensão que não se conhece da laje é sua

altura h . Para se ter uma primeira opção de altura de uma laje maciça, basta dividir o seu menor vão por 40, evadindo alturas inferiores a 7 cm em lajes de piso comuns e 12 cm em lajes que sofram o tráfego de veículos. Em lajes pré-fabricadas e nervuradas, a altura inicial pode ser calculada dividindo-se o menor vão por 20 conforme figura 15.

Figura 15: Pré-dimensionamento da altura da laje



Fonte: Souza, J (2018).

3.8 MÓDULO DE ELASTICIDADE E DEFORMAÇÕES

O módulo de elasticidade que também é conhecido como módulo de Young é a razão entre uma tensão aplicada sobre uma estrutura e a deformação específica imediata nela apurada, conforme a NBR 8522:2017. Ao contrário de materiais idealizados que, de acordo com Cotta (2017), que discorre sobre a lei de Robert Hooke, fornece uma proporcionalidade entre a força aplicada e a deformação verificada, observa-se que no concreto, a partir de determinadas classes de resistências, por própria natureza deste material, esta proporcionalidade não se verifica, sendo dependente e variável segundo o nível da carga aplicada. Por pretextos de simplicidade no cálculo, define-se comumente apenas dois destes módulos: o módulo estático de elasticidade secante, E_{cs} e o módulo estático de elasticidade tangente inicial da curva tensão-deformação, E_{ci} .

O módulo permite ter uma noção mais aprimorada do comportamento da estrutura com analogia à desforma ou a outros atributos desejados do concreto. Quando o módulo de elasticidade do concreto é apontado como parâmetro de avaliação e aceitação de uma estrutura de concreto, a aferição desta grandeza pelos laboratórios é realizada por meio da tomada de medidas de deformação do concreto apontadas na geratriz do corpo de prova, conforme determinado pelos procedimentos vigentes na NBR 8522:2017, onde o módulo estático de elasticidade, que de tal maneira pode fornecer o módulo tangente inicial ou o módulo secante.

Segundo Montija (2007), as variabilidades do ensaio estático, diagnosticadas em laboratórios, podem propiciar desvios padrões com magnitude de 3,5 GPa. Informações mais recentes em resultados aferidos por Bittencourt (2014), apresentam que estes desvios são de 5,8 GPa a 6,3 GPa, o que constitui uma variabilidade demonstrada pelo coeficiente de alteração da ordem de 10% a 15%, que é correlacionada à variabilidade da resistência de um concreto com a condição de preparo do grupo B (concreto produzido em canteiro), de acordo com a NBR 12655:2006.

Se tratando do aspecto de deformação, podemos constatar que materiais submetidos a esforços, podem apresentar um tipo de comportamento plástico, elástico ou até mesmo uma mistura deles (elasto-plástico). A deformação elástica é aquela em que o material deformado retoma ao seu formato inicial, após a remoção da carga que o deformou, enquanto na deformação plástica, não há este retorno. Entretanto, uma grande parcela dos materiais sofre um comportamento elástico, antes de atingir uma deformação plástica.

Entretanto, possuem aspectos que interferem no módulo de elasticidade. Como já relatado o concreto é um composto heterogêneo, logo o que origina o seu comportamento elástico são a fração volumétrica, a densidade e o módulo de seus principais constituintes, além das propriedades da área de transição na interface. Onde a densidade é entendida como opostamente proporcional à porosidade, espontaneamente os fatores que interferem a porosidade do agregado, do interior da pasta de cimento e da zona de transição na interface são importantes. No concreto é detectada que a relação direta entre resistência e módulo de elasticidade incide do fato de que ambos são afetados pela porosidade das etapas constituintes, porém não em mesmo nível.

4 METODOLOGIA

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O intuito do presente trabalho foi esboçar através de uma pesquisa aplicada a interferência da dosagem no desempenho estrutural de uma edificação. Empenhada na identificação de problemas, elaboração de diagnósticos e soluções.

Nesta pesquisa quantitativa o propósito é realizar o cálculo dos componentes estruturais (vigas e laje), proveniente de um determinado projeto. Inicialmente adotando uma dosagem adequada, em seguida realizar o mesmo detalhamento com uma porcentagem de variação do fck proveniente de uma dosagem realizada *in loco* e logo após apresentar o quantitativo de variação e sua interferência.

Na presente pesquisa afirmamos ela como explicativa a partir do comparativo entre a variação da resistência final do componente estrutural adotado quanto à dosagem de seu concreto realizada *in loco*. Quanto ao procedimento técnico utilizado à pesquisa bibliográfica foi o mais adequado para o levantamento de dados.

4.2 OBJETO DA PESQUISA

Na presente pesquisa, foi adotado como objeto de estudo os parâmetros da dosagem do concreto realizada *in loco* em comparação a com um controle tecnológico efetivo. Onde será inserida no setor construtivo, na cidade de João Monlevade.

A determinação deste parâmetro como objeto de estudo é proveniente de algumas vertentes. Onde uma delas referenciasse não apenas no apreço dos autores pelo seguimento, mas sim também, pelo elevado percentual de contribuição das estruturas e de seus componentes para o sucesso ou até mesmo, como em diversos casos, para o fracasso de um projeto como um todo.

O objeto de estudo em específico dentro destes dimensionamentos a serem analisados como mencionado, será o quanto implica a variação do fck no desempenho estrutural deste elemento. E quais consequências acarretaria para o mesmo. Onde está variação é proveniente de uma dosagem sem proporções adequada realizada *in loco*. Assim propiciando esta alternância que implica em outro

paramento das estruturas em concreto armado. O seu módulo de elasticidade, pois é um fator condicionado ao f_{ck} deste concreto, como apresentado pela equação abaixo:

$$E_{ci} = 5600 \sqrt{f_{ck}}$$

As variáveis a serem analisadas serão a dosagem feita *in loco* e sua interferência no cálculo estrutural. Será realizado o comparativo entre, o desempenho de elementos estruturais executados com concreto realizado *in loco*, com aqueles provenientes de um concreto fornecido por central dosadora. Apresentando o percentual de interferência destes paramentos de controle tecnológico e variações de suas propriedades em seu aspecto estrutural, sua segurança aliada a uma economia apropriada.

4.3 MÉTODOS

As ferramentas que adotamos na coleta de dados foram bibliografias, normas regulamentadoras e artigos dos principais autores do seguimento. Sendo elas as mais pertinentes: NBR 6118:2014, NBR 8522:2017, NBR 12655:2005, Malhotra e Mehta (1996), Helene. Tutikian, (2011) e Moraes, Lopes (2010).

Análise foi obtida através do comparativo dos resultados de desempenho da estrutura, calculado para os elementos estruturais em ambas as situações de dosagens relatadas anteriormente. Sendo uma destas dosagens entendida como adequada no que diz respeito as proporções de seus elementos em sua composição, assim conferindo o desempenho desejado a estrutura.

Todo o processamento de dados e cálculos afim desta análise, serão realizados na plataforma do programa Microsoft Excel. Onde é um editor de planilhas que nos permitirá realizar toda e qualquer variação dos paramentos na composição deste dimensionamento. Conferindo agilidade e praticidade nesta alternância de percentuais, seguindo a mesma metodologia nos cálculos. Cálculos estes que irá seguir as tangenciais consagradas no dimensionamento de elementos estruturais na atualidade as regulamentações previstas na NBR 6118:2014.

4.4 PROCEDIMENTOS

Posteriormente ao levantamento de dados, incluindo normativas de cálculos e informações pertinentes para o processamento deles, damos início ao dimensionamento para análises das resultantes.

Partimos dos pretextos básicos de dimensionamento de vigas e lajes em concreto armado, abordados anteriormente. Após o pré-dimensionamento pautado nas prescrições que rege a NBR 6118:2014. Quanto a dimensões mínimas a serem adotadas para elementos em concreto armado.

4.4.1 VIGAS

No que se diz respeito a análise em vigas, damos início calculando suas reações adotando carregamentos distribuídos em análises separadamente de 20kN, 30kN e 40kN. Nas verificações habitualmente feitas para edifícios residenciais, ponderam-se o seguinte carregamento atuante sobre ela:

Peso próprio da viga: O peso próprio (pp) da viga é adotado uma carga linear, uniformemente distribuída, correspondendo ao peso de 1m de viga, dado que:

$$P_p = 25 \cdot A_c$$

Onde A_c é a área da seção transversal da viga em m^2 .

Nas verificações mais usualmente feitas, consideram-se apenas as cargas permanentes ($F_{g,k}$) e a carga acidental principal ($F_{q,k}$). Nestes casos, tem-se as seguintes combinações para as averiguações dos Estados Limites:

Estado Limite Último: O dimensionamento das armaduras de flexão e cisalhamento de vigas, pondera-se as ações majoradas pelo coeficiente de segurança de combinação normal. Deste modo, obtemos:

$$F_d = 1,4 \cdot (F_{g,k} + F_{q,k})$$

b) Estado Limite de Deformação Excessiva: Na verificação de flechas em vigas, consideram-se as combinações quase permanentes das ações, onde as cargas constantes são consideradas com seus valores característicos e as cargas variáveis são multiplicadas pelo coeficiente de redução apresentado na NBR 8681:2004. Nos casos usuais, tem-se que:

$$F_{d,ser} = F_{g,k} + 0,3.F_{q,k}$$

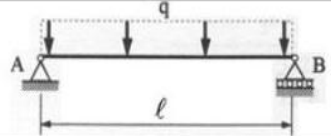
c) Estado Limite de Abertura de Fissuras: Para verificação de fissuras em vigas,

consideram-se as combinações frequentes das ações, onde as cargas permanentes são consideradas com seus valores característicos e as cargas variáveis são multiplicadas pelos coeficientes de redução apresentados na NBR 8681:2004. Nos casos usuais de edifícios residenciais, tem-se:

$$F_{d,ser} = F_{g,k} + 0,4.F_{q,k}$$

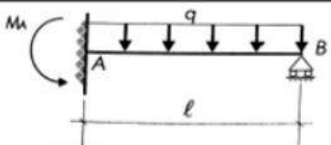
Na análise estrutural em vigas os esforços solicitantes são calculados, comumente, em regime elástico, empregando-se os bem conhecidos métodos de análise estrutural. Logo, são apresentadas algumas equações para determinação das reações de apoio e dos momentos fletores máximos em vigas isoladas de acordo com as figuras 16 a 21:

Figura 16: Reação de apoio em viga bi apoiada.

Carregamento	V_A	V_B
	$\underline{q.l/2}$	$\underline{q.l/2}$

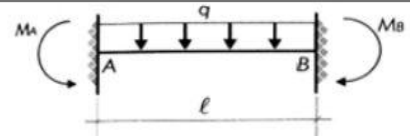
Fonte: Souza, A (2017).

Figura 17: Reação de apoio em viga engastada e apoiada.

	$5.q.l/8$	$3.q.l/8$
---	-----------	-----------

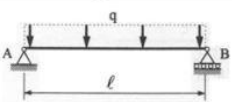
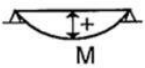
Fonte: Souza, A (2017).

Figura 18: Reação de apoio em viga totalmente engastada.

	$\underline{q.l/2}$	$\underline{q.l/2}$
---	---------------------	---------------------

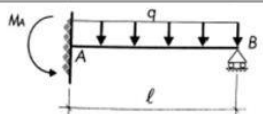

Fonte: Souza, A (2017).

Figura 19: Momento fletor em viga bi apoiada.

Carregamento	M_A	M_B	M_{POS}	DMF
	0	0	$\frac{q \times \ell^2}{8}$	

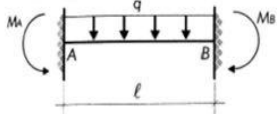

Fonte: Souza, A (2017).

Figura 20: Momento fletor em viga engastada e apoiada.

	$\frac{q \times \ell^2}{8}$	0	$\frac{q \times \ell^2}{14,22}$	
---	-----------------------------	---	---------------------------------	---

Fonte: Souza, A (2017).

Figura 21: Momento fletor em viga totalmente engastada.

	$\frac{q \times \ell^2}{12}$	$\frac{q \times \ell^2}{12}$	$\frac{q \times \ell^2}{24}$	
---	------------------------------	------------------------------	------------------------------	---

Fonte: Souza, A (2017).

Em consonância com a NBR 6118:2014, e bibliografias já mencionadas realiza-se o roteiro a seguir para determinar a flecha em vigas de concreto armado.

É possível então inicialmente, calcular a taxa de armadura necessária para resistir ao momento limite e demais solicitações que venham a agir na mesma, com a expressão a seguir:

$$\rho = \frac{A_s}{bd} ; \rho' = \frac{A_s'}{bd}$$

Onde:

A_s : Armadura de tração,

A_s' : armadura de compressão.

b: Largura da seção transversal.

d: Altura útil.

Posteriormente, obteve-se o módulo de elasticidade secante do concreto. Elemento este de extrema importância para nosso pretexto final e que é calculado pela fórmula:

$$E_{cs} = 4 \cdot 10^6 \sqrt{f_{ck}}$$

Onde:

Fck: Resistência característica do concreto.

Resistência à tração do concreto é obtida pela seguinte equação, sendo proporcional ao fck adotado na composição da estrutura deste elemento:

$$F_{ct} = 1,40 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{10} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Onde:

Fck: Resistência característica do concreto.

Conforme verificado, os deslocamentos obtidos em uma viga são inversamente proporcionais à sua rigidez, que por sua vez está condicionado as dimensões da seção transversal dela. Quanto menores forem as dimensões da seção transversal de uma viga, maiores devem ser os seus deslocamentos. O momento de inércia (I) simples está correlacionado ao eixo considerado da viga, onde de acordo com BOTELHO, MARCHETTI (2011), qualquer que seja a mudança de eixo altera por completo seu valor do mesmo. E pode ser calculada pela fórmula:

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Onde:

b: Largura da seção transversal.

h: Altura da seção transversal.

Cálculo do parâmetro geométrico:

$$\delta = \frac{d'}{d}$$

Onde:

d': Cobrimento da armadura + 1,5 cm.

d: Altura útil.

Cálculo da relação entre os módulos de elasticidade do aço e concreto:

$$n = \frac{E_s}{E_{cs}}$$

Onde:

Es: Módulo de elasticidade do aço.

Ecs: Módulo de elasticidade do concreto.

O módulo de elasticidade do aço $E_s = 210$ GPa.

Após conhecermos a relação entre os módulos de elasticidade, torna-se possível calcular a disposição da linha neutra para seção de concreto armado no estágio II puro. Onde a posição dela é fundamental para a solução do problema proposto. É determinada por meio da seguinte equação:

$$\varepsilon = -n(\rho + \rho') + \sqrt{n^2(\rho + \rho' + 2n(\rho + \delta\rho'))}$$

Onde:

ρ e ρ' = Taxa de armadura.

n: Relação entre módulo de elasticidade do concreto e do aço.

δ : Parâmetro geométrico.

A rigidez equivalente, é responsável por produzir um balanço entre os trechos da viga no estágio I (entendido como não fissurado) e o estágio II (em regime fissurado, mas adotado como global elástico). A fórmula adotada para cálculo desta rigidez é:

$$K2 = \frac{1}{6} \cdot \varepsilon^2 (3 - \varepsilon) + n\rho'(\varepsilon - \delta)(1 - \delta)$$

Onde:

ε : Profundidade da linha neutra.

n: Relação entre módulo de elasticidade do concreto e do aço.

δ : Parâmetro geométrico.

ρ' = Taxa de armadura.

Momento de inércia da seção de concreto armado no estágio II puro:

$$I_2 = k_2 \cdot b \cdot d^3$$

Onde:

k_2 : Rigidez equivalente.

b : Largura da seção transversal.

d : Altura útil.

Calculado o momento fletor característico máximo que possui os mesmos princípios para vão de vigas contínuas ou bi apoiadas e no apoio para balanços. E de acordo com as resultantes do momento fletor de fissuração que é fornecido pela expressão a seguir:

$$M_r = b \cdot h^2 \cdot \frac{f_{ct}}{4}$$

Onde:

b : Largura da seção transversal.

h : Altura da seção transversal

f_{ct} : Resistência a tração do concreto.

Momento de inércia equivalente:

$$I_{eq} = \left(\frac{M_r}{M_{d,ser}} \right)^3 \cdot I_c + \left[1 - \left(\frac{M_r}{M_{d,ser}} \right)^3 \right] \cdot I_2 \leq I_c$$

Onde:

$M_{d,ser}$: Momento fletor solicitante na seção crítica (combinação quase permanente).

M_r : Momento de fissuração.

I_c : Momento de inércia bruta.

I_2 : Momento de inércia no estágio II puro.

Ao realizar a comparação das resultantes destes momentos, se torna possível detectar em qual estágio a estrutura analisada se encontra. Quando o $M < M_r$ o elemento se encontra no estágio I, que termina quando a seção fatura de modo que esta seja capaz de absorver as tensões. Onde caso a comparação entre os momentos seja divergente, a estrutura se classifica no estágio II.

A flecha inicial $W(t_0)$ da viga pode ser obtida, aplicando as equações pré-estabelecidas na Resistência dos Materiais, considerando o momento de inércia equivalente (I_{eq}) e módulo de elasticidade secante do concreto (E_{cs}), calculados anteriormente.

$$W_{max} = \frac{pl^4}{8.E.I} ; W_{max} = \frac{5pl^4}{384.E.I}$$

Onde:

p: Carga distribuída.

I: Momento de inércia.

E: Módulo de elasticidade.

4.4.2 LAJES

Partindo dos pretextos da metodologia de dimensionamento de lajes maciças em concreto armado, fundamentada no livro “Curso de concreto armado”, volume 2, do autor ARAUJO (2014), e requisitos gerais estabelecidos pela NBR-6118:2014.

Inicia-se os cálculos de dimensionamento para análise de influência da dosagem proposto na pesquisa. Primeiramente é extraída as medidas já contidas no esboço dela, como comprimento e largura. Desconhecendo assim apenas sua altura h , que é determinada como abordada anteriormente, apenas dividindo seu vão menor por 40, descartando medidas inferiores a 7 cm.

Com o intuito de simplificar o cálculo de lajes contínuas, é introduzida a consideração: Em bordos internos, quando há continuidade com lajes adjacentes, entende-se como um engastamento perfeito.

A classificação de lajes quanto à armação pode ser entendida como armada em cruz ou em apenas uma direção. A que trabalhamos nesta pesquisa, é armada em apenas uma direção, são aquelas em que a relação entre os vãos é superior a 2. Nesses casos, o momento fletor na direção do vão maior é baixo e não necessita ser calculado, sendo satisfatório adotar uma armadura de distribuição segundo esta direção.

Após determinação destes subsídios, realiza-se o levantamento das possíveis cargas atuantes neste componente. Sendo elas cargas permanentes como seu peso

próprio, revestimentos e acidentais como ocupação e demais ações que alternem de acordo com tempo de utilização.

As verificações de estado limites de serviço (Els) ou estado limite último de serviço (Elus) comumente feitas para os edifícios residenciais, consideram-se apenas as cargas permanentes (g) e a carga acidental principal (q). Nestes casos, tem-se a seguinte combinação quase permanente: Combinação das ações no estado limite de serviço (Els):

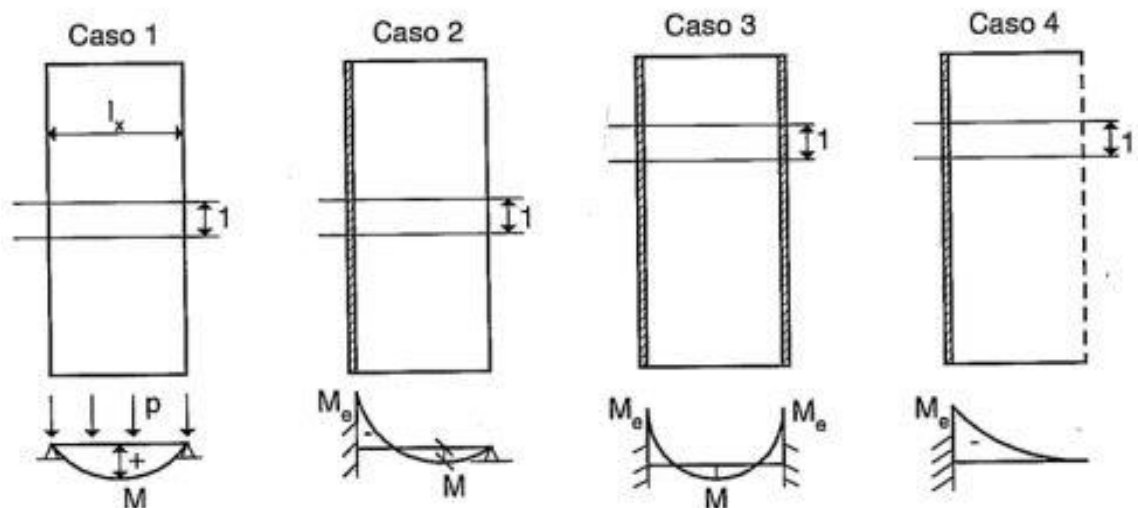
$$P = g + 0,3 \cdot q$$

Combinação das ações no estado limite último (Elu):

$$P = 1,4 \cdot (g + q)$$

Na análise estrutural, englobam o cálculo dos esforços internos e reações nos apoios. Pelo fato do elemento estrutural adotado se tratar de uma laje que dispensa o cálculo do momento fletor na direção do menor vão. Esse cálculo pode ser realizado, de modo simplificado e a favor da segurança, considerando-se uma faixa de largura unitária na direção do vão menor. Sendo assim a seguir, recomenda-se condições de apoio e os diagramas de momentos fletores na direção do vão menor das lajes armadas em uma direção conforme figura 22.

Figura 22: Condições de apoio e momento fletor das lajes



Fonte: Souza, A (2017).

Compreendida e realizada a classificação adequada da estrutura, podemos empregar as fórmulas para cálculo dos esforços internos e reações nos apoios para cada caso conforme a figura 23.

Figura 23: Formulas para cálculo dos esforços internos e reações nos apoios

DESCRIÇÃO	CASO 01	CASO 02	CASO 03	CASO 04
Momento positivo (M)	$M = \frac{pl_x^2}{8}$	$M = \frac{pl_x^2}{14,22}$	$M = \frac{pl_x^2}{24}$	
Momento negativo (M _e)		$M_e = -\frac{pl_x^2}{8}$	$M_e = -\frac{pl_x^2}{12}$	$M_e = -\frac{pl_x^2}{2}$
Reações de apoio nos vãos menores (R _x)	$R_x = p \frac{l_x}{4}$	$R_x = p \frac{l_x}{2(1+\sqrt{3})}$	$R_x = p \frac{l_x}{4\sqrt{3}}$	$R_x = p \frac{l_x}{2\sqrt{3}}$
Reações de apoio nos vãos maiores simplesmente apoiados (R _y)	$R_y = p \frac{l_x}{4} \left(2 - \frac{l_x}{l_y} \right)$	$R_y = p \frac{l_x}{1+\sqrt{3}} \left[1 - \frac{l_x}{l_y(1+\sqrt{3})} \right]$		
Reações de apoio nos vãos maiores engastados (R _{ye})		$R_{ye} = \sqrt{3} R_y$	$R_{ye} = p \frac{l_x}{4} \left(2 - \frac{l_x}{l_y\sqrt{3}} \right)$	$R_{ye} = pl_x \left(1 - \frac{l_x}{l_y\sqrt{3}} \right)$

Fonte: Souza, A (2017).

No cálculo da flecha inicial W₀ é dada por:

$$W = \frac{k}{384} \cdot \frac{pl^4x}{D}$$

Onde:

k: Coeficiente que depende das condições de apoio.

p: Carga distribuída atuante na laje.

l: Vão da laje.

D: Rigidez a flexão da laje.

A rigidez à flexão “D” da laje é dada por:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \nu^2)}$$

Onde:

E= Módulo de elasticidade secante do concreto.

h= Espessura da laje, em metros.

ν = coeficiente de Poisson do concreto ($\nu= 0,2$).

A tabela 2 apresentada a seguir relata os valores que devem ser adotados para os coeficientes das condições de apoio.

Tabela 2: Coeficientes das condições de apoio

Caso	K	Local
1	5	centro
2	2	centro
3	1	centro
4	48	externo

Fonte: Adaptado de Souza, A (2017).

Verificação da flecha máxima final, W^∞ abrangendo a fluência do concreto, pode ser obtida através da relação:

$W^\infty = (1 + \varphi) \cdot W_0$, onde φ é o coeficiente de fluência, dado na tabela A.1 da NBR 6118, conforme a figura 24.

Figura 24: Coeficientes de influência

Ambiente	Umidade U %	Fluência φ		
		Abatimento do concreto cm		
		0 - 4	5 - 9	10 - 15
Na água	-	0,6	0,8	1,0
Em ambiente muito úmido imediatamente acima da água	90	1,0	1,3	1,6
Ao ar livre, em geral	70	1,5	2,0	2,5
Em ambiente seco	40	2,3	3,0	3,8

Fonte: NBR 6118:2014.

De acordo com a NBR 6118, A flecha admissível em lajes com o intuito de prevenir vibrações indesejáveis ou efeito visual desagradável é dada por:

Lajes não em balanço: $W_{\infty} \leq l / 250$ (onde l é o menor vão da laje).

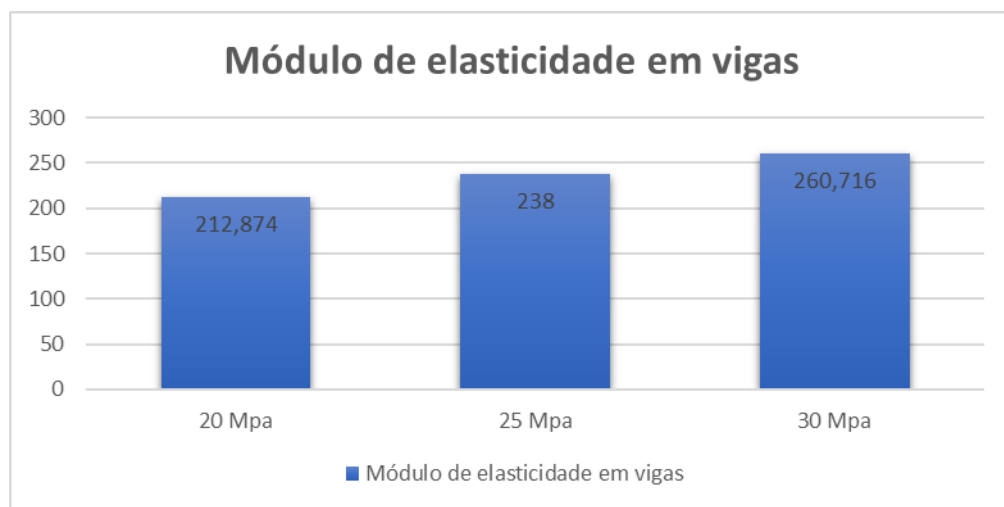
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

5.1 VIGAS

Partindo dos pretextos do tópico anterior realiza-se a manipulação das informações. Onde foi adotado para análise em vigas uma de 4 metros de comprimento, bi apoiada, carregamento distribuído variando a cada dimensionamento sendo eles de 20 KN/m, 30 KN/m e 40 KN/m. Aliado a esta variação de carregamentos também foram aplicados a variância do fck, como nosso anseio principal, sendo eles respectivamente 20 Mpa, 25 Mpa e 30 Mpa.

Entretanto, dando início aos cálculos a primeira propriedade que se difere nos três dimensionamentos realizados em paralelo, foi o módulo de elasticidade secante do concreto. Onde a figura 25 a seguir apresenta:

Figura 25: Resultados do módulo de elasticidade em vigas



Fonte: Autoral, 2019.

Onde:

Fck se encontra em Mpa.

Módulo de elasticidade em Tf/cm².

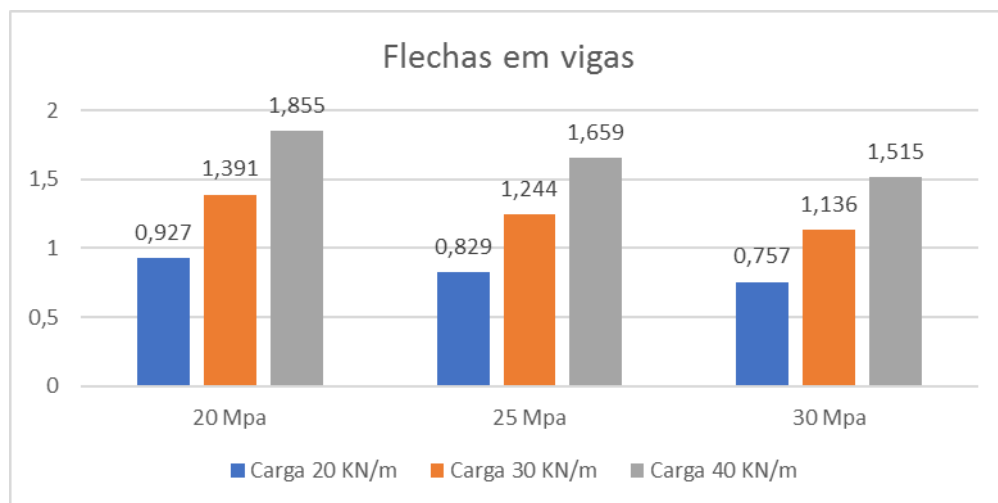
Onde como já relatado anteriormente este componente é de extrema relevância em parâmetros do concreto podendo ser condicionado a relação água/cimento e agregados.

A variação apresentada anteriormente foi entendida como uma parcela ímpar de nossas análises. A diferença entre os módulos só traz alterações mais

significativas quando a estrutura se encontra no estágio I. Outro fator de preponderância no valor deste módulo de elasticidade se trata do prazo de desforma das peças. Onde a desforma do elemento em tempo menor do recomendado por norma, resulta em flechas significativamente maiores. Uma vez que o módulo de elasticidade não atingiu o valor pretendido.

O módulo de elasticidade se trata de uma grandeza proporcional à rigidez de um material quando este é submetido a uma tensão, de tração ou compressão. Fundamentalmente, é a razão entre a tensão aplicada e a deformação sofrida em um corpo. Assim como pode ser verificado nos resultados apresentados, menor sua rigidez (módulo de elasticidade), seja qual for, conseqüentemente maior serão as deformações (flecha) sofridas por este elemento. Como apresentado na figura 26 abaixo:

Figura 26: Resultados das flechas em vigas com carga de 20 KN/m, 30 KN/m, 40KN/m



Fonte: Autoral, 2019.

Onde:

Cargas em KN/m.

Flechas em cm.

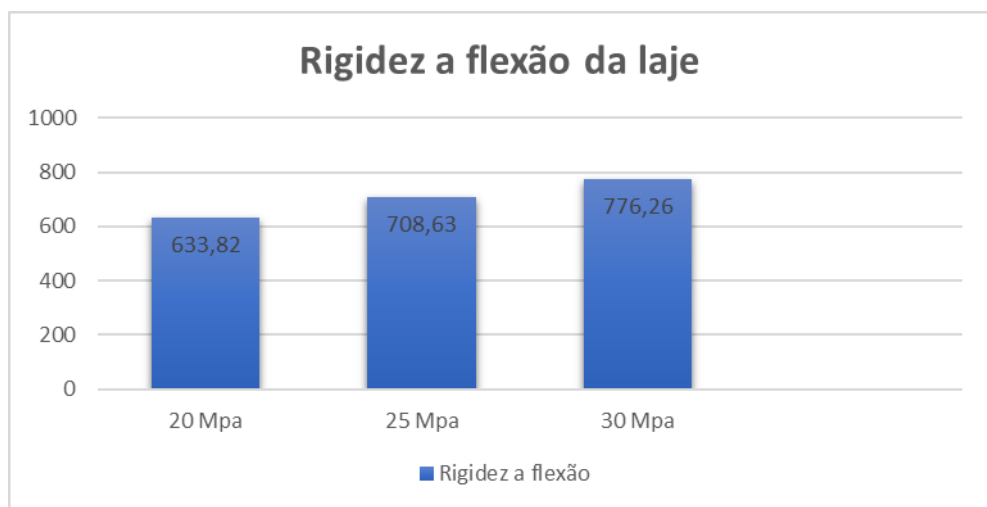
5.2 LAJES

Para o dimensionamento realizado deste elemento, foi adotado uma seção de laje isolada com as seguintes características: Cargas atuantes, peso próprio

considerando revestimentos, carga acidental, dimensões de 3,5 m x 1,5 m e espessura igual a 7 cm. Partindo destas predeterminações se obtém a manipulação destes dados sendo realizando três dimensionamentos de fck de 20 Mpa, 25 Mpa e 30 Mpa.

Se tratando deste componente estrutural, um dos principais elementos com variação mais relevante obtida, foi a rigidez à flexão (D), apresentando os seguintes resultados relatados pela figura 27 abaixo:

Figura 27: Resultados da rigidez a flexão em lajes



Fonte: Autoral, 2019.

Onde:

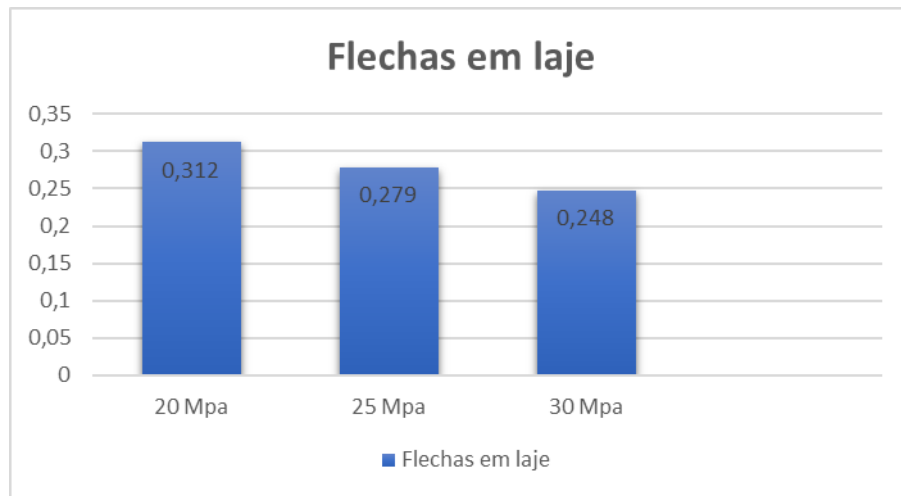
Fck se encontra em Mpa.

Rigidez se encontra em KN.m.

Onde nota-se em mais uma tratativa a relevância do módulo de elasticidade secante do concreto, para concepção da análise e desempenho final de flechas em estruturas de concreto armado. Sendo comprovada por mais uma demonstrativa pelo fato de a rigidez à flexão apresentada anteriormente ser condicionada e dependente deste módulo de elasticidade secante.

Entretanto, dependente dos valores obtidos anteriormente na rigidez á flexão a flecha imediata é calculada e foram obtidos os seguintes resultados na figura 28:

Figura 28: Resultados das flechas em lajes



Fonte: Autoral, 2019.

Onde:

f_{ck} se encontra em Mpa.

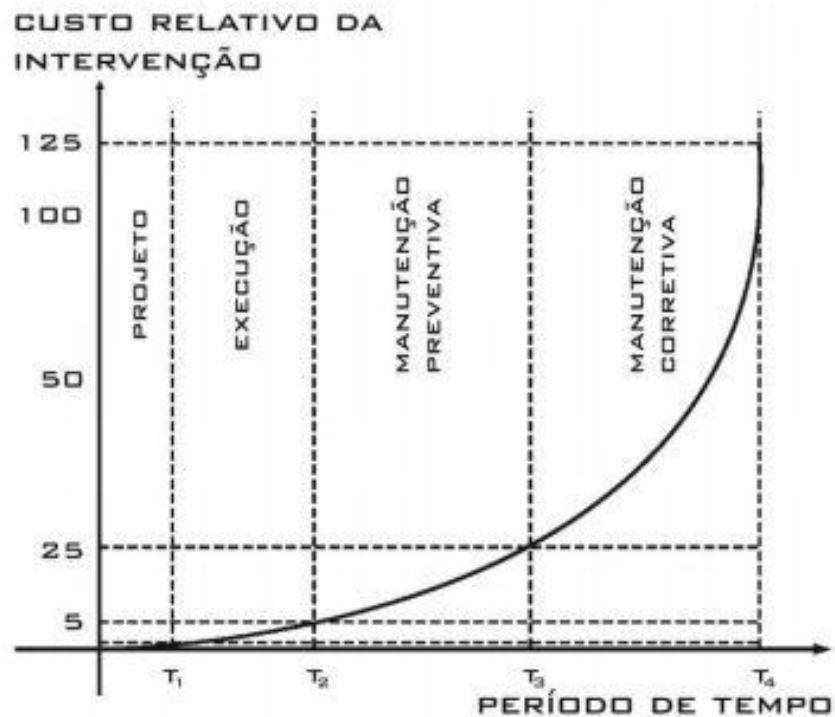
Flecha imediata em milímetro.

Após a análise dos dados e toda revisão bibliográfica desta pesquisa, construímos algumas ponderações. Como o entendimento cujo nos primórdios, as estruturas projetadas eram em sua maioria, menos sofisticadas, constituída por elementos estruturais de menor esbeltez, número de pavimentos e vãos. Hoje em dia, o cenário se apresenta outro. Onde as estruturas possuem uma arquitetura mais arrojada, são mais altas e esbeltas, resultando à necessidade de maiores vãos. Todas essas mutações tornaram as estruturas mais deformáveis como apresentado anteriormente em nossas análises, sendo ainda mais formidável a avaliação das condições em serviço, que é a verificação da durabilidade e de fissuras, deslocamentos e flechas em estruturas.

De acordo com o item 6.1 da NBR6118:2014, estruturas de concreto carecem ser projetadas e edificadas de modo que, sob as classes ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme indicado em projeto, conservem sua segurança, aptidão em serviço durante o período referente à sua vida útil estabilidade. Assim, entende-se com a pesquisa apresentada e demais levantamentos realizados que ao conceber uma estrutura que não atenda às condições de serviço, torna-se a necessidade de reparos na edificação, o que acarreta transtornos e custos não previstos no orçamento inicial.

De acordo com Helene (1988), os custos da intervenção acendem em uma progressão geométrica para cada etapa do processo construtivo e de utilização do edifício. Onde além dos pretextos de intervenção estrutural e de desempenho dos elementos abordados, se torna possível ressaltar a interferência econômica do processo, de tão grande relevância do mesmo no resultado do projeto como um todo. Ressalta-se na figura 25 abaixo, que para cada correspondência de etapa o custo adota-se em uma progressão geométrica de razão cinco:

Figura 29: Progressão de custo para intervenção em um edifício



Fonte: PELACANI, 2010, p.78. apud PADARATZ, 2000.

6 CONCLUSÃO

A realização deste trabalho proporcionou uma ampla percepção sobre a área estrutural, onde compreende-se que para tramitar neste segmento é necessário se manter em constante evolução, devido à imensa gama de detalhes a serem acatados, que alternam desde a localização da edificação até os aspectos de projeto arbitrados pelo próprio engenheiro responsável. O incremento desta análise e cálculo dos elementos estruturais auxiliou para assimilar e compreender em conjunto as bases teóricas apresentadas ao longo da graduação, que anteriormente eram fragmentadas. Foi perceptível que é necessária uma compreensão apropriada de todas as disciplinas de estrutura estudadas, além de atenção e bom discernimento por parte do projetista.

Além da revisão bibliográfica, este trabalho apresenta os dimensionamentos dos componentes estruturais (viga e laje), em situações divergentes. No âmbito dos coeficientes do concreto adotado em sua composição. Sendo estes coeficientes adotados provenientes de concreto produzido *in loco* e central dosadora (com controle tecnológico efetivo). Divergências estas, propiciadas pela metodologia de dosagem empregada em canteiro de obra. Realizaram-se o cálculo destas estruturas para ambas as situações abordadas.

Os maiores valores de flecha imediata foram encontrados em estrutura advinda de concreto com maior variação minorativa do f_{ck} e conseqüentemente módulo de elasticidade tangencial inicial, ou seja, daqueles concebidos *in loco*.

Constatou-se que as resultantes de desempenho final da estrutura de concreto produzido *in loco*, possuem uma variação significativa em sua flecha imediata quando comparado com a estrutura proveniente do concreto de central dosadora.

Entretanto notou-se que além de condicionado a atuação de um engenheiro capacitado, um projeto estrutural de qualidade só é alcançado com emprego de materiais e métodos em consonância com as normativas. Assim prezando pela segurança e fatores como qualidade, estética e economia de materiais que são imprescindíveis.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, J. **Curso de Concreto Armado**. Vol.2. Rio Grande, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. São Paulo: ABCP, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578: Cimento Portland composto**. Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos** Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto — Especificação**. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado — Especificação**. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522: Concreto-Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681: Ações e Segurança nas estruturas — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.
- BASTOS, P. **Fundamentos do Concreto Protendido**. São Paulo, 2019.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção: Novos Materiais para Construção Civil**. v.1. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009, p. 409.
- BATTAGIN, Arnaldo Forti. **Cimento: diferentes tipos e aplicações**. 2010.
- BITTENCOURT, R. M.; FARIAS, L. A.; INÁCIO, J. J.; MARQUES, R. A. **Relatório do XIX Programa Interlaboratorial de Ensaios de Concreto/2013**, Furnas Centrais Elétricas S.A., à Comissão Técnica de Laboratórios de Ensaios em Construção Civil do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO-CTLE-01), Goiânia, 2014.

BOTELHO, M, H, C. MARCHETTI, O. **Concreto Armado EU TE AMO**, vol.2. São Paulo, 2011.

COTTA, A. **Estudo da lei de Hooke**. Lavras, 2017.

GABRICH, M. F. **Estudo da influência das adições minerais no comportamento do concreto sob a ação do fogo**. 2008. 111 p. Dissertação (Pós-graduação em Construção Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

HELENE, P. **A nova NB 1/2003 (NBR 6118) e a Vida Útil das Estruturas de Concreto**. [S.l.]:[s.n.], [20,40], p. 02.

HELENE, P.; TUTIKIAN, F.B **Concreto: Ciência e tecnologia**. Florianópolis: IBRACON, 2011.

João Carlos Souza. "**Aprenda a pré-dimensionar uma estrutura em concreto armado**" 01 Abr 2018. ArchDaily Brasil. Acessado 2 Jul 2019. <<https://www.archdaily.com.br/br/891672/aprenda-a-pre-dimensionar-uma-estrutura-em-concreto-armado>> ISSN 0719-8906.

LA SERNA, H; REZENDE, M. **Agregados para construção civil**. SÃO PAULO, 2015.

LIBÂNIO.M, Andreilton. **Estruturas de concreto- Capítulo 3**, 2010.

MALHOTRA, V.M; MEHTA, P.K. **Pozzolanic and cementitious materials. Advances in concrete technology**. Volume 1, Canadá, 1996.

METHA, O. K; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura Propriedades e Materiais**. 3ª ed. São Paulo: Pini, 2008. 674 p.

MINASCON, 2010, "**Controle tecnológico do concreto: direitos e deveres**". In: 7º Encontro.

MONTIJA, F. C. **Aspectos da variabilidade experimental do ensaio de módulo de deformação do concreto**. 2007. 261 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MORAES, M; LOPES, R. **Análise da contribuição de adições de microssílica e nanossílica na resistência à compressão de concretos convencionais**. GOIÂNIA, 2010.

NEVILLE, Adam. **Propriedades do Concreto**. São Paulo, 1997.

PELACANI, 2010, p.78. apud PADARATZ, 2000.

PINHEIRO, L; MUZARDO, C; SANTOS, S. **Bases para cálculo — Capítulo 6**. SÃO PAULO, 2003

PINHEIRO, L; SANTOS, A; SANTOS, S. **Estruturas de concreto — Capítulo 3**. SÃO PAULO, 2010.

ROSSIGNOLO, João Adriano. **Concreto Leve Estrutural: Produção, propriedades, microestrutura e aplicações**. São Paulo: PINI, 2009.

SANTIAGO, W. **Estudo da não conformidade de concretos produzidos no Brasil e sua influência na confiabilidade estrutural**. SÃO CARLOS, 2011.

SANTOS, Paulo Sergio. **Fundamentos do concreto armado**. BAURU, 2006.

SILVA, P. **A importância do controle tecnológico do concreto**. JUIZ DE FORA, 2012.

SIQUEIRA, Ligia. **Laboratório de materiais de construção 1- 1º parte-cimento**. 2008.

Souza, A. **Nota de aula para dimensionamento de estruturas em concreto em concreto armado**. Joao Monlevade, 2017.

VASCONCELOS, A. C., 2002, **O concreto no Brasil**. Vol. 2, Ed. Pini, São Paulo, 2002. NBR 11768:2011.