



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

UMA ABORDAGEM ACADÊMICA SOBRE A APLICAÇÃO DA OTIMIZAÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Alex Alves Bandeira – alex_bandeira@terra.com.br

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Departamento de Engenharia Civil
-São Paulo - SP

Thais Kojima Miranda – thais_kjm@yahoo.com.br

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Departamento de Engenharia Civil
01222-020 – São Paulo – SP

Resumo: *O presente trabalho tem por objetivo realizar uma aplicação da otimização ao dimensionamento de pilares de concreto armado. Assim, primeiramente é desenvolvido um estudo detalhado sobre o concreto armado desde seu histórico, propriedades intrínsecas de deformação, a origem e distribuição de esforços nas estruturas, considerações sobre as condições de contorno dos pilares no dimensionamento até os critérios de verificação do dimensionamento propostos pela norma brasileira de concreto armado NBR 6118/04. São realizados também aplicações numéricas do dimensionamento de pilares com os métodos de dimensionamento propostos pela NBR. 6118/0. Estes estudos propiciam ao aluno ter um conhecimento profundo do funcionamento de peças de concreto armado. Em seguida são estudados alguns conceitos sobre a programação matemática e algoritmos de otimização que podem ser aplicadas as otimizações com e sem restrições. Para a realização destes estudos são utilizados conceitos adquiridos durante a graduação. São então definidas equações que caracterizam o problema de otimização e que são distintos para vigas e pilares. Estas são aplicadas ao algoritmo escolhido em rotinas no software C++, em diversas simulações numéricas para que exista uma interpretação física dos resultados obtidos. Para finalizar o estudo é feita uma verificação da mesma estrutura estudada anteriormente na aplicação da otimização com o software TQS.*

Palavras-chave: *Otimização, Dimensionamento de estruturas, concreto armado.*

1. INTRODUÇÃO

Nos edifícios as vigas e os pilares compõem os pórticos planos ou espaciais que criam um sistema de contraventamento que viabiliza o funcionamento de toda a estrutura. São responsáveis por absorver as ações verticais e horizontais que são aplicadas às estruturas e proporciona rigidez e garante a estabilidade global do edifício. As ações absorvidas pelos pórticos têm sua origem no peso próprio da estrutura, nos esforços de vento e no uso ao qual a estrutura é concebida.

O cálculo de uma estrutura de concreto armado tem como objetivo garantir uma segurança adequada contra a ruptura provocada pelas solicitações provenientes de carregamentos aplicados e limitar as deformações oriundas das ações atuantes de modo a não comprometer o seu uso.

Os dimensionamentos realizados para estruturas durante a graduação, têm como ponto inicial uma hipótese, que ao ser admitida é verificada de acordo com as necessidades e o uso da peça. Se esta hipótese ao for verificada for compatível, é então adotada. Ao passo que, se a verificação não for compatível uma nova hipótese é admitida e então verificada. Este processo de sistematização de dimensionamento o torna iterativo. Assim, o uso de ferramentas computacionais e métodos numéricos geram um dimensionamento mais preciso.

O conceito de otimização propõe que otimizar é encontrar os melhores pontos de uma função otimizada mediante restrições impostas ou não a esta função. Neste estudo a função otimizada é a do dimensionamento para vigas e pilares e as restrições estão relacionadas as diretrizes propostas pela norma brasileira de concreto armado para o dimensionamento.

2. CONCRETO ARMADO

Nesta seção são apresentados o concreto armado desde o seu desenvolvimento inicial aos princípios de dimensionamento e comportamento mediante deformações.

2.1 Histórico do concreto armado

O concreto armado surgiu em um primeiro desenvolvimento do Cimento Portland por Josef Aspdin (1824) na Inglaterra. Em 1855 Lambot, na França colocou barras de aço na parte tracionada de peças feitas de argamassa de cimento para a construção de barcos. Monier em 1861 com a fabricação de um jarro de flores chegou ao concreto armado como se entende hoje. Obteve sucessivas patentes para a construção de tubos, lajes e pontes. Mörsh em 1902 comprova experimentalmente, elabora e publica as primeiras teorias do dimensionamento do concreto geradas pela firma alemã Wayss&Freitag. Deram origem as primeiras normas de concreto armado. Apesar dos anos as idéias fundamentais de Mörsh ainda continuam válidas, porém esta teoria fornece um dimensionamento a favor da segurança de conseqüentemente custos mais elevado e que fez gerar adaptações nas últimas décadas.

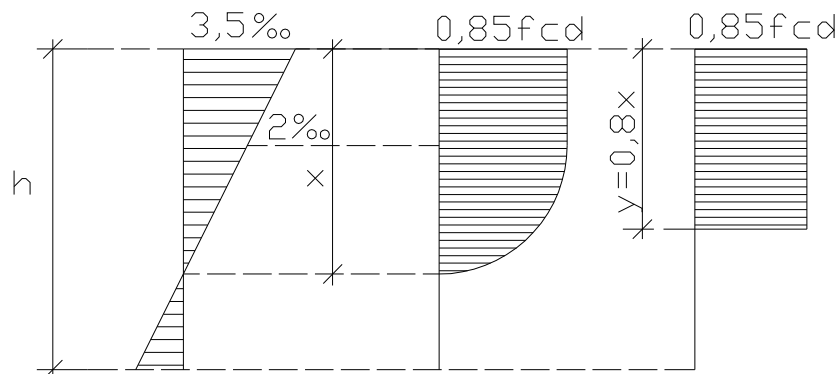
2.2 Princípios do dimensionamento

O conceito fundamental do concreto armado é a heterogeneidade das peças que ocorre porque é um material formado por um compósito, no caso o concreto, e de barras de aço. Sendo o concreto por si só heterogêneo, apresentando uma ruptura do tipo frágil, e quando solicitado a flexão apresenta ruptura brusca devido a sua baixa resistência a tração. Assim, nas regiões da seção transversal de peças de concreto solicitadas a esforços de tração são adicionadas barras de aço.

Para a obtenção da resistência interna são admitidas algumas hipóteses proposta pela norma brasileira de concreto armado NBR 6118/04. Admite-se que as seções transversais permanecem planas após a deformação, que exista perfeita aderência entre as barras de aço das armaduras e o concreto, e a resistência a tração do concreto é desprezada.

Para as tensões do concreto admite-se então o diagrama parábola retângulo ilustrado na figura 01.

Figura 01 – Diagrama de tensões de compressão no concreto



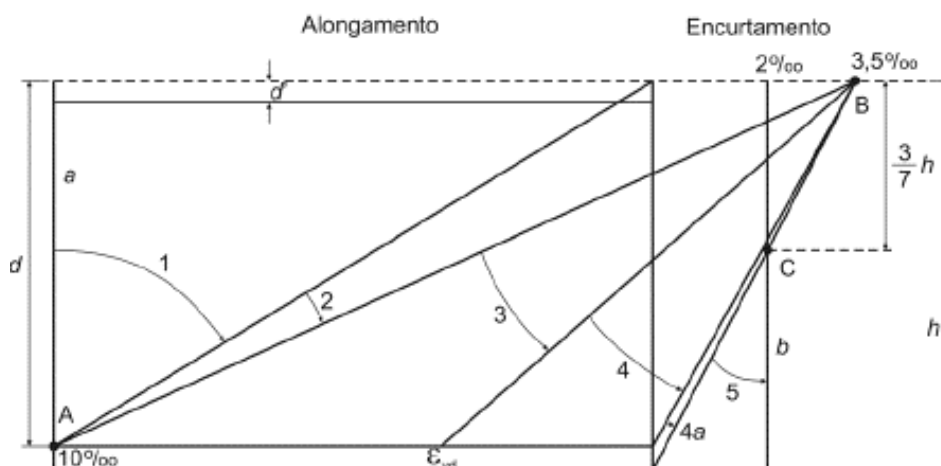
Sendo para seções transversais nas quais a largura da seção não diminui a partir da linha neutra é admitido um diagrama simplificado.

2.3 Domínios de deformações no Estado Limite Ultimo

A linha neutra divide a seção transversal em área que sofre esforços de compressão e tração. Estes esforços são resultantes internas devido a solicitações externas advindas de carregamentos aos quais a estrutura está exposta.

Para representar o comportamento da linha neutra e conseqüentemente as deformações de alongamento e encurtamento, da seção transversal de peças de concreto armado são utilizadas oito domínios de deformação no ELU como ilustra a figura 02.

Figura 02 – Domínios de deformações no ELU



A reta *a* representa o esforço normal de tração na seção ou tração axial.

O domínio 1 corresponde à ocorrência de esforço normal de tração na seção

compreendendo deste a situação de tração pura até a tração excêntrica .

O *domínio 2* ilustra a situação de flexão simples ou composta sem ruptura à compressão do concreto.

O *domínio 3* ilustra a flexão simples ou composta com ruptura à compressão do concreto.

No *domínio 4* as peças estão submetidas à flexão simples ou compostas em que a ruptura se dá exclusivamente pelo concreto.

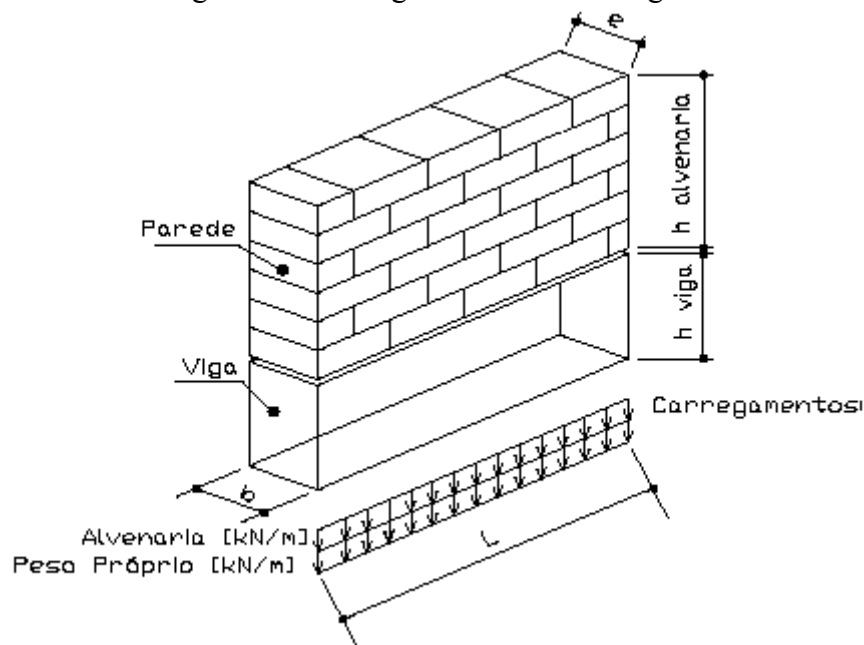
O *domínio 4a* representa a situação de flexão composta com armadura comprimida.

No *domínio 5* tem-se a compressão não uniforme ou compressão excêntrica.

3 Estruturas de concreto armado em edifícios

Nos edifícios os pilares absorvem os carregamentos provenientes das reações das vigas, que tem sua origem no peso próprio da mesma e na reação das lajes, e os transmitem de maneira uniforme por todo edifício até a fundação como ilustra a figura 03.

Figura 03 – Carregamentos de uma viga



A transmissão desses esforços funciona pelo princípio de pórtico, que proporciona rigidez e garante a estabilidade global do edifício. É então criado um sistema de contraventamento que viabiliza o funcionamento de toda estrutura.

3.1 Métodos de dimensionamento de pilares de concreto armado

Método da Compressão Centrada Equivalente

Este método é aplicado a pilares cujo índice de esbeltez possua valor inferior ao valor limite λ_1 . Neste método apenas a excentricidade acidental por imperfeição geométrica é considerada eliminando a possibilidade de cargas excêntricas ao eixo do pilar. Além disso, a seção transversal do pilar em estudo deve ser retangular ou circular e a armadura ao longo da peça deve ser simétrica.

Para a aplicação deste método a força normal reduzida dada pela equação 01 deve ter valor inferior 0,7.

$$v = \frac{N_{sd}}{(A_c \cdot f_{cd})} \quad (1)$$

A força normal solicitante de cálculo $N_{sd,eq}$ expressa pela equação 02, que considera o valor da excentricidade acidental e_a que é dada pela equação 03.

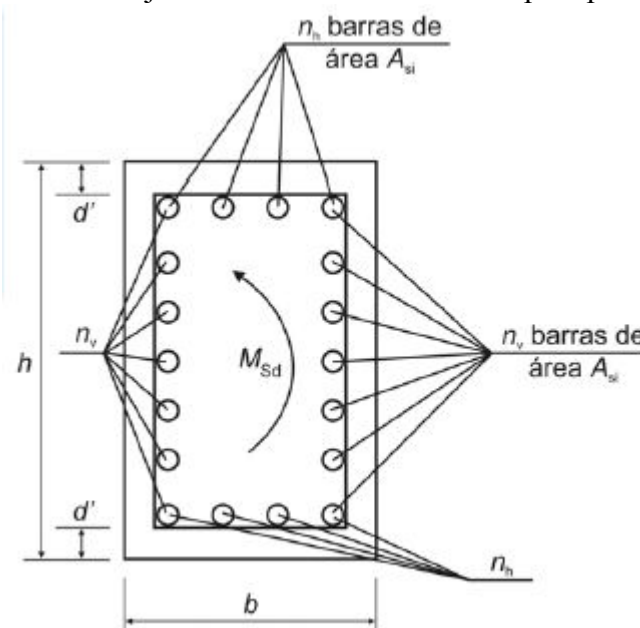
$$N_{sd,eq} = N_{sd} \cdot \left(1 + \beta \cdot \frac{e}{h}\right) \quad (2)$$

$$e = e_a = 0,015 + 0,03 \cdot h \quad (3)$$

Para o cálculo da força normal solicitante de cálculo também deve ser realizado o cálculo do parâmetro α dado pela equação 04, que correlaciona o número de barras existentes na direção horizontal e na direção vertical da seção transversal do pilar em estudo ilustrado na figura 04.

$$\alpha_s = \frac{(n_h - 1)}{(n_v - 1)} \quad (4)$$

Figura 04 – Arranjo de armadura caracterizado pelo parâmetro α



Sendo assim calcula-se o parâmetro β dado pela equação 05.

$$\beta = \frac{1}{(0,39 + 0,01 \cdot \alpha) - 0,8 \cdot \frac{d'}{h}} \quad (4)$$

A área de aço da seção transversal pode ser dada então pela equação 5.

$$N_{sd,eq} = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot (A - A_s) + \sigma_{scd} \cdot A_s \quad (5)$$

Método do Pilar-Padrão com Curvatura Aproximada.

Este método é aplicável a pilares em que o índice de esbeltez da peça for inferior a 90.

Para encontrar a área da aço da seção estudada, utiliza o ábaco de Interação proposto por PJ Montoya (1978). Neste método, assim como no método da compressão centrada equivalente a armadura deve ser simétrica e constante ao longo do eixo.

O seu uso também tem como condição inicial o cálculo da curvatura da seção crítica dado pela equação 6 que deve ser inferior ao limite expresso pela equação 7.

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h \cdot (\nu + 0,5)} \quad (6)$$

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h} \quad (7)$$

Além disso, a força adimensional dada pela equação 8 também tem seu valor limitada a maior ou igual a 0,5.

$$\nu = \frac{N_{sd}}{(A_c \cdot f_{cd})} \quad (8)$$

O momento total máximo pode ser expresso pela equação 9.

$$M_{d,tot} = \alpha_b \cdot M_{1d,A} + N_d \cdot \frac{l_e^2}{10} \cdot \frac{1}{r} \geq M_{1d,A} \quad (9)$$

Para determinar o valor da área de aço da seção transversal são calculados os parâmetros μ dado pela equação 10 e o parâmetro ν dado pela equação 11.

$$\mu = \frac{M_d}{A_c \cdot f_{cd} \cdot h} \quad (11)$$

$$\nu = \frac{N_{sd}}{(A_c \cdot f_{cd})} \quad (12)$$

Com a aplicação destes parâmetros no ábaco de interação proposto por Montoya (1978) obtém-se o parâmetro ω , expresso pela equação 13, que relaciona a área de aço da seção transversal possibilitando encontrar o seu valor.

$$\omega = \frac{A_{s,tot} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad (13)$$

Método Geral

Este método é aplicável a pilares cujo índice de esbeltez for maior que 90. Para encontrar a área de aço utiliza os ábacos do CEB (norma europeia de concreto armado). A escolha da

utilização dos ábacos é definida pela característica geométrica de cada pilar que são definidos pelas equações 14 e 15 respectivamente.

$$\frac{d'}{h} \quad (14)$$

$$\frac{l_e}{h} \quad (15)$$

Para determinar a área de aço são calculados os parâmetros μ dado pela equação 16 e o parâmetro ν dado pela equação 17 respectivamente.

$$\nu = \frac{N_d}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot A} \quad (16)$$

$$\mu_1 = \frac{M_{1d}}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot A \cdot h} \quad (17)$$

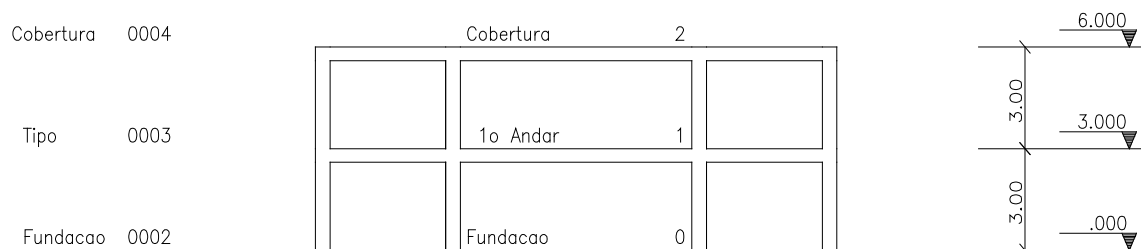
Estes parâmetros aplicados ao ábaco do CEB, fornecem o parâmetro ω , expresso pela equação 18, que relaciona a área de aço da seção transversal do pilar.

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot A} \quad (18)$$

Aplicação numérica dos métodos de dimensionamento de pilares de concreto armado

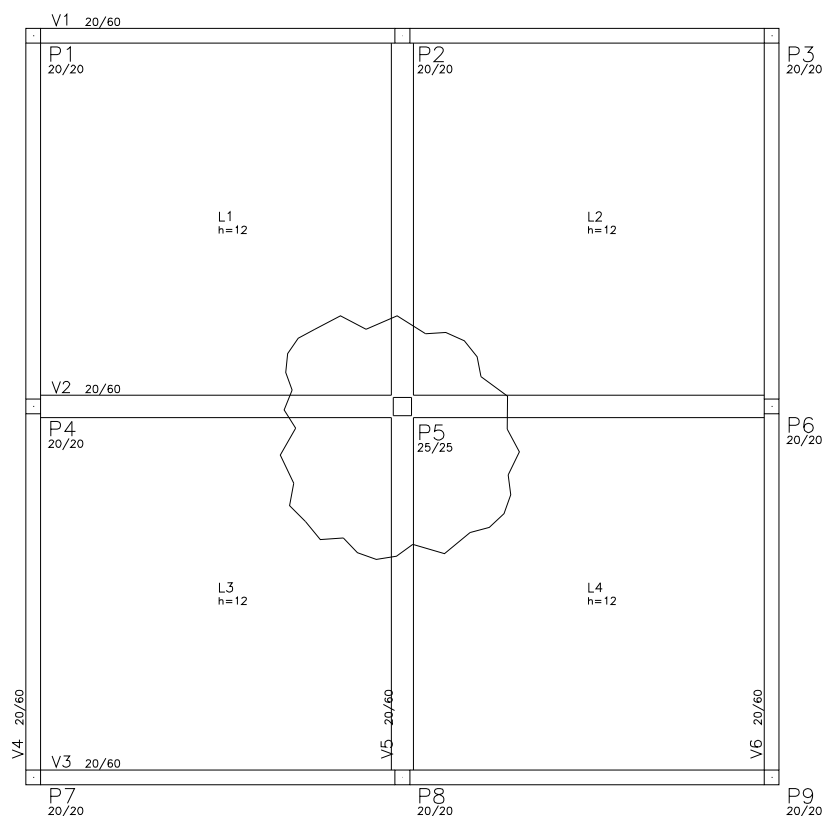
Será então estudada o pilar central P5 de um pavimento tipo de uma edificação com um andar e uma cobertura como ilustra o corte esquemático da figura 5.

Figura 5 -Corte esquemático da edificação em estudo
Corte esquemático



A área do pavimento tipo é de 104,4m², e está dividida em quatro lajes como ilustra a figura 06. As dimensões da laje são comprimento e largura 4,8m e altura 12cm.

Figura 06 – Planta de formas do pavimento tipo.



Será realizado um estudo com esta estrutura no qual os três métodos de dimensionamento propostos pela norma serão utilizados em diferentes situações de carregamento, geometria da estrutura e condições de contorno da peça. A tabela 01 ilustra este estudo.

Tabela 01- Estudo realizado utilizando os métodos de dimensionamento propostos pela norma

Característica Geométrica (cm/cm)	Força Normal (kN)	Comprimento de flambagem le (m)	Excentric. e (cm)	Índice de Esbeltez	Valor Limite λ_1	Método de Dimens.	Área de Aço (cm ²)
25/25	791	2,1	0	29,06	43,54	Compressão Centrada Equivalente $\lambda < \lambda_1$	12,02
25/25	399	4,2	4,75	58,13	45,63	Pilar padrão com curvatura aproximada $\lambda < 90$	2,57

20/20	401	5,6	4,75	96,88	46,61	Método Geral $\lambda > 90$	2,79
-------	-----	-----	------	-------	-------	--------------------------------	------

4. PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA

A programação matemática tem como objetivo a análise e resolução de problemas do tipo:

$$\begin{aligned} &\text{Minimizar } f(x) && (24) \\ &\text{Sujeito a } g_i(x) = 0, && i \in I, \\ & && g_j(x) \leq 0, && j \in D, \\ & && x \in \mathfrak{R}^n, \end{aligned}$$

Onde a função $f(x)$ é denominada de função objetivo e as funções $g_i(x)$, para $i=1, \dots, m$, e $g_j(x)$, para $j=1, \dots, q$, são denominadas restrições. O conjunto finito dos índices das restrições de igualdade é denominado por $I = \{1, \dots, m\}$ e o conjunto finito dos índices das restrições de desigualdade por $D = \{1, \dots, q\}$. O conjunto finito dos índices de todas as restrições é denominado por $R = I \cup D$.

Quando um ponto x satisfaz a todas as restrições ele é chamado de viável. O conjunto de todos os pontos viáveis é chamado de região viável Γ . Quando um ponto x não satisfaz a alguma restrição ele é chamado de inviável. Um ponto viável que minimiza $f(x)$ será indicado por x^* e será denominado de ponto ótimo.

Quando os conjuntos finitos I e D forem vazios, ou seja, $I = \emptyset$ e $D = \emptyset$, não existem restrições $g_i(x)$ e $g_j(x)$ trata-se de um problema de otimização sem restrições. Quando o problema é da forma explicitada na equação 24 trata-se de um problema de otimização com restrições. Portanto, os problemas de otimização podem ser divididos em problemas sem e com restrições.

A maioria dos métodos de resolução de problemas de otimização da forma (equação 24) é iterativa, ou seja, geram uma seqüência de pontos $\{x^{(0)}, x^{(1)}, \dots, x^{(n)}\}$, onde o ponto $x^{(k+1)}$ é determinado a partir do ponto anterior. Mais especificadamente $x^{(k+1)}$ é determinado pela equação 25.

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - \delta^{(k)}, \quad (25)$$

Em geral, os métodos de resolução procuram soluções que são mínimos locais do problema. Em determinados casos onde as hipóteses de convexidade são introduzidas, pode-se obter o mínimo global.

4.1 Otimização em pilares de concreto armado

Otimização da área sem restrições

O problema de otimização sem restrições para pilares de concreto armado pode ser formulado como 26.

$$\begin{aligned} &\text{Minimizar } f(A_s) \\ &A_s \in \mathfrak{R} \end{aligned} \quad (26)$$

A função objetiva a ser otimizada é a do processo simples para cálculo de pilares.

O processo simplificado de cálculo de pilares utilizado na aplicação pode ser dado pela equação 27:

$$\gamma_n \cdot \gamma_f \cdot N_k \cdot \left(1 + \beta \cdot \frac{e}{h}\right) = A_c \cdot \sigma_{cd} + A_s \cdot \sigma_{scd} \quad (27)$$

Sendo A_c a área do concreto na seção transversal da peça expressa pela equação 28, e substituindo na equação 27, tem-se a equação 29.

$$A_c = A - A_s \quad (28)$$

$$\gamma_n \cdot \gamma_f \cdot N_k \cdot \left(1 + \beta \cdot \frac{e}{h}\right) = (A - A_s) \cdot 0,85 \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_{scd} \quad (29)$$

A equação a ser minimizado em função da área da seção transversal da peça, dado pela equação 30.

$$f(A_s) = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot N_k \cdot \left(1 + \beta \cdot \frac{e}{h}\right) - (A - A_s) \cdot 0,85 \cdot f_{cd} - A_s \cdot \sigma_{scd} \quad (30)$$

O método utilizado para a aplicação da otimização ao dimensionamento de pilares de concreto armado é o Método do Lagrangiano Aumentado, que resolve uma seqüência de problemas de otimização sem restrições. Ele utiliza o Método do Lagrangiano acrescentando um termo ξ que penaliza as restrições $g_i(x)$, conhecido como Método da Penalidade expresso pela equação 31.

$$P(x) = f(x) + \frac{1}{2} \cdot \xi \cdot \|g_1(x)\|^2 \quad (31)$$

No caso de pilares de concreto armado a função $f(x)$ ser otimizada pode ser dada pela equação 32.

$$f(x) = \int_0^{A_s} f(A_s) = \int_0^{A_s} 0,85 \cdot f_{cd} \cdot (A - A_s) + \sigma_{scd} \cdot A_s - \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot N_k \cdot \left(1 + \beta \cdot \frac{e}{h}\right) \quad (32)$$

O equilíbrio do sistema é dado pela primeira derivada da função $P(x)$ igualada a zero expressa pela equação 33.

$$\nabla P(x) = \nabla f(x) + \xi \cdot \|g_1(x)\| \cdot \nabla g_1(x) = 0 \quad (33)$$

E a matriz de rigidez do sistema dado pela segunda derivada da função $P(x)$ dada pela equação 34:

$$\nabla^2 P(x) = \nabla^2 f(x) + \xi \quad (34)$$

Otimização da área sem restrições

A NBR 6118/04 define os limites de área mínima de aço nos pilares de concreto armado dado por equação 35:

$$A_{s \min} \begin{cases} 0,15 \cdot N_d / f_{yd} \\ 0,004 \cdot A_c \end{cases} \quad (35)$$

E a área de aço máxima para os pilares é dada pela equação 36.

$$A_{s \max} = 8\% \cdot A_c \quad (36)$$

Assim sendo, o problema da otimização da área de aço com uma restrição nesta dimensão imposto, é dado pela equação 37.

$$\begin{aligned} & \text{Minimizar } f(A_s) \\ & \text{Sujeito a } g_1(A_s) \leq 0 \\ & A_s \in \Re \end{aligned} \quad (37)$$

Onde $g_1(A_s)$ é a restrição de área mínima de aço na seção transversal do pilar, limitada pela norma brasileira de concreto armado NBR 6118/04 dado pela equação 38.

$$g_1(A_s) = 0,015 \cdot A - A_s \quad (38)$$

Neste caso a restrição da área máxima de aço na seção transversal do pilar não será inclusa como restrição na equação de equilíbrio do sistema, pois ao impor um valor máximo a área de aço o pilar será dimensionado para funcionar em uma situação inferior em termos de sollicitação ao que realmente necessita. Esta situação gera um pilar com capacidade resistente inferior a realidade.

Assim, $f(A_s)$ pode ser dado pela equação 39.

$$0,85 \cdot f_{cd} \cdot (A - A_s) + \sigma_{scd} \cdot A_s - \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot N_k \cdot \left(1 + \beta \cdot \frac{e}{h}\right) + \xi \cdot \langle 0,015 \cdot A - A_s \rangle \quad (39)$$

Aplicação numérica no software C++

Para a aplicação no software C++ as equações de dimensionamento com e sem restrição da área serão aplicadas a rotinas que utilizam algoritmos de programação matemática gerando uma resolução iterativa para os problemas. Assim a mesma estrutura estudada para os métodos de dimensionamento propostos pela norma foi utilizada para a realização desta aplicação. A tabela 02 ilustra a aplicação.

Tabela 02 – Aplicação da otimização com e sem restrições

Otimização	Característica Geométrica (cm/cm)	Força Normal (kN)	Comprimento de flambagem l_e (m)	Excentric. e (cm)	Área de Aço (cm ²)
Sem restrição	25/25	791	2,1	2,25	11,99
Com restrição	25/25	100	2,1	2,25	9,38 (As min = 0,004.Ac)

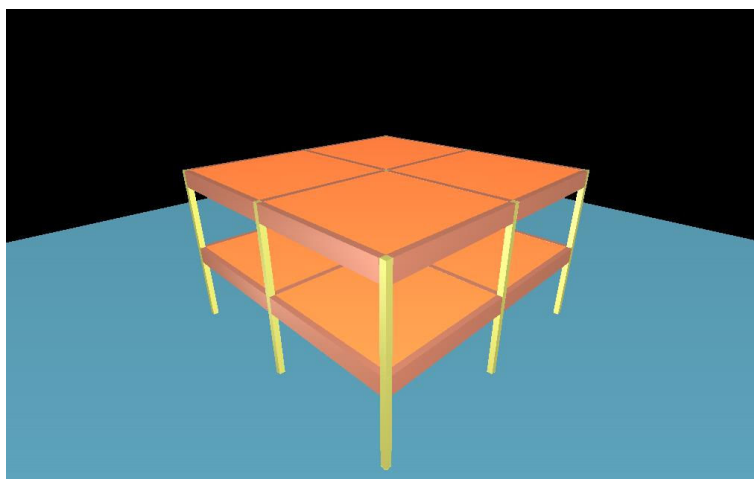
Nesta aplicação todos os parâmetros se mantiveram constante nas duas aplicações salvo o valor do carregamento que é muito sensível a determinação do valor da área de aço. Assim, na segunda aplicação devido ao carregamento bem reduzido aplicado na peça obteve-se o valor de área mínima restrito pelo problema de otimização.

Aplicação numérica no software TQS

O software TQS utilizado para o dimensionamento e verificação de estruturas de concreto armado permite a execução de projetos de edifícios de pequeno e grande porte.

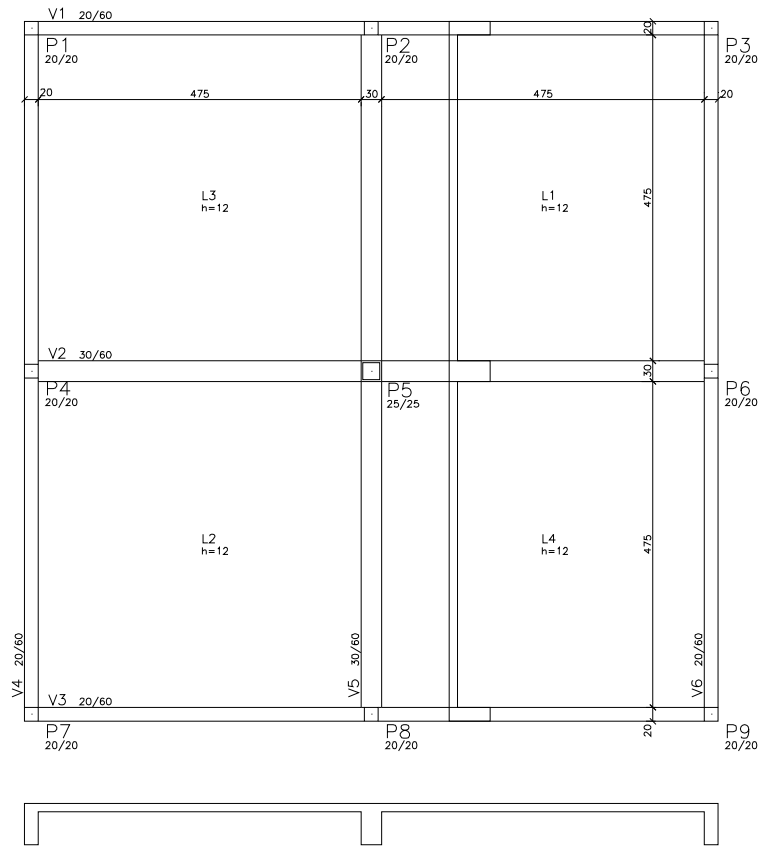
Para esta aplicação será utilizada a mesma estrutura estudada anteriormente. Sendo que o carregamento aplicado será 791 kN. A figura 07 ilustra a visualização em três dimensões criada pelo software que proporciona um entendimento da estrutura estudada.

Figura 07-Visualização em três dimensões gerado pelo software TQS.



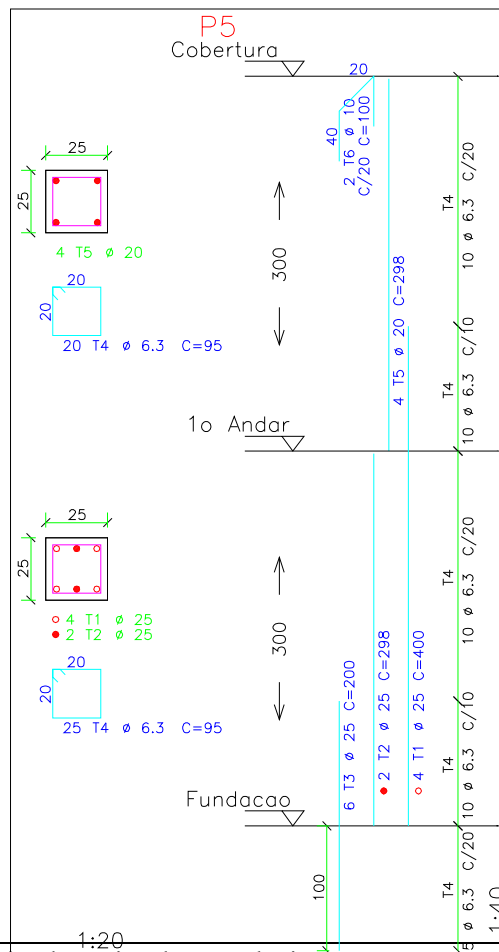
O software também permite o detalhamento de plantas de formas de estruturas de concreto armado ilustrada pela figura 08.

Figura 08 – Planta de formas criada no software TQS



A estrutura então foi processada e foi realizado um detalhamento do pilar em estudo que pode ser ilustrado na figura 09.

Figura 09 – Detalhamento do pilar estudado



No detalhamento a área de aço sugerida no software corresponde a área calculada pelos métodos de dimensionamento estudados anteriormente e pela aplicação no software C++, permitindo então uma verificação da aplicação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que diz respeito ao objetivo principal que se propôs este trabalho, a aplicação da otimização no dimensionamento de pilares de concreto armado, pode-se concluir que o mesmo foi concretizado com sucesso. Obtiveram-se resultados semelhantes para o mesmo pilar estudado, calculado com os métodos propostos pela norma brasileira de concreto armado NBR 6118/04, com utilização da otimização como ferramenta no software C++ e com o software TQS.

O levantamento de análise de referências, proposto como metodologia para a realização deste trabalho para encontrar parâmetros de dimensionamento para a aplicação da otimização de pilares de concreto armado possibilitou um profundo conhecimento do dimensionamento dos pilares de concreto armado. Este conhecimento abrangeu desde o histórico do concreto armado até os itens da norma brasileira de concreto armado NBR 6118/04 no que se refere a pilares de concreto armado.

Cabe ressaltar que para que a otimização aplicada ao dimensionamento de pilares apresentasse resultado fosse positivo, o modelo matemático utilizado, neste caso a equação do Lagrangiano Aumentado para pilares de concreto armado, foi exata. Caso contrário os resultados encontrados não seriam satisfatórios.

Na otimização a substituição da equação básica do dimensionamento usado neste trabalho pelas equações dos métodos de dimensionamento propostos pela norma é um tema de trabalhos a serem desenvolvidos no futuro. Realizar tal feito geraria uma complexidade que não se faz necessária neste momento.

Durante a graduação ocorreram estudos sobre a otimização com diferentes abordagens que possibilitaram uma familiarização com o tema, sob a orientação do Prof. Dr. Alex Alves Bandeira. Estes estudos resultaram em dois projetos de pesquisa de Iniciação Científica sendo que o primeiro deles teve como apoio a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo a FAPESP e o outro o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico o CNPq, além de diversas participações em congressos, simpósios e algumas publicações científicas.

AN ACADEMIC APROACH UNDER THE CONTEXT OF OPTIMIZATION APLIED ON THE SIZING OF PILLARS ON ARMED CONCRET

The basic aim of this work is to presented the optimization method applied to design pillars of armed concrete under the Brazilian Armed Concrete Specification NBR-6118/2003. In the beginning of this work the armed concrete history is presented and afterwards, the constitute equations and the material parameters. To dimensioned pillars under compression, all the standard theory mentioned in NBR6118-2003 is taking into account. The optimization method, the algorithmic and the thecniques to solve linear and nonlinear problems, with or without constrains, are developed. The Augmented Multiplier Method is used to solve the optimization problemas. To make this research, the complete formulation are coding in C++ language. For this propouse, the normal compression force, the loads excentricity, the security coeficients, the cross section, the compression characteristic resistance of the armed concrete, the penalty parameter and so once are taking into account. Some numerical examples are select to show the hability and the performance of this algoritmic. In the end of this monography, the presented examples solved by the optmization procedures are compared with the TQS comercial programm results. Finally, the complete disign are also presented using the TQS programm.