

Bringel, G. P.¹;

Graduando, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Cunha Júnior, B. F. R.³

Professor Me., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ bringel.civil@gmail.com; ² farneyjr@gmail.com;

RESUMO: O cálculo estrutural sofreu um salto enorme com relação a tecnologia e modelagem com a presença dos softwares de cálculo, gerando como consequência estruturas mais sofisticadas para se acompanhar a arquitetura moderna. A dificuldade de obtenção de um software para o cálculo, faz com que o dimensionamento manual seja uma solução. Porém, é necessário a confiança e sabedoria nos ensinamentos adquiridos na faculdade e com os conceitos e métodos concedidos pela norma técnica regulamentadora. A presente pesquisa, tem como finalidade a comparação direta de resultados dos carregamento, esforços e área de aço calculada pelo método manual e pelo software CAD/TQS de um reservatório em concreto armado elevado de uma célula. Conclui-se que, para o protótipo analisado, a área de aço calculada pelo método manual é menor que pelo método do TQS, sendo assim, se necessário um dimensionamento pelo método manual, se utilizar peças mais robustas e com uma majoração da área de aço calculada, afim de aumentar as tensões resistentes da peça analisada.

Palavras-chaves: Reservatório, concreto armado, CAD/TQS, Biela e Tirantes.

Área de Concentração: 02 – Estruturas

1 INTRODUÇÃO

Os projetos estruturais fazem parte de uma etapa crucial para uma boa execução e desempenho de uma obra de engenharia. Em reservatórios, segue o mesmo raciocínio, sendo necessário um bom projetista e por consequência um arranjo estrutural e dimensionamento coerente com a realidade.

Reservatórios elevados, assunto desta pesquisa, possuem elevadas cargas e esforços, necessitando de um dimensionamento e análise bem elaborado.

Atualmente, as estruturas apresentam um arranjo estrutural mais complexo e com as peças estruturais de seção transversal mais reduzidas, possibilitando uma análise mais refinada e econômica. Porém, para atender um estado limite de serviço e estado limite último adequado com a realidade, sem que haja ruína da estrutura ou deformações excessivas, o manuseio de softwares para os projetos são essenciais.

Os arranjos estruturais atuais e peças com seções reduzidas geram deslocamentos e deformações elevadas, necessitando de uma análise de estado limite de serviço (flechas e fissurações) e estado limite último (área de aço) criteriosa. Por consequência dos modelos estruturais mais perigosos, devido as cargas elevadas e estruturas mais sofisticadas, dos reservatórios elevados, deve-se também realizar uma análise criteriosa quanto a durabilidade (cobrimento e impermeabilização) e vida útil (consequência da durabilidade) da estrutura.

Os softwares disponíveis no mercado para análise e dimensionamento possuem preços elevados e não são todos os engenheiros que apresentam condições para adquiri-los, precisando muitas vezes realizarem os procedimentos de cálculo de forma manual.

O presente trabalho tem por finalidade analisar as diferenças dos resultados do cálculo manual e computacional de um reservatório elevado de uma célula, concluindo se é viável e possível do ponto de vista técnico a execução de um protótipo de

reservatório calculado pelo método clássico das Bielas e Tirantes.

O presente trabalho compara os resultados de dimensionamento de aço, detalhamento das armaduras, esforços e carregamentos, a partir da comparação entre os métodos das Bielas e Tirantes e método das grelhas e pórtico espacial, utilizado no cálculo dos esforços no TQS.

Método das bielas e tirantes é um método de dimensionamento estrutural, isto é, tem como objetivo principal o cálculo da área de aço, necessária para suportar as tensões principais de tração na peça estrutural, e o cálculo da resistência do concreto na biela comprimida.

O que difere basicamente os resultados do método manual de bielas e tirantes para o do TQS é a análise dos esforços e reações e algumas equações de dimensionamento das armaduras que o software utiliza de diferente. No método manual, as reações e esforços se calcula por tabelas e método das charneiras plásticas, já no TQS se analisa a estrutura pelo método das grelhas, pórtico espacial e Charneiras plásticas.

Conclui-se que deve escolher os modelos para análise e dimensionamento no TQS. Modelo para análise: contínuo, contínuo articulado e simplificado. Modelos para dimensionamento: pórtico espacial e simplificado. Neste trabalho se utiliza ambos os simplificados para se obter uma aproximação maior com o cálculo manual.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Revisão bibliográfica

A seguir serão apresentadas algumas pesquisas na área que demonstram aspectos importantes sobre o assunto.

Os arranjos estruturais atuais e peças com seções reduzidas geram deslocamentos e deformações elevadas, necessitando de uma análise de estado limite de serviço (flechas e fissurações) e estado limite último (área de aço) criteriosa. Por consequência, deve-se também, realizar uma análise criteriosa quanto a durabilidade (cobrimento e impermeabilização) e vida útil (consequência da durabilidade) da estrutura.

Bassanezi (2018) cita que além do dimensionamento, verificação quanto ao cortante (ELU) e verificação quanto ao momento fletor que acarreta as flechas (ELS), a verificação quanto às aberturas de fissuras é

essencial também, visto que o contato da estrutura com a água pode gerar infiltrações caso ocorra uma abertura de fissuras além do permitido por norma, sendo assim, gerando uma corrosão do aço.

O autor Bassanezi apresenta um dimensionamento e detalhamento através do método de Bielas e Tirantes de forma manual de um protótipo de um reservatório elevado de duas células, concluindo que:

-Os cobrimentos (durabilidade) afeta o dimensionamento da estrutura (vida útil);

-A classe do concreto e do meio ambiente em que a estrutura será executada afeta diretamente a durabilidade (abertura de fissuras) e por consequência a sua preservação das bitolas de aço (vida útil);

Ainda segundo Bassanezi, diz que além do cálculo de armadura, a estimativa das flechas nas estruturas é essencial para atender os quesitos de segurança (ELS) e vida útil, sendo assim, necessário o cálculo da flecha imediata e da flecha que diz respeito à fluência e, por fim, calcular a combinação final das duas flechas.

César (2018) cita que pelo método de Bielas e Tirantes as armaduras longitudinais, pode ser calculada dividindo-se os momentos fletores máximos pelos braços de alavanca.

Ainda segundo o autor com relação as bielas comprimidas, pode ser verificada calculando as armaduras verticais e comparando-as para se obter a maior (suspensão, pele e malha positiva das paredes no eixo Y)

2.2 Formulação matemática

Nesse item, será descrito o passo a passo de dimensionamento de um reservatório elevado de uma célula.

Segundo o item 22.4.1 da norma ABNT NBR 6118 (2014), quando a razão entre o vão (l) e altura (h) $\frac{l}{h} \leq 2$, as paredes biapoiadas se enquadram no caso de viga parede, sendo consideradas então peças especiais de concreto armado, devendo então ser analisadas e calculadas com outras equações.

Segue o passo a passo de cálculo de uma viga parede bi apoiada:

1. A altura efetiva (h_e) deve ser levantada a partir da seguinte condição:

$h_e < (l; h)$

- l : vão de eixo a eixo de pilar (m)
- h : altura da viga (m)

2. Com as cargas levantadas e os esforços já calculados, o próximo passo é o cálculo do braço de alavanca em que a força de tração gera o momento atuante.

Cargas levantadas:

- Peso Próprio (kgf)
- Cargas permanentes (kgf)
(impermeabilização, Cortante da laje fundo e tampa)
- Cargas acidentais (kgf)

2.1) Caso $1 < \frac{l}{h} < 2$,

$$Z = 0,15 * h \left(3 + \frac{l}{h} \right) \quad (1)$$

- l : vão de eixo a eixo de pilar (m)
- h : altura da viga (m)
- Z : braço de alavanca (m)

2.2) Caso $\frac{l}{h} \leq 1$, $Z = 0,6 * l$ (2)

3. Araújo, Curso de concreto armado Vol. 4 (1991), com o braço de alavanca calculado (Z), resistência de escoamento do aço a tração minorado (f_{yd}) e o momento atuante na peça majorado (M_d), calcula-se agora, a área de aço necessária para resistir às tensões normais:

$$A_s = \frac{1,4 * M_k}{f_{yd} * Z} \quad (3)$$

- M_k =momento fletor característico (kgf.m)

- M_d =momento fletor de cálculo (kgf.m)

$$M_d = 1,4 * q * \frac{l^2}{8} \quad (4)$$

- q =carregamento total na viga
- l =vão teórico da viga

4. Verificação da armadura mínima ($A_{s\min}$) (cm^2)

$$A_{s\min} = \rho_{s\min} * b_w * H \quad (5)$$

- $\rho_{s\min}$: taxa de armadura mínima, conforme f_{ck}
- b_w : largura da parede
- H : altura da parede

$$A_{s\text{ escolhido}} > (A_{s\min}; A_s)$$

5. Com a armadura de tração definida, transforma-se a área de aço (A_s) em quantidades de barras (N_b)

$$N_b = \frac{A_s}{A_{\emptyset}} \quad (6)$$

- $A_{\emptyset}$: área da seção transversal da bitola de aço escolhida

6. Com a quantidade de barras calculadas, detalhar a seção transversal.

6.1) Cálculo da região de distribuição (h_{dist}):

$$h_{dist} = 0,15 * h \quad (7) \text{ (cm)}$$

6.2) Cálculo espaçamento (S):

$$S = \frac{h_{dist} - c_{ob} - \emptyset_{estribo} - \emptyset_{as}}{N_b - 1} \quad (8)$$

- c_{ob} : cobrimento (cm)
- $\emptyset_{estribo}$: diâmetro da bitola do estribo/armadura de suspensão (cm)
- $\emptyset_{as}$: Diâmetro da bitola longitudinal (cm)

7. Cálculo da armadura de costela (A_{scost}) (cm^2/m):

$$A_{scost} = 0,075 * b_w \quad (9)$$

8. Cálculo da armadura de suspensão (A_{susp}) (cm^2/m)

$$As_{susp} = 1,4 * \frac{Vf}{fyd} \quad (10)$$

- Vf: cortante da laje fundo (kgf/m)

O detalhamento da armadura de suspensão deve ser comparado com o detalhamento dos estribos, sendo que o detalhe a ser escolhido é o de menor espaçamento. Os estribos são dimensionados normalmente, através da verificação da biela comprimida.

9. Cálculo dos grampos verticais (cm²):

9.1) Dimensionamento:

$$Asv = 1,4 * \frac{Rv}{fyd} \quad (11)$$

- Rv: reação vertical (kgf)

$$Rv = \frac{q}{2} \quad (12)$$

9.2) Detalhamento:

Os grampos verticais são dispostos em uma distância de:

$$h_{dist} = 0,30 * h_e \quad (13)$$

10. Cálculo dos grampos horizontais (cm²):

10.1) Dimensionamento:

$$Ash = 1,4 * \frac{Rv}{fyd} \quad (14)$$

- Rh: reação horizontal (kgf)

10.2) Detalhamento:

Os grampos horizontais são dispostos em uma distância de:

$$h_{dist} = 0,15 * h_e \quad (15)$$

11. Verificação da ancoragem nos apoios

A força de tração resultante das barras de aço, geram próximo ao apoio tensões cisalhantes que podem ocasionar um escorregamento das barras sobre o

concreto, portanto deve-se calcular um comprimento de ancoragem dessas barras nos apoios.

11.1) Calcular a força a ser ancorada nos apoios (kgf)

$$Fd = 0,8 * As * fy_d \quad (16)$$

- Fd: força a ser ancorada nos apoios

11.2) Calcular a tensão de cisalhamento (kgf/cm²):

$$\tau_{bd} = \frac{Fd}{\mu_2 * \Delta l} \quad (17)$$

- Δl : Comprimento de ancoragem
- μ_2 : Perímetro das barras ancoradas
- $$\mu_2 = Nb * \emptyset * \pi \quad (18)$$
- Nb: Número de barras
- $\emptyset$: bitola

11.3) Cálculo do número de barras a serem ancoradas nos apoios:

$$Nb = \frac{Fd}{\Delta l * \pi * \emptyset * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * 0,15 * fck^{2/3}} \quad (19)$$

- η_1 : barra nervura (2,25)
- η_2 : zona de boa aderência (1,0)
- η_3 : $\emptyset < 32 \text{ mm}$ (1,0)
- η_3 : $\emptyset \geq 32 \text{ mm}$ $((132 - \emptyset)/100)$

$$Pp = 25 * bw * H \quad (20)$$

- Pp: peso próprio (kgf)
- Bw: largura da seção transversal da peça (m)
- H: altura da seção transversal da peça (m)

$$q = q_{fundo} + \frac{pp}{2} \quad (21)$$

- q_{fundo} : reação da laje fundo sobre a viga (kgf/m)
- pp: peso próprio (kgf)

3 METODOLOGIA

Nesse item será mostrado a planta de forma do reservatório, dados dos materiais, dados de carregamento e os passos de análise do projeto.

3.1 Geometria e dados

Na figura 01 será apresentado a planta de forma do reservatório:

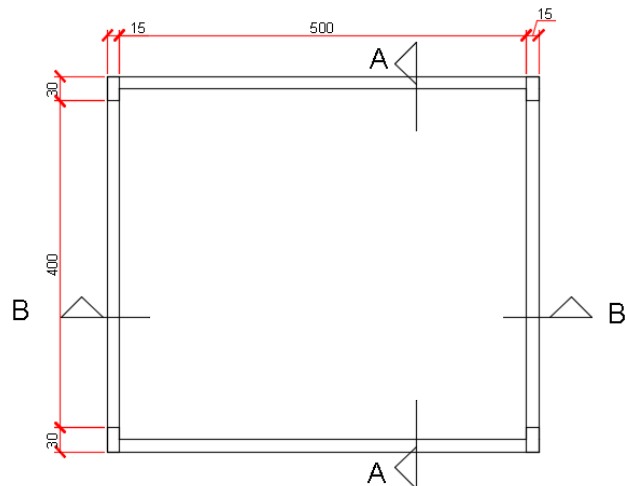
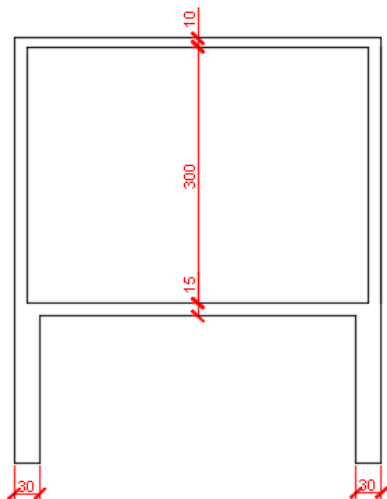


Figura 01 – Planta de fôrma

Na figura 02 será apresentado o corte A-A:

Corte A-A



Na figura 03 será apresentado o corte B-B:

Corte B-B

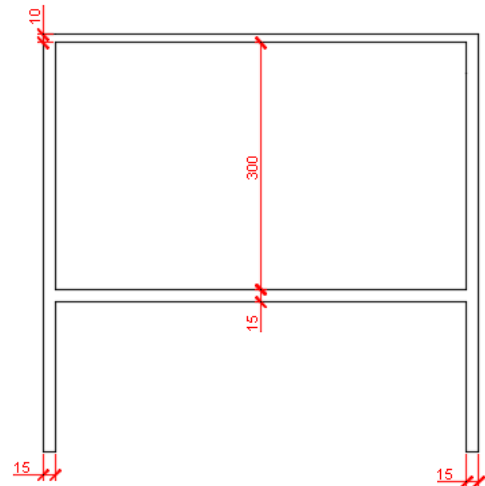


Figura 03-Corte B-B

Na tabela 2 estão apresentados os carregamentos e na tabela 1 as características dos materiais.

Tabela 1 – Características dos materiais

Material	Especificação
Concreto	C40
Brita	Nº0
Cobrimento	3,0
Aço	CA50
Ec	28Gpa

Fonte: próprio autor (2021).

Tabela 2 – Dados dos carregamentos da laje fundo e tampa (kgf/m²)

Carregamento	Valor
Permanente (tampa)	100,0
Peso próprio (tampa)	250,0
Acidental (tampa)	50,0
Permanente (fundo)	150,0
Peso próprio (fundo)	375,0
Acidental (fundo)	3000,0

Fonte: próprio autor (2021).

3.2 Passos de análise

A seguir estão as fases de análise da pesquisa:

1. Levantamento dos carregamentos na laje tampa:

- Peso próprio;
- Permanente: Impermeabilização, revestimento, etc;
- Acidental: Manutenção;

Os carregamentos nas lajes tampa e fundo são os mesmos para o cálculo manual e para o cálculo no TQS, conforme mostrado na tabela 1. O software considera como sobrecarga na laje tampa as cargas permanentes e acidentais, já na laje fundo, as cargas permanentes, citadas na tabela 2.

2. Cálculo dos esforços atuantes na laje tampa:

- Momentos fletores positivo;

Pelo método manual, se calcula pelas tabelas de bares. O cálculo dos momentos positivos, pelo TQS, na laje tampa, é realizado pelo método das grelhas, analisando a estrutura como um todo pelo pórtico espacial.

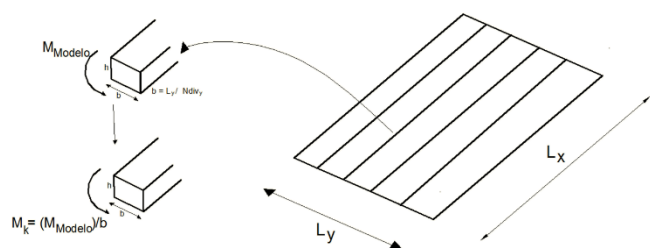


Figura 05 – Método das grelhas

No modelo de pórtico espacial, a estrutura trabalha como um todo, onde o deslocamento de uma peça gera um acréscimo de esforço na peça em que se apoia.

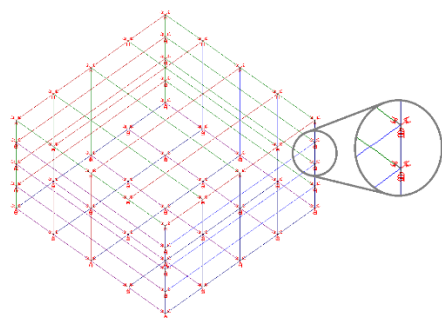


Figura 06 – Modelo contínuo articulado

- Esforço cortante;

Pelo método utilizado no software TQS, com os carregamentos nas lajes tampa e fundo definidos, calcula-se as reações nas lajes (esforços cortantes) pelo método das charneiras plásticas.

O TQS utiliza o método das Charneiras Plásticas para calcular as reações nas lajes, por meio das áreas de influências. Com a carga total em cada laje e as áreas de influências, calcula-se as reações (fundo e tampa).

Utiliza-se o método das tabelas de bares para se obter o esforço cortante em cada laje.

3. Dimensionamento e detalhamento da armadura de tração pelo cálculo manual na laje tampa;

O dimensionamento pelo método manual é feito a partir da teoria de flexão simples, calculando a área de aço necessária para resistir ao momento fletor em função do braço de alavanca e resistência ao escoamento do aço.

4. Levantamento dos carregamentos na laje fundo:

- Peso próprio;
- Permanente: Impermeabilização, revestimento, etc;
- Acidental: Água;

Idem item 1

5. Cálculo dos esforços atuantes na laje fundo:

- Momento fletor positivo e negativo;

Idem item 2.

- Esforço cortante;

Idem item 2.

6. Dimensionamento e detalhamento da armadura de tração pelo cálculo manual na laje fundo;

Idem item 3

7. Levantamento dos carregamentos nas paredes:

- Peso próprio;
- Permanente: cortante da laje fundo, cortante da laje tampa;
- Acidental: Carga de empuxo da água;

De posse da reação na tampa, fundo e peso próprio em cada viga, calcula-se a carga “q” total, para cálculo do momento fletor e verificação do ELU quanto as cargas.

Para o cálculo do peso próprio, utiliza-se a equação 20. Com as reações de tampa e fundo calculadas, o software TQS/CAD se calcula a carga “q” a partir da equação 21. Pelo método manual, soma-se as cargas nas vigas (fundo, tampa e peso próprio) para se obter a carga “q”

8. Cálculo dos esforços nas paredes como chapa pelo método manual:

- Diagrama de momento fletor;
- Diagrama de esforço cortante;

Os esforços nas vigas são calculados como viga convencional, traçando os diagramas de momento fletor e esforço cortante.

Calcula-se os esforços de flexão e de cisalhamento pela mesma forma, tanto no TQS quanto no método manual. O momento fletor máximo positivo, é calculado a partir da equação 4 e o esforço cortante máximo nos apoios pela equação 12.

9. Dimensionamento e detalhamento das armaduras das paredes como chapa pelo método manual:

- Tirantes de tração;
- Armadura de pele;
- Armadura de suspensão;
- Grampos horizontais e verticais;
- Cálculo das ancoragens dos tirantes de tração nos apoios

Para o dimensionamento das vigas, deve-se obter os momentos máximos nos tramos, cortante do fundo da viga e reações de apoio nos pilares.

Para o dimensionamento destas armaduras, se utiliza as equações apresentadas no tópico de formulação matemática.

10. Dimensionamento e detalhamento das armaduras das paredes como placa pelo método manual:

- Malha de flexão simples positiva;
- Armadura de flexão simples negativa;

Para o cálculo se utilizando o método manual, se dimensiona através da teoria de flexão simples, calculando a área de aço para se resistir ao momento fletor solicitante.

Durante o dimensionamento no software, o programa calcula nas lajes o esforço normal “Nd” da flexo-tração, que se desprezou no cálculo manual por simplificação.

Para o cálculo do esforço normal de tração em uma laje ou parede, deve-se conhecer o esforço cortante das lajes adjacentes pelo motivo de que o esforço cortante traciona as lajes subjacentes.

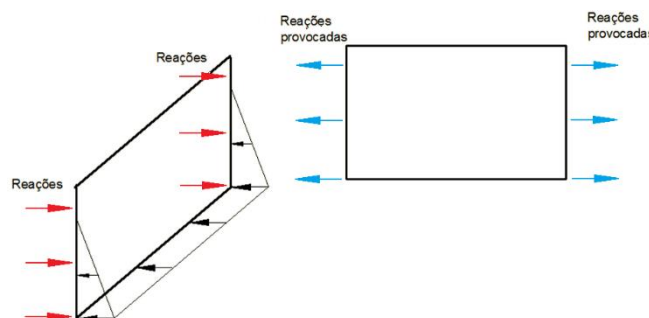


Figura 07 – Esforço Cortante e Normal

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico, serão apresentados os resultados da pesquisa e analisado as diferenças de resultado dos métodos propostos como cálculo do reservatório.

4.1 Estudo comparativo dos carregamentos e esforços

4.1.1 Estudo comparativo dos carregamentos

Geometria da Célula 1						
Lx	Ly	Altura	Altura Lâmina água	Volume água cálculo(m3)	Volume água real(m3)	
515.0	445.0	315.0	300.0	68.8	64.5	
Espessuras:						
Tampa	Fundo	PAR.1a	PAR.2a	PAR.3	PAR.4	
10.0	20.0	15.0	15.0	15.0	15.0	
Cargas:						
Sobrec.(tf/m2)	Peso P.(tf/m2)	Peso água(tf/m2)	Soma(tf/m2)	Resultante(tf)		
Tampa	0.15	0.25	****	0.40	9.17	
Fundo	0.15	0.50	3.00	3.65	83.65	
Peso P.(tf/m2)	Empuxo água(tf/m2)	Resultante Vert.(tf)	Resultante Empuxo(tf)			
PAR.1a	0.38	3.00	6.08	24.33		
PAR.2a	0.38	3.00	6.08	24.33		
PAR.3	0.38	3.00	5.26	21.03		
PAR.4	0.38	3.00	5.26	21.03		

Figura 08 – Relatório de carregamentos

A resultante dos carregamentos na laje tampa é menor do que na laje fundo.

Tabela 3 –Estudo comparativo das reações nas vigas

	Carregamento TQS (tf/m)			Carregamento Manual (tf/m)		
	Fundo	Tampa	Próprio	Qfundo	Qtampa	Qpp
Par 1	4,71	0,52	1,20	4,75	0,52	1,23
Par 2	4,71	0,52	1,20	4,75	0,52	1,23
Par 3	4,06	0,45	1,20	4,06	0,45	1,23
Par 4	4,06	0,45	1,20	4,06	0,45	1,23

Fonte: Próprio autor (2021)

A tabela mostra uma aproximação muito grande quanto ao método de bares e das charneiras plásticas, a diferença quanto ao peso próprio foi diferença de aproximação.

Tabela 4 –Estudo comparativo do carregamento nas vigas

	Carregamento TQS (tf/m)	Carregamento Manual (tf/m)
Par 1	5,23	6,80
Par 2	5,23	6,80
Par 3	4,67	6,03
Par 4	4,67	6,03

Fonte: Próprio autor (2021)

Conclui-se que a carga total na viga pelo método do TQS é menor que pelo método manual, o software configurado para o modelo desconsidera o carregamento da tampa.

4.2 Estudo comparativo dos esforços

Foram analisados e comparados os esforços (momento fletor e esforço cortante) nas lajes tampa, fundo e paredes.

4.2.1-Estudo comparativo das lajes tampa, fundo e paredes:

Tabela 5 – Estudo comparativo dos esforços nas lajes

	Esforços manuais (tf.m/m e tf.m)				Esforços TQS (tf.m/m e tf.m)			
	Mdx(+)	Mdy(+)	Ndx	Ndy	Mdx (+)	Mdy(+)	Ndx	Ndy
Tampa	0,86	1,20	0,36	0,43	0,64	0,73	0,48	0,60
Fundo	2,56	3,74	3,42	3,69	1,92	2,91	3,44	3,72
Par 1	0,43	0,87	N.A	N.A	0,45	1,67	2,05	7,28
Par 2	0,43	0,87	N.A	N.A	0,45	1,67	2,05	7,28
Par 3	0,53	0,66	N.A	N.A	0,58	1,48	2,03	6,05
Par 4	0,53	0,66	N.A	N.A	0,58	1,48	2,03	6,05

Fonte: Próprio autor (2021)

Nota-se que não houve um padrão de semelhança entre os resultados. Não foi calculado e analisado os esforços cortantes nas paredes pelo motivo de não se considerar flexo-tração no cálculo manual, por motivos de simplificação nos cálculos manuais.

4.2.2 Estudo comparativo das vigas parede:

Tabela 6 – Estudo comparativo dos esforços nas vigas paredes

	Esforços manuais (tf/m e tf.m)			Esforços TQS (tf/m e tf.m)		
	Md(+)	Qfundo	Rv	Md(+)	Qfundo	Rv
Viga V1 e V2	32,17	4,74	24,70	29	4,63	19,03
Viga V3 e V4	21,50	4,06	19,00	20	4,07	14,71

Fonte: Próprio autor (2021)

Nota-se que, os esforços nas vigas calculados pelo método manual é maior que os esforços calculados pelo TQS/CAD.

4.3 Estudo comparativo das armaduras

Será apresentado nesse subitem o resultado dos dimensionamentos e detalhamentos a partir dos esforços do subitem anterior. Será analisadas as seguintes armaduras:

- Malha positiva das lajes;
- Armadura de ligação parede-parede e parede-fundo;
- Armadura longitudinal positiva das vigas;
- Armadura de suspensão;
- Armadura de pele;
- Armadura complementar;

Tabela 7 – Relação de aço calculado pelo método manual

Armaduras manuais (tf/m e tf.m)								
	Asx(+)	Asy(+)	Asmin	As	Aspele	Assup	Asl	Ascomp
Tampa	1,85	2,55	1,79	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Fundo	1,47	4,28	3,58	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
LPar 1	1,11	1,90	2,69	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
LPar 2	1,11	1,90	2,69	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
LPar 3	1,11	1,90	2,69	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
LPar 4	1,11	1,90	2,69	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
V1	N.A	N.A	8,87	3,21	1,13	1,42	N.A	5,32
V2	N.A	N.A	8,87	3,21	1,13	1,42	N.A	5,32
V3	N.A	N.A	8,87	2,10	1,13	1,30	N.A	5,32
V4	N.A	N.A	8,87	2,10	1,13	1,30	N.A	5,32
P1-fundo	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	10,54	N.A
P2-fundo	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	10,54	N.A
P3-fundo	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	10,54	N.A
P4-fundo	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	10,54	N.A
P1-P3	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	3,10	N.A
P1-P4	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	3,10	N.A
P2-P3	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	3,10	N.A
P2-P4	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	3,10	N.A

Asx(+): Armadura positiva da laje

Asx(-): Armadura negativa da laje

Asmín: Armadura de flexão mínima

As: Armadura de flexão calculada

Aspele: Armadura de pele ou costela

Assusp: Armadura de suspensão

Asl: Armadura de ligação

Ascomp: Armadura complementar ou ganchos próximo aos apoios

Tabela 8 – Relação de aço calculado pelo software TQS

Armaduras no TQS (tf/m e tf.m)								
	Asx(+)	Asy(+)	Asmin	As	Aspele	Assup	Asl	Ascomp
Tampa	3,16	4,78	1,50	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Fundo	4,27	6,14	3,00	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
LPar 1	2,25	4,76	2,25	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
LPar 2	2,25	4,76	2,25	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
LPar 3	2,25	4,04	2,25	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
LPar 4	2,25	4,04	2,25	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
V1	N.A	N.A	7,09	3,00	2,25	1,68	N.A	2,25
V2	N.A	N.A	7,09	3,00	2,25	1,68	N.A	2,25
V3	N.A	N.A	7,09	2,10	2,25	1,51	N.A	2,25
V4	N.A	N.A	7,09	2,10	2,25	1,51	N.A	2,25

P1-fundo	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	12,60	N.A
P2-fundo	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	12,60	N.A
P3-fundo	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	10,53	N.A
P4-fundo	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	10,53	N.A
P1-P3	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	3,57	N.A
P1-P4	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	3,57	N.A
P2-P3	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	3,57	N.A
P2-P4	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	3,57	N.A

Nota-se que, no dimensionamento das malhas positivas, pelo software TQS, o resultado foi maior quando comparado pelo método tradicional pela tabela de bares, devido a influência do esforço “Nd” nas lajes e a monolitidade da estrutura na análise de pórtico espacial na obtenção dos esforços.

Nos resultados das vigas-paredes, nota-se que a armadura principal de tração calculada no TQS/CAD é bem semelhante a armadura calculada pelo método manual, sendo que no software é menor que no método tradicional.

A armadura de pele no TQS é maior que no método manual.

A armadura de suspensão no TQS é maior que no método manual.

As armaduras de ligação não apresentaram um padrão de semelhança, mas apresentaram uma notável aproximação nos resultados, deixando uma segurança grande na hora da escolha de qual método se utilizar. No TQS se calcula as armaduras de ligação por flexão composta.

5 CONCLUSÕES

Com a finalidade de se obter respostas se é possível, do ponto de vista técnico, a realização de um projeto estrutural de um reservatório elevado de uma célula pelo método manual, realizou-se essa pesquisa.

Para uma primeira análise, a fim de se obter uma resposta comparativa, leva-se em conta o arranjo estrutural proposto hoje em dia, sendo constituído por peças estruturas menos robustas e em menor quantidade.

Analisando os resultados tabelados acima, conclui-se que, com peças esbeltas e em menor quantidade, é necessário o auxílio de um software adequado para uma análise mais refinada e precisa. Caso seja necessário um dimensionamento manual, é fundamental uma

adequação para uma estrutura mais contraventada e robusta.

6 AGRADECIMENTOS

Agradeço pelo apoio da minha família por ter me dado condições de realizar o curso de Engenharia Civil e a realizar esta pesquisa. A meu orientador e professor Byl Farney Jr por ter me ajudado firmemente perante as dúvidas e obstáculos e a Deus por me dar saúde.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Será apresentado neste capítulo as referências bibliográficas realizadas nessa pesquisa científica.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
NBR 6118: **Projeto De Estruturas De Concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- BASSANEZI, D. **Dimensionamento de reservatórios elevados paralelepípedicos em concreto armado**. Paraná: UTP,
- AGUIAR, C. C. P. **Dimensionamento de estruturas especiais de concreto armado pelo método de bielas e tirantes**. Rio de Janeiro: UFRJ.
- ARAÚJO, M. J. **Curso de concreto armado, volume 4**. Direção geral de José Milton Araújo. São Paulo, 2015. 91 p.

8 SIMBOLOS E UNIDADES

ESTE NÃO É UM ITEM. São apenas observações sobre as unidades no seu artigo. Use sempre as unidades no Sistema Internacional (SI):

- kg ao invés de Kg ou KG;
- m ao invés de M;
- s ao invés de S;
- letras indicativas de múltiplo são minúsculas, exceto quando superam o Mega (M), como exemplo: MPa, GB, etc;
- 20°16'32"SW ao invés de 20° 16' 32" SW
- 0,50 ao invés de 0.50;
- × 20 ao invés de x20 / X20 / x 20;
- 4 + 5 > 7 ao invés de 4+5>7, mas -8 ou +8 ao invés de - 8 / + 8.

Ao usar unidades no seu artigo, não separe o número da unidade. Utilize a combinação de teclas CTRL SHIFT ESPAÇO para inserir um caractere invisível entre o número e a unidade, desse modo, o Word tratará o número e a unidade como uma única palavra e não irá separá-las em linhas diferentes.

9 ANEXOS E APÊNDICES

Não foi necessário a utilização deste item durante a pesquisa.

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Gustavo Bringel Pires
do Curso de Engenharia Civil, matrícula 2016.1.0025.0037-7,
telefone: 62 98268-9730 e-mail bringel.civil@gmail.com, na
qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos
do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
CONTRIBUIÇÃO DO ESTUDO DE RESERVATÓRIOS DE CONCRETO ARMADO:
CÁLCULO MANUAL X CÁLCULO COMPUTACIONAL,
gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões
do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado
(Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG,
MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a
título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 18 de JUNHO de 2021.

Assinatura do(s) autor(es): Gustavo Bringel

Nome completo do autor: GUSTAVO BRINGEL PIRES

Assinatura do professor-orientador: [Assinatura]

Nome completo do professor-orientador: BYL FARNEY R da CUNHA JUNIOR