

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**GABRIELE ZORZI DA SILVA
LUCAS VAZ DE CAMARGO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO COM DISPOSITIVOS
MODULARES PARA UM RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE
PICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2021

GABRIELE ZORZI DA SILVA
LUCAS VAZ DE CAMARGO

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO COM DISPOSITIVOS MODULARES
PARA UM RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE PICO**

Project Development of Modular Device for a Peak Damping Reservoir

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Flavio Bentes Freire

CURITIBA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GABRIELE ZORZI DA SILVA

LUCAS VAZ DE CAMARGO

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO COM DISPOSITIVOS MODULARES
PARA UM RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE PICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 26/Agosto/2021

Flávio Bentes Freire
Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Arthur Medeiros
Pós-doutor em estruturas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Roberto Levi Sprenger
Mestre em Construção Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CURITIBA

2021

RESUMO

O crescimento desordenado das regiões urbanas, causado principalmente pelo êxodo rural dos anos de 1970 e 1980, teve como consequência a expansão das áreas impermeáveis do solo, acarretando um o aumento do escoamento superficial. As soluções de drenagem mais utilizadas atualmente se baseiam na ideia de transportar a água pluvial para locais distantes dos centros urbanos, o que acaba gerando inundações em regiões que antes não havia. Assim, uma das soluções para esta problemática é a amortização dos volumes de chuva, afim de evitar os grandes picos das cheias. A cidade de Curitiba, conta com o decreto 1733/2020) que abrange os assuntos relacionados a obrigatoriedade do uso de mecanismos de contenção de cheias de acordo com a área construída e impermeabilizada do empreendimento. Nesta pesquisa, foi desenvolvido um projeto de reservatório de amortecimento de pico obtido a partir da união de módulos padrão pré-concebidos de concreto armado para regiões com área impermeável de até mil metros quadrados. Através da uma divisão em função da área impermeável do terreno, as características dos reservatórios são obtidas. A determinação das dimensões internas do reservatório foi obtida através das informações contidas no decreto 1733/2020. As espessuras das placas que compõem as paredes e as lajes dos reservatórios foram obtidas através do cálculo estrutural, onde foram consideradas as ações de peso próprio, sobrecarga, pressão hidrostática e pressão do solo. Assim, pode-se determinar um reservatório de amortecimento de pico apenas com informação referente a área impermeável do terreno de uma forma mais facilitada, possibilitando uma maior adesão a este tipo de solução que contribui para o bom funcionamento do sistema de drenagem urbano.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Escoamento superficial. Reservatórios de amortecimento de pico. Modulação.

ABSTRACT

The disordered growth of urban regions, mainly caused by the rural exodus of the 1970s and 1980s, has the consequence of expanding the impermeable areas of the soil, leading to an increase surface flow off. The drainage solutions most used today are based on the idea of transporting rainwater to places far from urban centers, which ends up generating floods in regions that previously didn't had this events. One of the solutions to this problem is the amortization of rain volumes in order to avoid major peaks of floods. The city of Curitiba, has the decree 1733/2020, which covers matters related to the mandatory use of flood containment mechanisms according to the built and waterproofed terrain area. In this research, a peak damping reservoir project is developed obtained from the union of pre-designed standard modules for regions up to a thousand square meters. Through a division according to the impermeable area of the land, the characteristics of the reservoirs are obtained. The determination of the internal dimensions of the reservoir was obtained through the information contained in decree 1733/2020. The thickness of the plates that make up the walls and slabs of the reservoirs were obtained through the structural calculation, where the actions of self-weight, overload, hydrostatic pressure and ground pressure were considered. Therefore, it is possible to determine a peak damping reservoir only with information regarding the impermeable area of the terrain in an easier way, enabling greater adherence to this type of solution that contributes to the better operation of the urban drainage system.

Keywords: Urban drainage. Surface runoff. Peak damping reservoir. Modulation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESTÁGIO DO DESENVOLVIMENTO DA DRENAGEM.....	15
FIGURA 2 - MODELO DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE PICO.....	23
FIGURA 3 - TUBOS CIRCULARES PRÉ-FABRICADOS.	27
FIGURA 4 – ADUELAS OU GALERIAS CELULARES.	28
FIGURA 5 – TAMPA.....	35
FIGURA 6 – PAREDE.....	36
FIGURA 7 – CARGA RESULTANTE.....	37
FIGURA 8 – LAJE DO FUNDO.....	38
FIGURA 9 – LAYOUTS PARA CLASSE 1.....	44
FIGURA 10 – LAYOUTS PARA CLASSE 2.....	45
FIGURA 11 – LAYOUTS PARA CLASSE 3.....	45
FIGURA 12 – LAYOUTS PARA CLASSE 4.....	45
FIGURA 13 – LAYOUTS PARA CLASSE 5.....	46
FIGURA 14 – PLANTA DE NOMENCLATURA DAS PLACAS.....	47
FIGURA 15 – ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS PAREDES N E S MÓDULO DE ENTRADA E CURVO	48
FIGURA 16 – ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS PAREDES L E O.....	48
FIGURA 17 – ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS PAREDES N E S MÓDULO INTERMEDIÁRIO.....	48
FIGURA 18 – ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS PAREDES N E S MÓDULO DE SAÍDA.....	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TAXA DE URBANIZAÇÃO POR PERÍODO NO BRASIL	14
TABELA 2 – DIÂMETRO DO ORIFÍCIO REGULADOR	32
TABELA 3 – PARÂMETROS DO SOLO.....	33
TABELA 4 – CLASSIFICAÇÃO DOS TERRENOS	43
TABELA 5 – VOLUME DE AMORTIZAÇÃO	43
TABELA 6 – QUANTIDADE NECESSÁRIA DE MÓDULOS.....	44
TABELA 7 – DIMENSÕES DOS MÓDULOS	44
TABELA 8 – CARGAS ATUANTES	46
TABELA 9 – REAÇÕES DE APOIO E MOMENTOS FLETORES DA LAJE DE FECHAMENTO	47
TABELA 10 – REAÇÕES DE APOIO E MOMENTOS FLETORES DAS PAREDES N E S.....	49
TABELA 11 – REAÇÕES DE APOIO E MOMENTOS FLETORES DAS PAREDES L E O	50
TABELA 12 – REAÇÕES DE APOIO E MOMENTOS FLETORES DA LAJE DE FUNDO	51
TABELA 13 – COMPATIBILIZAÇÃO DOS MOMENTOS FLETORES MÓDULO DE ENTRADA EM KN.M	52
TABELA 14 – COMPATIBILIZAÇÃO DOS MOMENTOS FLETORES MÓDULO INTERMEDIÁRIO EM KN.M.....	52
TABELA 15 – COMPATIBILIZAÇÃO DOS MOMENTOS FLETORES MÓDULO CURVO EM KN.M	52
TABELA 16 – COMPATIBILIZAÇÃO DOS MOMENTOS FLETORES MÓDULO DE SAÍDA EM KN.M .	52
TABELA 17 – ESFORÇO DE TRAÇÃO LAJE DE FUNDO E PAREDES N E S.....	53
TABELA 18 – ESFORÇO DE TRAÇÃO LAJE DE FUNDO E PAREDES L E O.....	53
TABELA 19 – QUANTIDADE DE AÇO LAJE DE FECHAMENTO	53
TABELA 20 – QUANTIDADE DE AÇO PAREDES N E S	54
TABELA 21 – QUANTIDADE DE AÇO PAREDES L E O.....	55
TABELA 22 - QUANTIDADE DE AÇO LAJE DE FUNDO.....	56
TABELA 23 – ÁREA DE AÇO (CM ² /M).....	57
TABELA 24 – QUANTIDADE DE BARRAS DE AÇO.....	57
TABELA 25 – COMPRIMENTO DE ANCORAGEM EM CM	58
TABELA 26 – COMPOSIÇÃO DE PREÇOS POR MÓDULO	58
TABELA 27 - PREÇO DOS MÓDULOS POR CLASSE DE RESIDÊNCIAS	59

LISTA DE QUADROS

QUADROS 1 - CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL DAS INFECÇÕES RELACIONADAS COM A ÁGUA. ...	18
QUADROS 2 - CONCEITOS DE CANALIZAÇÃO X CONCEITO DE RESERVAÇÃO	20

LISTA DE APENDICES

APÊNDICE A - PROJETO DE RESERVATÓRIOS DE AMORTECIMENTO DE PICO	66
APÊNDICE B - DEMONSTRATIVO DE ORÇAMENTOS.....	68

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA UNIFORME.....	70
ANEXO B - MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA UNIFORME.....	71
ANEXO C - MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA TRIANGULAR.....	72
ANEXO D - REAÇÃO DE APOIO EM LAJES COM CARGA UNIFORME	73
ANEXO E - REAÇÃO DE APOIO EM LAJES COM CARGA UNIFORME.....	74
ANEXO F - FLEXÃO SIMPLES EM SEÇÃO RETANGULAR.....	75

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS	12
1.1.1. Geral.....	12
1.1.2. Objetivos Específicos	12
1.2. JUSTIFICATIVA	13
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1. RELAÇÃO ENTRE URBANIZAÇÃO E DRENAGEM	14
2.2. IMPACTOS VINCULADOS ÀS INUNDAÇÕES	16
2.3. PRINCIPAIS MEDIDAS DE CONTROLE VINCULADAS À DRENAGEM URBANA	19
2.3.1. Medidas de Controle Estruturais	19
2.3.2. Medidas de Controle Não Estruturais.....	19
2.3.3. Medidas de Controle Não Convencionais	20
2.4. FUNCIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS DE AMORTECIMENTO	21
2.5. ESTUDOS DE CASO.....	25
2.5.1. Análise da Utilização de Reservatórios de Contenção de Cheias em Edificações e o Seu Impacto no Sistema de Drenagem Urbana.....	25
2.5.2. Efeito dos Microreservatórios de Lote Sobre a Macrodrenagem Urbana	25
2.5.3. Estudo de Viabilidade de Reservatórios Coletivos no Amortecimento de Vazões de Pico em Drenagem de Águas Pluviais Para um Condomínio em Curitiba – PR	26
2.5.4. Controle do Escoamento com Detenção em Lotes Urbanos.....	26
2.6. UTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS EM SISTEMAS DE SANEAMENTO	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1. DEFINIÇÃO DOS LIMITES DE ABRANGÊNCIA DO PROJETO.....	29
3.2. ESCOLHA QUALITATIVA DAS TIPOLOGIAS DOS MÓDULOS RESERVATÓRIOS	29
3.3. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS MÓDULOS.....	30
3.4. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DOS MÓDULOS	32
3.4.1. Cargas Atuantes.....	32
3.4.2. Hipóteses de cálculo.....	34
3.4.3. Método de dimensionamento	34
3.4.4. Solicitações na laje de fechamento	35
3.4.5. Solicitações nas paredes.....	36
3.4.6. Solicitações na laje de fundo.....	37
3.4.7. Compatibilização de momentos fletores.....	38
3.4.8. Esforços de Tração	38
3.4.9. Armadura da Laje de fechamento	39
3.4.10. Armadura Paredes e Laje de fundo.....	39
3.4.11. Quantidade de barras.....	40

3.4.12. Comprimento de ancoragem	41
3.4.13. Espaçamento máximo entre barras.....	41
3.4.14. Orçamento dos módulos	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS MÓDULOS.....	43
4.2. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DOS MÓDULOS	46
4.2.1. Cargas Atuantes.....	46
4.1. ORÇAMENTO.....	58
5. CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

Durante o período de 1970 e 1980, ocorreu uma intensa migração da população rural para as cidades em consequência da mecanização da produção agrícola. De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (IBGE, 2015), 84,72% da população brasileira vive em áreas urbanas. O crescimento acelerado e intenso da densidade demográfica em conjunto com a falta de planejamento urbano gerou inúmeros problemas para a sociedade, agravando-se principalmente ao que se refere a infraestruturas básicas para a sociedade.

Como consequência direta do êxodo rural e a crescente urbanização, tem-se um elevado crescimento de área impermeável de solo nas grandes cidades, gerando uma diminuição da infiltração natural e um crescimento do escoamento superficial das águas pluviais. Diferentemente do que acontecia durante o período de pré-urbanização, o solo impermeável conduz toda essa vazão para a rede pública e para os corpos de água que cruzam as cidades em um curto período de tempo. Desta forma, os picos de cheia são acentuados (HOLTZ, 2011).

Um agravante ao problema das inundações é o lançamento ilegal de esgoto nas redes de drenagem pluvial que, pela falta de uma fiscalização adequada, são bastante recorrentes. De acordo com Dias (2015), esse cenário é potencialmente prejudicial para a saúde pública, pois podem gerar diversas doenças, como: diarreias, asma aguda, doenças de pele, infecções respiratórias, doenças crônicas, doenças relacionadas à saúde mental, desnutrição dentre outras.

A ideia de transportar a água pluvial para locais distantes dos centros urbanos acaba concentrando uma grande quantidade de água e gerando inundações onde antes não havia (CANHOLI, 2005). Por este motivo, o armazenamento e amortização do fluxo de água dentro dos centros urbanos tem se tornado cada vez mais necessária. Desta forma, o uso de reservatórios de contenção de cheias é uma solução estrutural que pode auxiliar no problema das inundações, pois, de acordo com Souza (2013): “O reservatório regulariza a vazão afluente, amortizando o valor de pico e amenizando o problema da sobrecarga das redes de drenagem urbana, reduzindo-se o risco de inundações”. Além disso, há uma redução dos diâmetros das tubulações nos trechos à jusante do sistema de drenagem, tendo em vista as menores vazões de contribuição proporcionadas nas redes.

Na cidade de Curitiba-PR, o decreto nº 1733 (Curitiba, 2020), abrange os assuntos relacionados a obrigatoriedade do uso de mecanismos de contenção de cheias de acordo com a área construída e impermeabilizada do empreendimento. Justamente pela grande demanda pelos dispositivos de amortecimento de pico causada pela sua obrigatoriedade, a utilização de soluções inapropriadas pode se tornar cada vez maior. Além disso, há uma falta de padronização entre os projetos de reservatório de amortecimento de pico adotados por cada empreendimento.

Por conta da necessidade crescente do uso desses mecanismos de amortecimento de pico, este trabalho envolve o estudo da utilização de caixas de contenção modulares a fim de contribuir com os graves problemas oriundos das inundações.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Geral

O objetivo desta pesquisa é desenvolver um projeto de reservatório de amortecimento de pico que seja obtido a partir da junção de módulos padrão pré-concebidos de concreto armado, considerando as prescrições do decreto nº 1733 (Curitiba, 2020) da Cidade de Curitiba-PR.

1.1.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos podem-se citar:

- Desenvolver um dispositivo que atenda os empreendimentos com uma área impermeável de até mil metros quadrados;
- Determinar dimensões padrões para caixas de contenção em função da área impermeável;
- Analisar a viabilidade técnica da implementação de caixas de contenção modulares.
- Analisar custos para a implementação do sistema.

1.2. JUSTIFICATIVA

Por conta da necessidade de manter as cidades livres de alagamentos, faz-se necessário o estudo de soluções que sejam efetivas e que sejam aplicáveis para a população em geral.

Mesmo com a presença das redes pluviais, é muito comum que em centros urbanos, para chuvas intensas e de curta duração, o sistema de drenagem eventualmente não tenha capacidade para escoar o volume precipitado, resultando, dessa forma, em alagamentos e transtornos à população.

Esse problema pode ser minimizado através da implementação de dispositivos capazes de reduzir a vazão de contribuição para o sistema público de coleta. Porém, ainda há uma falta de praticidade na implementação deste sistema pela falta de comercialização de um produto com esta função.

Os reservatórios de amortecimento de pico são uma realidade na gestão das águas pluviais de várias cidades, tais como Curitiba, Porto Alegre, Recife e São Paulo. Portanto, assim como já é feito com outros dispositivos que compõem uma edificação, como as caixas de inspeção e caixas de gorduras, a modulação de um dispositivo de amortecimento de pico pode trazer maior facilidade na implantação deste sistema, contribuindo assim para uma maior adesão da população em geral.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. RELAÇÃO ENTRE URBANIZAÇÃO E DRENAGEM

Desde a segunda metade do século XX, a população brasileira residente em regiões urbanas é crescente, como apresentado na Tabela 1. Principalmente nas grandes metrópoles, ocorreu uma concentração populacional. De acordo com Vicentini (2000), a falta de diretrizes urbanísticas e a falta de controle durante a implantação de loteamentos, geradas por uma ocupação desordenada das cidades, são responsáveis pela instalação de pessoas em locais de risco.

Tabela 1 – Taxa de Urbanização por período no Brasil

Período	Taxa de Urbanização
1940	31,24 %
1950	36,16 %
1960	44,67 %
1970	55,92 %
1980	67,59 %
1991	75,59 %
2000	81,23 %
2007	83,48 %
2010	84,36 %

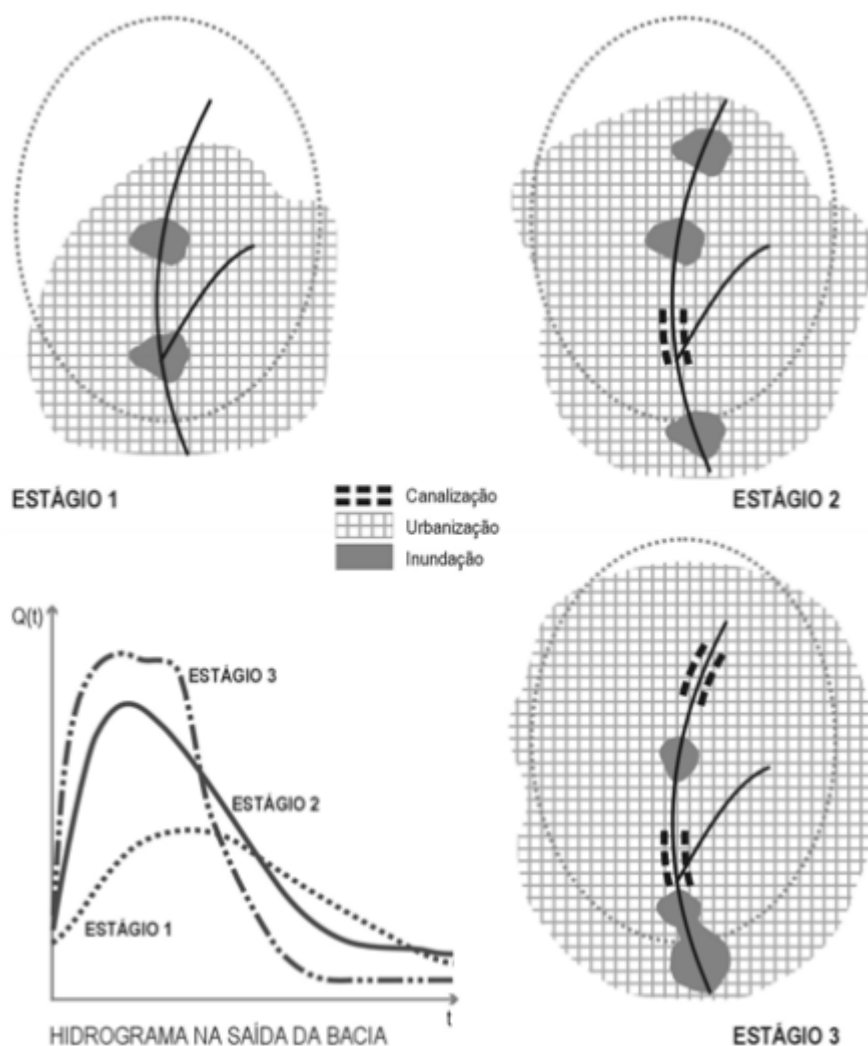
Fonte: IBGE (2015)

Tucci (2009) destaca alguns fatores podem interferir na drenagem urbana, tais como: crescente execução de loteamentos sem condições técnicas adequadas, ocupação de áreas impróprias, crescimento de favelas e invasões, locais densamente povoados, o que dificulta as obras de drenagem e elimina as áreas de armazenamento. Uma das principais consequências deste cenário é o aumento na frequência das inundações.

No período chamado de pré-urbanístico, grande porção do solo era composto por material permeável, assim, a parcela de água pluvial infiltrada no solo era maior que a parcela que sofria o escoamento superficial. Atualmente, com o avanço da urbanização e uma conseqüente impermeabilização do solo, o pico da cheia pode ser até seis vezes superior ao que ocorria em uma bacia hidrográfica em condições naturais, de acordo com Tucci (2009).

A solução mais comumente adotada pelas cidades para os problemas de drenagem urbana é a canalização. Segundo Canholi (2005), essa medida acaba gerando um aumento da velocidade de escoamento. Assim, o problema transfere-se para jusante, gerando inundações em regiões que, anteriormente, não sofriam com isso. Essa alteração dos rios urbanos, através da retificação e transformação em condutos fechados ou em canais abertos resolvem inicialmente alguns problemas de drenagem, porém elas acentuam o problema sistêmico (HOLTZ,2011). A divisão desse processo em 3 estágios está apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Estágio do desenvolvimento da drenagem.



Fonte: TUCCI, 2003.

Tucci (2003) descreve os três estágios da seguinte forma:

- Estágio 1: urbanização de forma distribuída. Devido ao estrangulamento natural ao longo do curso do rio, surgem locais de inundação;
- Estágio 2: aumento da densidade demográfica da bacia. Ocorre a realização das primeiras canalizações, resultando em um aumento do hidrograma a jusante. Há um aumento das inundações a jusante, porém estas ainda são contidas por conta das inundações que ocorrem a montante;
- Estágio 3: o processo de canalização se intensifica porque há uma densificação na bacia. Anteriormente, a área de montante funcionava como um reservatório de amortecimento, mas neste estágio, a canalização apenas transfere a inundação para jusante.

Um agravante para o Brasil é o fato de o país estar em pleno desenvolvimento, acarretando uma crescente ocupação do solo (HOLTZ, 2011). Além disso, segundo Neves (2006), há uma significativa ocorrência de chuvas com grande intensidade e com curta duração, intensificando o problema relacionado à drenagem urbana.

A fim de tornar o sistema de drenagem mais eficiente, Guerra (2011) afirma que é necessário o uso de dispositivos de retenção ou amortecimento da vazão das águas, que é uma solução mais sustentável se comparada à ideia de apenas transportar para jusante do seu ponto de origem.

Esses reservatórios de amortecimento de pico entram em uma categoria chamada de “técnicas compensatórias”. Essas técnicas, de maneira bem resumida, consistem em aproximar bacias urbanas impermeabilizadas, das bacias pré-urbanização, mesmo que seja somente do ponto de vista das vazões geradas.

2.2. IMPACTOS VINCULADOS ÀS INUNDAÇÕES

De acordo com Grandó et al. (2000), as enchentes urbanas são um problema crônico no Brasil, devido principalmente à gerência inadequada do planejamento de drenagem e à filosofia errônea dos projetos de engenharia. Esta filosofia está ligada com o preceito de que uma boa drenagem é aquela na qual o escoamento ocorre de maneira rápida. Porém a real drenagem eficiente está relacionada com escoar a precipitação sem causar impactos no local, nem a jusante, possibilitando a não ocorrência de problemas de elevado custo a sociedade como um todo.

O escoamento pluvial pode provocar inundações e impactos nos centros urbanos devido a dois processos que podem ocorrer isoladamente ou combinados (TUCCI, 2008): as inundações ribeirinhas e inundações urbanas.

A primeira, se refere a inundações em regiões localizadas na região do leito maior do rio, sendo a causa raiz o processo natural do corpo hídrico, no qual ocorre a variação devido ao ciclo hidrológico. A ocupação dessas áreas pela população, a qual se instalou em uma região de médio risco devido à falta de um plano diretor bem desenvolvido, geram inúmeros impactos nessa sociedade.

Quanto ao segundo caso, Tucci (2008) aponta os seguintes problemas provindos deste fenômeno: aumento das vazões máximas e sua frequência em virtude do aumento da capacidade de escoamento devido a impermeabilização das superfícies e criação de condutos e canais nessas regiões. Aumento da produção de sedimentos devido a uma falta de proteção e fiscalização nas margens dos rios, além da geração de resíduos sólidos, os quais durante as precipitações, são transportados pela corrente e bloqueiam os sistemas de drenagem. A diminuição da qualidade da água, tanto superficial quanto subterrânea, graças às inúmeras ligações clandestinas de esgoto no sistema de água pluvial. Devido à forma desorganizada de implantação da infraestrutura urbana como construções que reduzem ou obstruem o escoamento em rios e canais, além da realização de projetos inadequados.

Neves (2006) indica que os fatores climáticos influenciam bastante em países em desenvolvimento. Em latitudes tropicais, as intensidades pluviométricas em precipitações com duração menor a uma hora de duração ocorrem mais acentuadamente, gerando grandes descargas de pico e grandes concentrações de volume, devido a esses fatores, ocorre o encarecimento das estruturas que seriam construídas para amenizar o problema.

A Organização Pan-americana da Saúde (2014) mantém a ideia de analisar os impactos que os desastres naturais causam na saúde humana através dos eventos e suas consequências. Dentre as consequências pode-se considerar a alteração na qualidade da água superficial e subterrânea, modificação dos solos, alteração nos ciclos de vetores e hospedeiros de doenças. No que se refere às consequências sobre a infraestrutura e qualidade de vida da sociedade local, os elementos básicos que dão suporte às condições de vida e à saúde, podem ficar comprometidos quanto à qualidade ou mesmo disponibilidade.

No relatório final dos impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado (FUNASA, 2010) houve uma classificação para as enfermidades relacionadas à água, excreta e lixo devido ao saneamento ambiental inadequado, apresentada no Quadro 1.

Quadros 1 - Classificação ambiental das infecções relacionadas com a água.

Categoria	Infecção
1. Feco-oral (ingestão de água ou contato com a água)	Diarreias e disenterias Disenteria amebiana Balantidíase Enterite campylobacteriana Cólera Criptosporidiose Diarreia por Escherichia coli Giardíase Diarreia por rotavírus Salmonelose Shigelose (disenteria bacilar) Yersinose Febres entéricas Febre tifoide Febre paratifóide Poliomielite Hepatite A Leptospirose
2. Relacionadas com a higiene a) Infecções da pele e dos olhos b) Outras	Doenças infecciosas da pele Doenças infecciosas dos olhos Tifo transmitido por pulgas Febre recorrente transmitida por pulgas
3. Baseada na água a) Por penetração na pele b) Por ingestão	Esquistossomose Difilobotríase e outras infecções por helmintos
4. Transmissão por inseto vetor a) Picadura próxima à água b) Procriam na água	Doença do sono Filariose Malária Arboviroses Febre amarela Dengue Leishmaniose

Fonte: Funasa, (2010).

Devido ao grande potencial de transmissão de doenças infecciosas relacionadas a água, percebe-se que uma gestão adequada da drenagem urbana não gera impactos somente na infraestrutura das cidades, mas também na saúde pública.

2.3. PRINCIPAIS MEDIDAS DE CONTROLE VINCULADAS À DRENAGEM URBANA

Segundo Agra (2001), umas das formas de minimizar as consequências geradas no sistema de drenagem urbano pela urbanização é a utilização de medidas de controle. As classificações das medidas de controle variam de acordo com o autor referenciado, assim, optou-se pelas seguintes divisões: estrutural, não estrutural e não convencionais.

2.3.1. Medidas de Controle Estruturais

De acordo com Canholi (2005) as medidas de controle são divididas em dois grupos de acordo com sua natureza: medidas de controle estruturais e medidas de controle não estruturais.

As medidas de controle estruturais promovem uma modificação no meio ambiente por envolverem obras de engenharia na bacia hidrográfica ou no próprio rio, com o intuito de evitar o extravasamento do leito menor para o leito maior (MENDONÇA, 2009). Porém, segundo Peixoto (2011), essa solução não é definitiva por conta do crescente desenvolvimento das regiões urbanas.

Alguns exemplos de medidas de controle estruturais são: canalização, reservatórios de amortecimento de pico, restauração das calhas naturais de drenagem através de uma cobertura vegetal, dique e barragens. Essas obras não geram uma proteção completa ao sistema de drenagem, visto que para isso seria necessário um superdimensionamento das estruturas, tornando as soluções inviáveis física e economicamente (SUDERHSA, 2002).

2.3.2. Medidas de Controle Não Estruturais

Segundo Canholi (2005), as medidas de controle não estruturais envolvem ações preventivas com baixo custo e com atuação em longo prazo. Ao contrário das medidas estruturais, não há alteração no meio físico.

Dentre os exemplos destas medidas estão o gerenciamento de desastres, previsão e alerta de inundações, seguros, proteção individual e zoneamento das áreas de risco de inundações (MENDONÇA, 2009).

Para que os danos causados à população sejam atenuados, geralmente adota-se as medidas de controle estruturais e não estruturais simultaneamente, visto que nenhuma destas apresenta uma eficácia completa.

2.3.3. Medidas de Controle Não Convencionais

Para Dias (2015), "As medidas não convencionais são medidas estruturais que ainda não são amplamente utilizadas em obras de drenagem". Uma comparação entre as soluções de canalização e reservação, que é uma medida de controle não convencional, está apresentada no Quadro 2.

Quadros 2 - Conceitos de Canalização X Conceito de Reservação

(continua)

Características	Canalização	Reservação
Função	Remoção rápida dos escoamentos	Contenção temporária para subsequente liberação
Componentes principais	Canais abertos/galerias	Reservatórios a superfície livre Reservatórios subterrâneos Retenção subsuperficial
Aplicabilidade	Instalação em áreas novas Construção por fases Ampliação de capacidade pode se tornar difícil (centros urbanos)	Áreas novas (em implantação) Construção por fases Áreas existentes (à superfície ou subterrâneas)
Impacto nos trechos a jusante (quantidade)	Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior Maiores obras no sistema de jusante	Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero (Legislação EUA) Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões a jusante compatíveis com capacidade disponível
Impacto nos trechos a jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda carga poluente afluyente	Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação dos reservatórios e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação

Quadro 2 - Conceito de Canalização x Conceito de Reservação**(continua)**

Características	Canalização	Reservação
Manutenção / operação	Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo) Manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso)	Necessária limpeza periódica Necessária fiscalização Sistemas de bombeamento requerem operação/manutenção Desinfecção eventual(insetos)
Estudos hidrológicos / hidráulicos	Requer definição dos picos de enchentes	Requer definição dos hidrogramas (volume das enchentes)

Fonte: Canholi (2005)

Segundo Nakazone (2005), as medidas de controle não convencionais utilizam conceitos de armazenamento e infiltração, colaborando para que os picos de enchentes sejam atenuados, diferentemente das medidas convencionais, que utilizam o conceito tradicional de canalização. Percebe-se que as diferentes funções de cada sistema geram diferentes consequências nos trechos de jusante.

Segundo Holts (2011), é crescente a adoção de estruturas não convencionais na gestão de águas pluviais do Brasil, porém, há uma falta de estudos que comprovem a viabilidade técnica e econômica do uso deste tipo de soluções em grandes áreas.

2.4. FUNCIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS DE AMORTECIMENTO

Os reservatórios de amortecimento de pico ou reservatório de contenção de cheia são definidos por Tucci (2003) como sendo medidas estruturais que possuem o objetivo de atenuar o impacto hidrológico da redução da capacidade natural de armazenamento da bacia hidrográfica. De acordo com o Decreto Municipal nº 1733 (Curitiba, 2020), esses dispositivos podem ser abertos ou fechados e são capazes de reter e acumular parte das águas pluviais a fim de regular a vazão de saída num valor desejável para que os efeitos a jusante sejam minimizados, aliviando assim, os canais ou galerias do sistema de macrodrenagem.

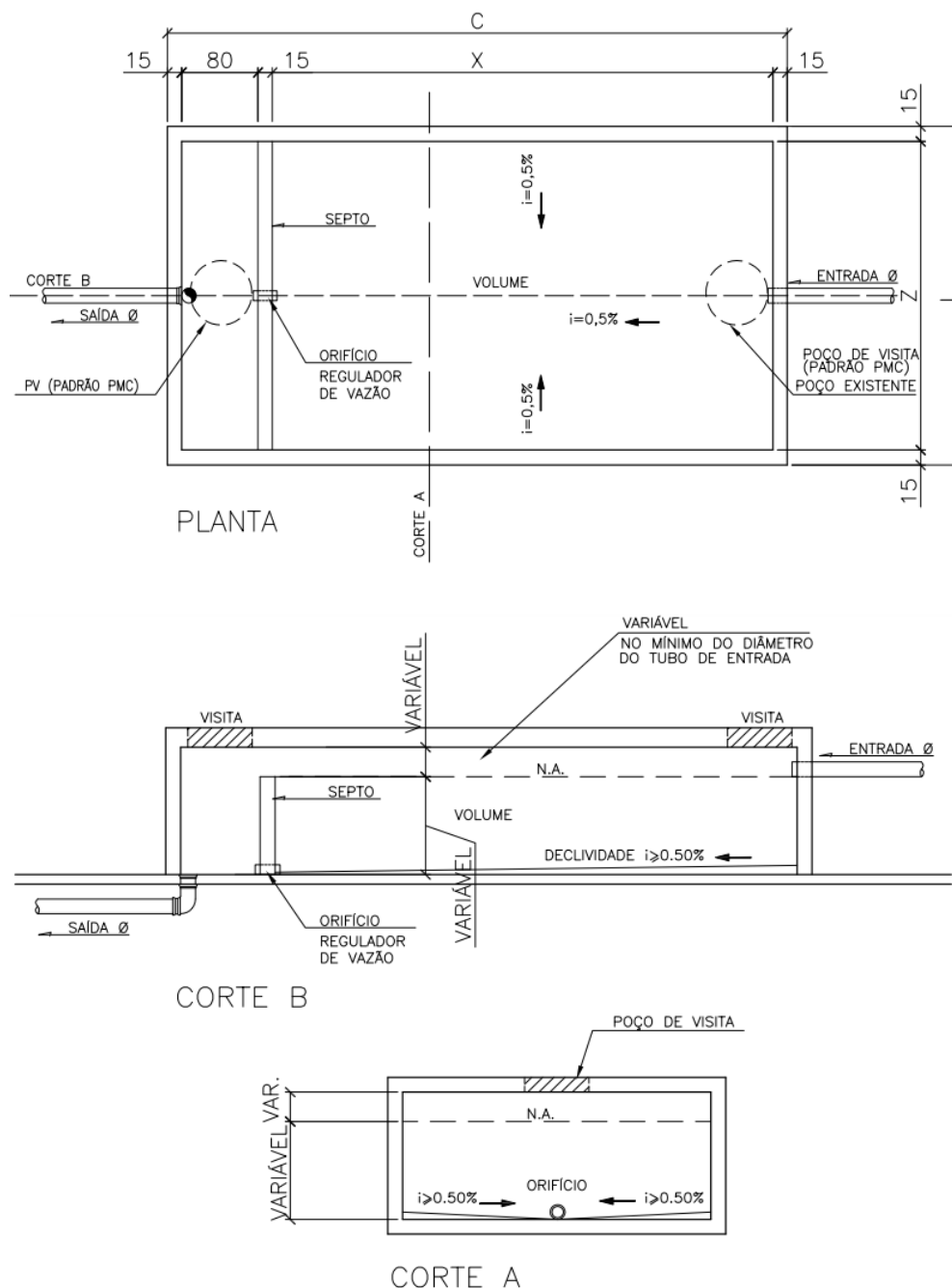
Na cidade de Curitiba-PR, o Decreto Municipal nº 1733 (Curitiba, 2020) dispõe sobre os critérios para a implantação dos mecanismos de contenção de cheia, onde a obrigatoriedade da implantação se dá por duas condições:

- Novos empreendimentos, ampliação e/ou reformas independente do uso e localização, que impermeabilizar área igual ou superior a 3000m²;
- Novos empreendimentos, ampliação e/ou reformas independente do uso e localização, que apresentem redução da taxa de permeabilidade de 25%.

Além da obrigatoriedade da implantação de dispositivo de contenção de cheia nos dois casos citados, o decreto lista regiões da cidade onde a implantação da medida é obrigatória para novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas, independente da área impermeabilizada.

O decreto 176 (Curitiba, 2007), estabeleceu um modelo de reservatório, de acordo com a Figura 2. Este dispositivo recebe a contribuição pluvial através das tubulações que captam a água da chuva das regiões impermeabilizadas, como calçadas e coberturas. Quando a água entra no reservatório há um elemento denominado de septo, que é uma barreira física que impede a passagem direta da água para a tubulação de saída. Na parte inferior do septo há o orifício regulador de vazão que, por possuir um diâmetro inferior ao da tubulação de entrada, acaba por retardar a saída da água para a rede de drenagem pública. Como o septo não possui uma altura igual à das paredes externas do reservatório, quando o volume de entrada de água for muito elevado, o septo passa a atuar como um vertedouro, permitindo o galgamento da água e seu consequente transporte para a tubulação de saída com uma vazão igual a vazão de entrada. No Decreto não há especificações a respeito do diâmetro da tubulação de entrada e saída, apenas do orifício regulador de vazão e do volume do reservatório, que é estipulado pelo volume de água armazenada a montante do septo.

Figura 2 - Modelo de reservatório de amortecimento de pico.



Fonte: Decreto Municipal nº 176 (Curitiba, 2007)

Além de Curitiba, outras cidades brasileiras possuem legislações que estabelecem critérios para a gestão de águas pluviais no interior dos lotes. O decreto 18611 (Porto Alegre, 2014) estabelece uma vazão máxima de saída para a rede pública de águas pluviais de 20,8 l/(s.ha), porém, para terrenos com área inferior a 600m² e para habitações unifamiliares, a limitação de vazão poderá ser desconsiderada. A vazão do reservatório de detenção para lotes com área superior a

100 hectares deve ser determinada por estudos hidrológicos específicos e para áreas inferiores a 100 hectares, deve-se seguir Equação 1.

$$V = 0,0425 \times A_{imp} \quad (1)$$

onde: v é o volume do reservatório em m^3 ; A_{imp} é a área impermeável do lote em m^2 .

Para a cidade de Recife, a Lei nº 18.112/2015 prevê a obrigatoriedade da instalação de reservatórios de águas pluviais, que podem ser de acumulação ou de retardo, em lotes com área superior a $500 m^2$ (quinhentos metros quadrados), edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 25% (vinte e cinco por cento) da área total do lote. O volume para o reservatório de retardo é de acordo com a Equação 2.

$$V = K \times A \times I \quad (2)$$

Onde: v é volume calculado do reservatório em m^3 ; K é o coeficiente de abatimento igual a 0,25; A é a área total do lote; I é a intensidade da chuva de vazão média de cheias na cidade do Recife igual a 0,06 m/h.

Na cidade de São Paulo, a Lei nº 12.526 de 2007 estabelece a obrigatoriedade da implantação de sistemas de retenção de águas pluviais em lotes, edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a $500 m^2$. A capacidade do reservatório é calculada de acordo com a Equação 3.

$$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t \quad (3)$$

Onde: v é o volume do reservatório em metros cúbicos; A_i é área impermeabilizada em metros quadrados; IP é o índice pluviométrico igual a 0,06 m/h; t é o tempo de duração da chuva igual a 1 hora.

A busca por soluções para amenizar os problemas de enchentes é comum no panorama mundial. De acordo com Nakazone (2005), nos Estados Unidos, a iniciativa de implantação de estruturas alternativas de drenagem, como o reservatório de armazenamento, veio dos próprios cidadãos. Segundo Canholi (2005), a cidade Melbourne na Austrália começou a implantar as bacias de detenção na década de 1960 e, atualmente, há um crescimento na utilização de medidas não estruturais para a drenagem urbana. Na Holanda, considerado um país com ótimo desempenho na

proteção contra enchentes, há um controle quantitativo e qualitativo de águas pluviais através da utilização de sistemas de retenção e infiltração (BEENEN; BOOGAARD, 2007).

Segundo Souza (2013) a utilização de reservatórios de amortecimento de pico também influencia no diâmetro da tubulação a jusante do sistema de drenagem visto que haverá uma diminuição nas vazões de contribuição, assim, diâmetros poderão ter uma menor dimensão.

2.5. ESTUDOS DE CASO

Diversas pesquisas envolvendo o uso de reservatórios de amortecimento de pico já foram desenvolvidas considerando diferentes aplicações e análises. Os itens a seguir demonstram a metodologia e os resultados de algumas pesquisas realizadas no Brasil.

2.5.1. Análise da Utilização de Reservatórios de Retenção de Cheias em Edificações e o Seu Impacto no Sistema de Drenagem Urbana

Souza (2013), analisou as vazões finais de contribuição em uma área específica da cidade de Curitiba-PR, considerando a utilização ou não de reservatórios de retenção de cheias nas edificações.

Como resultado, obteve-se uma redução de 66,3% na vazão de contribuição dos lotes residenciais que adotaram o reservatório de retenção de cheias se comparada aos lotes que não adotaram. Ao analisar a diminuição na vazão de toda a área de estudo, obteve-se uma redução de 33,4%, visto que a vazão de calçadas, ruas, bosques e gramados mantiveram-se constantes para os dois casos analisados.

2.5.2. Efeito dos Microreservatórios de Lote Sobre a Macrodrenagem Urbana

Tassi (2002) analisou a eficiência que os microreservatórios de lote possuem na redução das vazões de pico para as redes do sistema público de drenagem. Criou-se uma bacia hipotética com características de uma bacia real da cidade de Porto Alegre - RS. Os lotes tinham uma área de 300 e 600m² e uma taxa de impermeabilidade de 49%.

De acordo com os resultados obtidos, houve uma redução que variou entre 50% e 70% nas vazões de saída dos lotes após o uso dos microreservatório, resultando numa vazão semelhante a encontrada no período de pré-urbanização. Porém, como os microreservatórios não atuam nas ruas e calçadas, a vazão da bacia como um todo não retomou valores encontrados na situação de pré-urbanização.

2.5.3. Estudo de Viabilidade de Reservatórios Coletivos no Amortecimento de Vazões de Pico em Drenagem de Águas Pluviais Para um Condomínio em Curitiba – PR

Dias (2015) avaliou a viabilidade técnico-financeira de um sistema de amortecimento de pico de vazões de águas pluviais, composto por um reservatório coletivo de um condomínio.

Segundo a autora, a utilização do reservatório amorteceu 49,07% das águas pluviais do local, contribuindo significativamente para o melhor funcionamento do sistema de drenagem urbana pela redução da vazão de saída para a via pública. O reservatório coletivo mostrou-se mais eficiente que o reservatório individual, que apresentou uma taxa de amortecimento de 33,40 %, porém, o reservatório coletivo possui um custo superior de R\$ 150,00 para cada lote considerado.

2.5.4. Controle do Escoamento com Detenção em Lotes Urbanos

Cruz, Tucci e Silveira (1998) analisaram a uso de reservatórios de detenção em lotes com área de 300, 400, 500 e 600 m² na cidade de Porto Alegre - RS. O volume de detenção utilizado foi o necessário para manter as condições de pré-urbanização nos lotes. Foram analisados reservatórios com diferentes características geométricas e de fechamento.

Para os lotes com 600 m² com uma taxa de impermeabilização de 100%, obteve-se um amortecimento de 2 a 2,5m³, dependendo do tipo de reservatório adotado. Para os lotes com taxa de impermeabilidade de 50%, o amortecimento foi de 1 a 1,5%. Os reservatórios ocuparam cerca de 1% da área em planta do lote e apresentaram um tempo de detenção de 25 a 30 minutos.

2.6. UTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS EM SISTEMAS DE SANEAMENTO

De acordo com a NBR 9062 (ABNT, 2017), os elementos pré-fabricados são aqueles pré-moldados industrialmente e o seu uso tem se tornado uma prática cada vez mais aceita na construção civil. Por se tratar de elementos confeccionados fora do canteiro de obras, há um maior controle de qualidade durante todo o processo de produção e uma conseqüente redução do desperdício de materiais. Além disso, há um aumento de produtividade no canteiro de obras, visto que as peças pré-fabricadas serão apenas montadas nos seus locais finais de utilização.

As peças pré-fabricadas de concreto são amplamente utilizadas para os sistemas hidráulicos urbanos em geral. De acordo com Sirtoli (2015), estruturas pré-fabricadas podem ser utilizadas para drenagem pluvial, condução de efluentes e aterros sanitários. A utilização dessas galerias pré-fabricadas de concreto armado é vantajosa por poderem representar ganhos em fatores como tempo, qualidade e durabilidade de uma rede.

Segundo Sirtoli (2015), além destas peças exercerem a função de tubulação, são ao mesmo tempo a própria estrutura do sistema, sendo constituídas por dois tipos principais de peças: os tubos circulares ou ovoides, apresentados na Figura 3 e as aduelas, apresentadas na Figura 4.

Figura 3 - Tubos circulares pré-fabricados.



Fonte: Floresta (2012)

Figura 4 – Aduelas ou galerias celulares.



Fonte: Floresta (2012)

De acordo com o artigo da revista AdNormas (2020), existem normas específicas desenvolvidas pela ABNT que regulam alguns dos possíveis elementos pré-fabricados utilizados em redes de saneamento, como a NBR 15645 Execução de Obras Utilizando Tubos e Aduelas Pré-Moldadas em Concreto (ABNT, 2020), a qual estabelece os requisitos para a execução com tubulações pré-moldadas de concreto, as quais devem estar de acordo com a NBR 8890 (ABNT, 2008). Assim como as aduelas pré-moldadas de concreto devem seguir a NBR 15396 (ABNT, 2018), as galerias técnicas são desenvolvidas de acordo com a NBR 16584 (ABNT, 2017) e poços de visita são normatizados na NBR 16085 (ABNT, 2020).

Assim, diante dos problemas causados pelas cheias nas regiões urbanas, o uso de estruturas pré-fabricadas tende a ser uma solução ágil e de simples implantação. Por isso, este trabalho pretende propor o uso de estruturas modulares para os reservatórios de amortecimento de pico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o cumprimento dos objetivos, foram definidas as seguintes etapas para o desenvolvimento do projeto: definição dos limites de abrangência do projeto; escolha qualitativa das tipologias dos módulos reservatórios; dimensionamento hidráulico dos módulos; dimensionamento estrutural dos módulos e orçamento dos módulos.

3.1. DEFINIÇÃO DOS LIMITES DE ABRANGÊNCIA DO PROJETO

Para os projetos de reservatórios de contenção de cheias localizados na cidade de Curitiba-PR, o Decreto 1733 (Curitiba, 2020) apresenta dois principais pontos a serem definidos:

- Cálculo de volume necessário a partir de parâmetros apresentados no decreto;
- Determinação do diâmetro do orifício regulador de vazão em função do volume calculado do reservatório.

Como a necessidade da utilização deste mecanismo, de acordo com o Decreto 1733 (Curitiba, 2020), se dá para terrenos com área permeável inferior a 25% da área total do lote ou para locais com área impermeável superior a 3000 m², estipulou-se uma delimitação para o uso dos módulos de reservatório de amortecimento de pico em função da área impermeável do lote como sendo de 1000m². Para o atendimento de áreas maiores de uma forma efetiva, seria necessário desenvolver módulos com características muito distintas, assim optou-se por atender lotes menores pois estes correspondem a grande parte dos lotes encontrados nas regiões urbanas.

3.2. ESCOLHA QUALITATIVA DAS TIPOLOGIAS DOS MÓDULOS RESERVATÓRIOS

Considerando a singularidade de cada terreno e considerando um sistema que possa ser enterrado a fim de não inviabilizar uma parcela de área do lote, foi definida a modulação em quatro classes gerais:

- Módulo de entrada;

- Módulo de saída;
- Módulo intermediário retilíneo;
- Módulo intermediário curvo.

Para todos os casos, os módulos de entrada e saída serão utilizados. Conforme a área impermeável da edificação cresce, é necessário o uso dos módulos intermediários entre os módulos de entrada e saída. Quando a área disponível no terreno para a instalação dos reservatórios for em condições de grandes limitações de área, opta-se pela disposição sequencial dos módulos, não sendo utilizado o módulo intermediário curvo. Para os casos em que é necessária uma disposição dos reservatórios de forma mais homogênea, opta-se pelo uso do módulo intermediário curvo.

Desta forma, enquanto a escolha da quantidade de módulos a serem utilizados em cada caso é função do volume de água a ser amortizado, a escolha das tipologias é função da área em planta disponível no terreno para a instalação dos reservatórios.

3.3. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS MÓDULOS

De acordo com o Decreto 1733 (Curitiba, 2020), o volume de amortecimento deve ser calculado de acordo com a Equação 4.

$$V = K \times I \times A \quad (4)$$

Onde: V é o volume do reservatório em m^3 ; K uma constante dimensional de valor 0,20; I a intensidade da chuva, a qual é proposta como 0,080 m/h de acordo com a Prefeitura de Curitiba; A é a área impermeável em m^2 a qual deve ser calculada com as ressalvas apresentadas no §3.º, do artigo 5 do decreto.

As áreas do terreno serão categorizadas em classes, de modo a facilitar a abordagem em uma situação real, uma vez que existem lotes de diferentes dimensões na área urbana. A divisão das classes do terreno deu-se a cada 200 m^2 de área impermeável. Optou-se por este intervalo de área para que não se fizesse necessária a criação de uma grande quantidade de módulos, que trariam um custo inicial de

implantação elevado e uma falta de praticidade e objetividade na escolha. Assim, com a determinação do intervalo da área impermeável de lote que cada classe irá abranger será possível determinar as demais características dos módulos.

Com base na área impermeável máxima de cada uma das cinco classes de terreno e da utilizando da Equação 4, obtém-se o volume de água pluvial que deverá ser amortizado por classe. A partir desses volumes, pode-se determinar a capacidade de amortização dos módulos.

A capacidade de amortização dos módulos foi adquirida através da análise da variação dos volumes a serem amortizados, de acordo com a Equação 5.

$$\Delta V_a = V_{a_n} - V_{a_{n-1}} \quad (5)$$

Onde: ΔV_a é a variação do volume em m^3 a ser amortizado; V_{a_n} é o volume amortizado em m^3 na linha n e $V_{a_{n-1}}$ é o volume em m^3 amortizado na linha $n - 1$.

O módulo de saída não possui a função de amortização, mas de delimitar o volume através do septo e conduzir a água pluvial para a tubulação de saída do reservatório. A profundidade e largura deste módulo será correspondente às calculadas para os demais módulos. A largura foi fixada como sendo de 80 cm, como apresentado no decreto 176 (Curitiba, 2007), visto que o decreto 1733 (Curitiba, 2020) não apresenta determinação de dimensões mínimas para a região do septo.

Após a realização dos cálculos do volume interno amortizado necessários para cada reservatório, testou-se diferentes hipóteses de altura da lâmina de água máxima, afim de calcular a área da base da estrutura, de acordo com a Equação 6.

$$A_{base} = \frac{Vm}{h} \quad (6)$$

Onde: A_{base} é a área da base em m^2 ; Vm é o volume dos módulos em m^3 e h é a altura da lâmina d'água dos módulos em m.

Para as dimensões externas a caixa, é necessário que a altura máxima da caixa seja maior que a altura da lâmina de água definida. Esta diferença se dá devido a possibilidade de ocorrer uma chuva de maior intensidade que o planejado para este conjunto de módulos e o sistema necessitar de uma forma de não romper e não comprometer a segurança do mesmo, permitindo que o septo atue neste momento como um vertedor. Essa diferença de altura foi estabelecida como sendo de 10 cm,

que corresponde ao valor do diâmetro do tubo de entrada, conforme orientações apresentadas no decreto 176 (Curitiba, 2007).

O diâmetro do orifício regulador segue as prescrições do decreto 1733 (Curitiba, 2020), de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Diâmetro do orifício regulador

Classe	Φ orifício (mm)
1	40
2	50
3	50
4	50
5	50

Fonte: Adaptado de Curitiba (2020)

Após a realização dos cálculos hidráulicos, obtém-se as dimensões de cada módulo que compõem o reservatório.

3.4. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DOS MÓDULOS

O dimensionamento estrutural dos módulos tem a função de determinar as espessuras das placas que compõem os módulos e as áreas de aço necessárias.

3.4.1. Cargas Atuantes

De acordo com Colaço (2017), as cargas atuantes em reservatório enterrado, podem ser divididas em quatro grupos: peso próprio, carga accidental, pressão hidrostática e pressão do solo.

Para a determinação do peso próprio da estrutura, considerou-se o peso específico do concreto como sendo de 25 KN/m³, conforme valor adotado por Colaço (2017). A esse valor, multiplicou-se a espessura de cada uma das partes que compõem o reservatório, que são a laje da tampa, as paredes e a laje de fundo, de acordo com a Equação 7.

$$P_p = \gamma_c \times e \quad (7)$$

Onde: P_p é o peso próprio em KN/m²; γ_c é o peso específico do concreto em KN/m³ e e é a espessura do módulo em m.

A carga acidental para este caso equivale a 3KN/m^2 e refere-se a carga proveniente ao acesso de pessoas, de acordo com a metodologia adotada por Colaço (2017). A pressão hidrostática refere-se à atuação da carga proveniente da água pluvial nas paredes e na laje de fundo do reservatório. O peso específico da água foi considerado como sendo de 10KN/m^3 . Essa carga possui formato triangular para as paredes e formato retangular na laje de fundo. A sua determinação é de acordo com a Equação 8.

$$P_h = \gamma_w \times h_w \quad (8)$$

Onde: P_h é a pressão hidrostática em KN/m^2 ; γ_w é o peso específico da água em KN/m^3 e h_w é a altura da lâmina d'água em m.

A pressão do solo é a ação proveniente do maciço terroso sobre a estrutura que está em contato com o solo. Semelhantemente a pressão hidrostática, o empuxo de terra também possui um formato triangular nas paredes da estrutura e retangular na laje de fundo. A determinação da pressão do solo é função de algumas propriedades do solo, como peso específico, ângulo de atrito e coesão. Para a determinação desses valores, realizou-se simulações a fim de adotar a situação mais crítica para a estrutura. O valor referente ao peso específico seco do solo foi de acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2019) e do solo saturado de acordo com Júnior (2019), o valor referente ao ângulo de atrito interno do solo foi de acordo com Caiado (2015) e quanto a coesão adotou-se zero para considerar a pior situação e executar um dimensionamento a favor da segurança. Os valores adotados estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros do solo

Parâmetro	Valor
Ângulo de atrito interno (Φ)	18
Coesão (c)	0
Peso específico (γ_s)	18
Peso específico submerso (γ_{sub})	21

Fonte: Autores (2021)

A determinação da pressão do solo é de acordo com a Equação 9.

$$P_s = (K \times \gamma_s \times h_m) - (2 \times c \times \sqrt{K}) \quad (9)$$

Onde: P_s é a pressão do solo em KN/m^2 ; K é o coeficiente adimensional de empuxo; γ_s é o peso específico do solo em KN/m^3 ; h_m é a altura do módulo em m e c é a coesão em KN/m^2 .

Para os casos em que o nível d'água for considerado igual ao nível do terreno, deve-se substituir o peso específico do solo pelo peso específico do solo submerso e adicionar a parcela de pressão de água, de acordo com a Equação 10.

$$P_s = (K \times \gamma_{\text{sub}} \times h_m) - (2 \times c \times \sqrt{K}) + (\gamma_w \times h_m) \quad (10)$$

Onde: γ_{sub} é o peso específico do solo submerso em KN/m^3 ;

O valor referente ao coeficiente de empuxo é de acordo com a Equação 11.

$$K = \frac{1 - \text{sen}(\phi)}{1 + \text{sen}(\phi)} \quad (11)$$

Onde: ϕ é o ângulo de atrito interno do solo em graus.

3.4.2. Hipóteses de cálculo

As hipóteses de cálculo têm o objetivo de mapear as situações mais críticas para a estrutura. Desta forma, considerou-se as seguintes hipóteses:

- Hipótese 1: Reservatório cheio com nível de água externo do terreno correspondente ao nível do terreno;
- Hipótese 2: Reservatório vazio com nível de água externo do terreno correspondente ao nível do terreno;
- Hipótese 3: Reservatório cheio sem a presença do nível de água externo do terreno;
- Hipótese 4: Reservatório vazio sem a presença do nível de água externo do terreno.

3.4.3. Método de dimensionamento

Todo o dimensionamento estrutural dos reservatórios foi realizado de acordo com Colaço (2017), onde utilizou-se o método clássico da Teoria das Placas e os elementos foram considerados como lajes isoladas. As Tabelas de Pinheiro (1993)

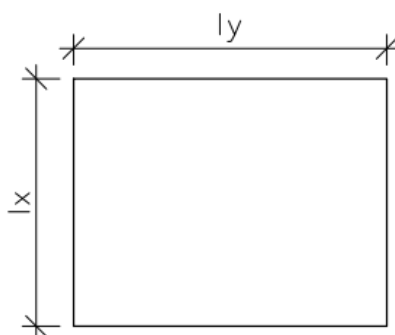
foram utilizadas para o cálculo dos esforços solicitantes. As reações de apoio foram calculadas pela Teoria de Charneiras.

A laje de fundo foi considerada como engastada em todas as direções, a laje de fechamento foi considerada como simplesmente apoiada nas paredes e as paredes foram consideradas engastadas entre si e com a laje de fundo.

3.4.4. Solicitações na laje de fechamento

Para as solicitações da laje de fechamento, considerou-se o esquema da Figura 5.

Figura 5 – Tampa



Fonte: Autores (2021)

A escolha entre armar a laje em uma ou duas direções é de acordo com a Equação 12, onde resultados maiores que 2 sugerem armação em uma dimensão e resultados menores que 2 sugerem armação em duas direções.

$$\lambda = \frac{l_y}{l_x} \quad (12)$$

Onde: λ é a relação adimensional entre comprimento dos vãos; l_y é o comprimento da maior dimensão da peça em m e l_x é o comprimento da menor dimensão da peça em m.

Através da Tabela do Anexo E e da Equação 13 calculou-se os valores referentes às reações de apoio.

$$V_x = v \frac{p \cdot x \cdot l_x}{10} \quad (13)$$

Onde: V é a reação de apoio em KN/m; ν é o coeficiente Tabelado e p é a carga uniforme atuante em KN/m².

Através da Tabela do Anexo A e da Equação 14 calculou-se os valores referentes ao momento fletor.

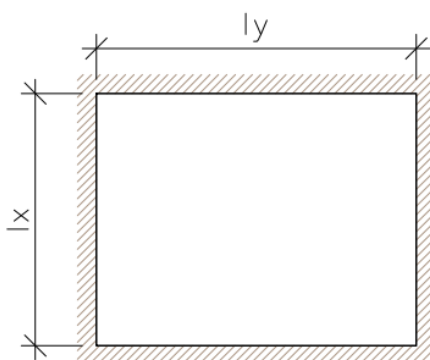
$$M = \mu \frac{p x l x^2}{100} \quad (14)$$

Onde: M é o momento fletor em KN.m/m e μ é o coeficiente Tabelado.

3.4.5. Solicitações nas paredes

Para as solicitações das lajes da parede, considerou-se o esquema da Figura 6.

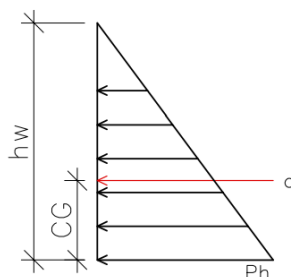
Figura 6 – Parede



Fonte: Autores (2021)

A escolha entre armar a laje em uma ou duas direções é de acordo com a Equação 12, analogamente ao realizado na laje de fechamento.

A carga triangular referente a pressão hidrostática possui uma carga resultante aplicada no centro geométrico da carga triangular, de acordo com a Figura 7. A carga q é adquirida por semelhanças de triângulos e a altura CG equivale a $1/3$ da altura hw .

Figura 7 – Carga resultante**Fonte: Autores (2021)**

A determinação das reações de apoio é de acordo com a Equação 15.

$$V = \frac{q \times A}{l} \quad (15)$$

Onde: q é a carga resultante; A é a área de influência e l é o comprimento da área de influência.

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), a área de influência de lajes retangulares que estão sob carregamento uniforme e distribuído, é obtida através triângulos e trapézios traçados a partir dos vértices da planta da laje com as seguintes angulações:

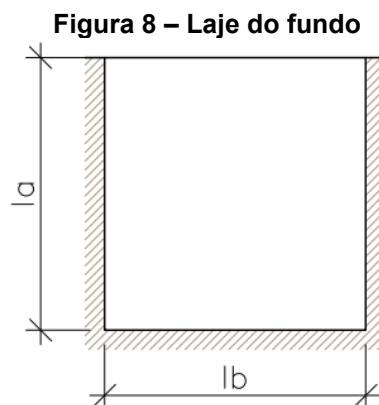
- 45° entre dois apoios do mesmo tipo;
- 60° a partir do apoio engastado, se o outro for simplesmente apoiado
- 90° a partir do apoio vinculado (apoiado ou engastado), quando a borda vizinha for livre.

Através da Tabela do Anexo C e da Equação 16 calculou-se os valores referentes ao momento fletor.

$$M = \mu \frac{q \times l x^2}{100} \quad (16)$$

3.4.6. Solicitações na laje de fundo

Para as solicitações da laje de fundo, considerou-se o esquema da Figura 8.



Fonte: Autores (2021)

A escolha entre armar a laje em uma ou duas direções é de acordo com a Equação 12, analogamente ao realizado na laje de fechamento. Através da Tabela do Anexo D e da Equação 13 calculou-se os valores referentes às reações de apoio. Através da Tabela do Anexo B e da Equação 14 calculou-se os valores referentes ao momento fletor.

3.4.7. Compatibilização de momentos fletores

As arestas que possuem engastes, apresentam no ponto de engastamento, valores diferentes de momentos fletores, visto que cada placa foi calculada individualmente. Para realizar a correção dos momentos fletores negativos, utilizou-se o maior resultado entre 80% do maior valor de momento fletor e a média entre os dois momentos fletores.

Para os casos de momentos fletores positivos, a correção ocorre em função da correção dos momentos fletores negativos. Desta forma, uma redução no momento fletor negativo acarreta um acréscimo no momento fletor positivo e, para os casos em que há um acréscimo no momento fletor negativo, não é usual realizar uma correção, a fim de trabalhar em favor da segurança da estrutura.

3.4.8. Esforços de tração

Os esforços de tração são originados nas paredes e no fundo do reservatório decorrente da pressão hidrostática (Montoya; Meseguer; Cabré, 2000). Utilizou-se as Equações 17 e 18 para a determinação dos esforços de tração nas placas.

$$N_a = \frac{a \times h^2 \times \gamma_w}{2} \quad (17)$$

$$N_b = \frac{b \times h^2 \times \gamma_w}{2} \quad (18)$$

3.4.9. Armadura da laje de fechamento

Sobre a laje de fechamento atua somente a flexão simples, assim, utilizou-se as Tabelas de Pinheiro (1993), visto que se conhecia os momentos fletores. Para isso, utilizou-se a majoração do momento fletor atuante, de acordo com a Equação 19.

$$Md = M \times 1,4 \quad (19)$$

Onde: Md é o momento de cálculo em KN.m/m.

A determinação do coeficiente Kc é dado pela Equação 20.

$$Kc = \frac{b \times d^2}{Md} \quad (20)$$

Onde: Kc é um coeficiente Tabelado; $b = 100cm$ e d é a altura útil em cm.

Com o valor de Kc determinado, pode-se determinar o valor de Ks através da Tabela do Anexo F. Segundo Montoya, Meseguer e Cabré (2000), área mínima de aço corresponde a 0,2% da área de concreto de cada placa. Assim, o valor de área de aço é de acordo com a Equação 21.

$$As = \frac{Ks \times Md}{d} \geq 0,002 Ac \quad (21)$$

Onde: As é a área de aço em cm^2/m e Ac é a área de concreto

3.4.10. Armadura Paredes e Laje de fundo

Sobre as paredes e a laje de fundo atuam os esforços de tração e flexão, gerando uma flexo-tração. Com o intuito de fixar a utilização apenas de armaduras simples, utilizou-se a Equação 22.

$$X_{34} = 0,628 d \quad (22)$$

Onde: X_{34} é a máxima posição da linha neutra para a utilização de armadura simples.

As Equações 23, 24 e 25 descrevem a sequência a ser utilizada para a determinação da área de aço a ser utilizada.

$$X = 1,25d \left[1 - \sqrt{1 - \frac{Msd}{0,425 x b x d^2 x fcd}} \right] \quad (23)$$

Onde: X é a posição da linha neutra em cm; Msd é o momento solicitante em KN.cm/cm e fcd é a resistência de cálculo do concreto em KN/cm².

$$Msd = Md - Nd(d - \frac{h}{2}) \quad (24)$$

Onde: Nd é a força normal de cálculo.

$$As = \frac{1}{fyd} \left[\frac{Msd}{d-0,4x} + Nd \right] \geq 0,002 Ac \quad (25)$$

Onde: fyd é a resistência de cálculo do aço em KN/cm².

3.4.11. Quantidade de barras

A determinação da quantidade de barras de aço a serem distribuídas em cada placa são de acordo com a Equação 26.

$$N = \frac{As}{A_{barra}} \quad (26)$$

Onde: N é o número de barras necessário e A_{barra} é a área da sessão transversal da barra adota. Adotando uma barra CA-50 de 6,3mm, $A_{barra} = 0,312 \text{ cm}^2$.

3.4.12. Comprimento de ancoragem

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) deve-se considerar um comprimento de ancoragem de barras para que haja uma transmissão integral das forças para o concreto. O cálculo do comprimento de ancoragem é de acordo com a Equação 27.

$$l_{b_{nec}} = \alpha \cdot \left(\frac{\theta}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \right) \cdot \frac{A_{s_{calc}}}{A_{s_{efet}}} \geq l_{b_{mín}} \quad (27)$$

Onde: $l_{b_{nec}}$ é o comprimento de ancoragem necessário em cm; α coeficientes estipulados na NBR 6118 (ABNT, 2014); f_{yd} é a tensão de escoamento do aço; f_{bd} é a resistência de aderência; $A_{s_{calc}}$ é a área de aço calculada; $A_{s_{efet}}$ é a área de aço efetiva e $l_{b_{mín}}$ é o comprimento de ancoragem mínimo.

O cálculo de f_{bd} é de acordo com a Equação 28.

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \frac{0,7(0,3^3 \sqrt{f_{ck}^2})}{\gamma_c} \quad (28)$$

Onde: η_1, η_2 e η_3 são coeficientes estipulados na NBR 6118 (ABNT, 2014) e f_{ck} é resistência característica do concreto;

3.4.13. Espaçamento máximo entre barras

A NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece o espaçamento máximo entre as armaduras de flexão de uma laje como sendo o menor valor entre $2h$ e 20cm, onde h refere-se a espessura da laje.

3.4.14. Orçamento dos módulos

A composição de custos e o orçamento para todas as modulações das caixas de contenções teve como base os serviços e valores propostos pela Tabela de Preços Unitários Compostos divulgada pela Companhia de Saneamento do Paraná (2021).

Como o objetivo do estudo é o desenvolvimento de uma alternativa modular para os reservatórios de contenções de cheias, apenas foi orçada a produção dos mesmos. Para a análise de implantação de um projeto propriamente dito, seria necessário acrescentar outras etapas na análise de viabilidade financeira, como por exemplo o custo de transporte e aluguel de equipamentos de içamentos. Esses

parâmetros não foram considerados, em virtude dos prazos exíguos para execução do trabalho e também pelas restrições de mobilidade para pesquisas “in loco”, causadas pela pandemia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS MÓDULOS

A determinação dos módulos a serem utilizados em cada situação é função da área impermeável do terreno, onde cada uma das faixas de área impermeável possuem uma classe correspondente, de acordo com a Tabela 4. A partir da classificação dos terrenos as demais informações dos módulos serão apresentadas.

Tabela 4 – Classificação dos terrenos

Classe	Área impermeável (m ²)
Classe 1	200
Classe 2	400
Classe 3	600
Classe 4	800
Classe 5	1000

Fonte: Autores (2021)

O volume necessário de amortização, de acordo com o decreto 1733 (Curitiba, 2020), e a variação de volume entre as classes está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Volume de amortização

Classe	Volume amortizado (m ³)	Variação do volume (m ³)
Classe 1	3,2	3,2
Classe 2	6,4	3,2
Classe 3	9,6	3,2
Classe 4	12,8	3,2
Classe 5	16	3,2

Fonte: Autores (2021)

A quantidade dos módulos a serem utilizados por classe está descrita na Tabela 6 e, em todos os casos deve-se considerar o uso de um módulo de entrada e um módulo de saída.

Tabela 6 – Quantidade necessária de módulos

Classe	Quantidade
Classe 1	2
Classe 2	3
Classe 3	4
Classe 4	5
Classe 5	6

Fonte: Autores (2021)

Com os valores referentes a área da base, optou-se por dimensões iguais de largura e comprimento para os módulos de entrada, intermediário e curvo, pois, obtém-se desta forma uma maior quantidade de opções de layout de montagem dos módulos em planta. As dimensões dos módulos estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7 – Dimensões dos módulos

	Altura (m)	Área base (m ²)	Largura (m)	Comprimento (m)
E (Entrada)	1,4	2,29	1,51	1,51
S (Saída)	1,4	1,21	1,51	0,80
I (Intermediário)	1,4	2,29	1,51	1,51
C (Curvo)	1,4	2,29	1,51	1,51

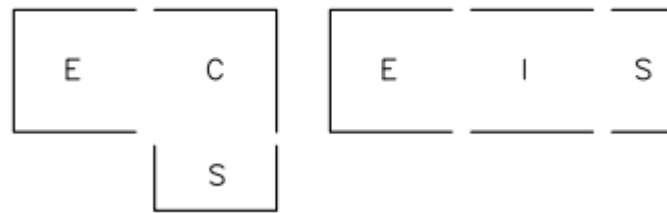
Fonte: Autores (2021)

Com a quantidade de módulos necessária por classe e as dimensões de cada módulo, obteve-se as opções de layout de distribuição em planta do reservatório, de acordo com as Figuras 9 a 13.

Figura 9 – Layouts para classe 1

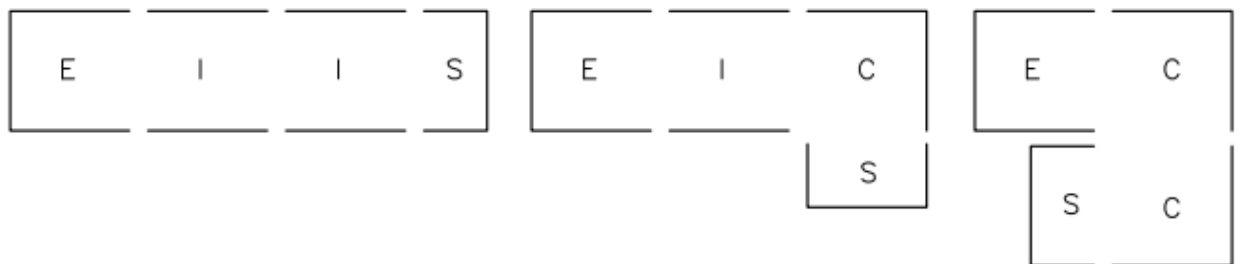
Fonte: Autores (2021)

Figura 10 – Layouts para classe 2



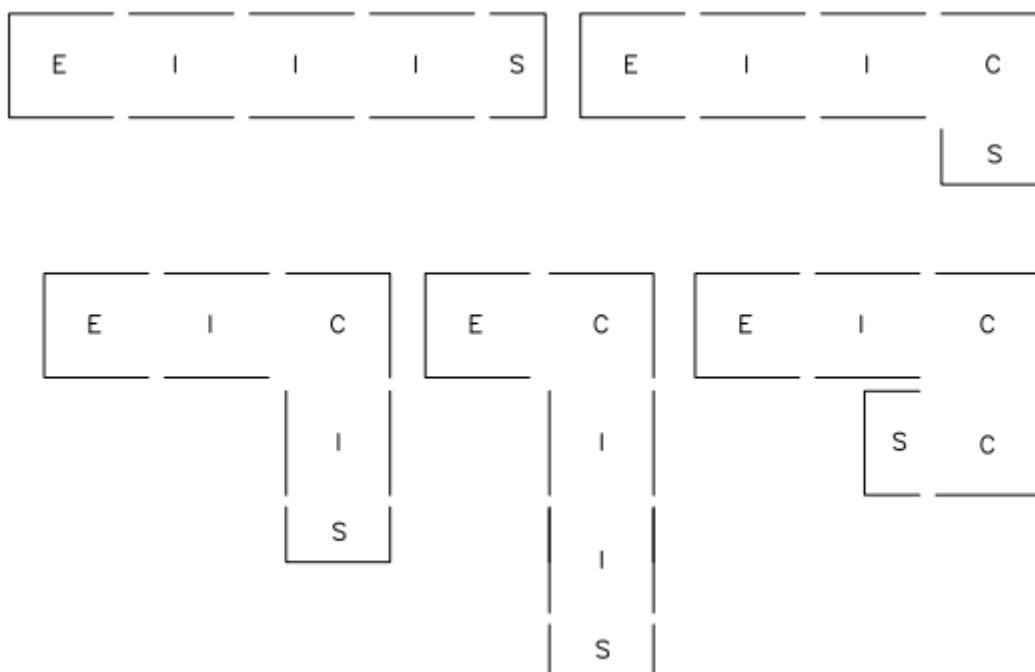
Fonte: Autores (2021)

Figura 11 – Layouts para classe 3



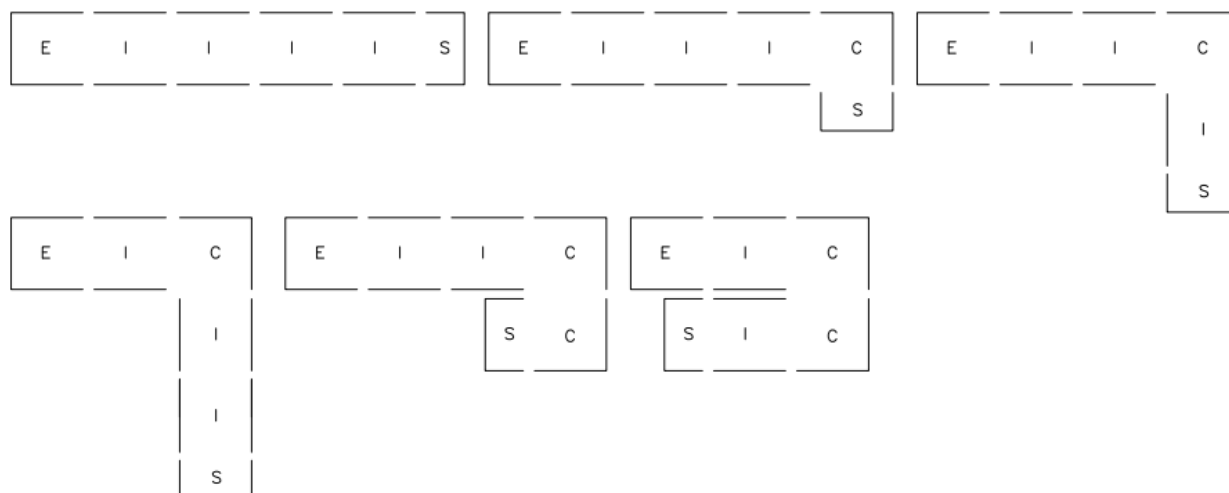
Fonte: Autores (2021)

Figura 12 – Layouts para classe 4



Fonte: Autores (2021)

Figura 13 – Layouts para classe 5



Fonte: Autores (2021)

As plantas e cortes de cada módulo estão detalhadas no apêndice A. Considerou-se placas com 10 cm de espessura, que foram validadas com o dimensionamento estrutural dos módulos.

4.2. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DOS MÓDULOS

4.2.1. Cargas Atuantes

As cargas atuantes nas placas dos módulos estão descritas na Tabela 8, considerando todas as possíveis hipóteses de cálculo.

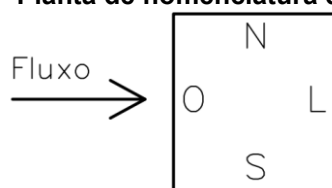
Tabela 8 – Cargas atuantes

	Peso próprio (KN/m ²)	Carga Acidental (KN/m ²)	Pressão Hidrostática (KN/m ²)		Pressão do solo (KN/m ²)	
			Cheio	Vazio	NA=NT	NA<NF
Laje de fechamento	2,50	3,00	-	-	-	-
Paredes	2,50	-	-14,00	0,00	35,84	16,15
Laje de fundo	2,50	-	-14,00	0,00	17,00	0,00

Fonte: Autores (2021)

Com o intuito de identificar as placas que compõem as paredes de cada módulo, utilizou-se a nomenclatura apresentada da Figura 14.

Figura 14 – Planta de nomenclatura das placas



Fonte: Autores (2021)

Os cálculos das reações de apoio e momentos fletores referentes a laje de fechamento de cada um dos quatro módulos estão descritos na Tabela 9.

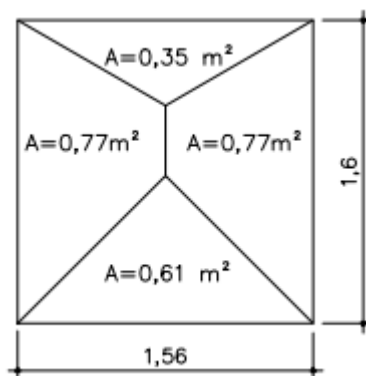
Tabela 9 – Reações de apoio e momentos fletores da laje de fechamento

	Módulo de entrada	Módulo intermediário	Módulo curvo	Módulo de saída
Direções da armadura				
ly (m)	1,71	1,71	1,71	1,71
lx (m)	1,61	1,51	1,61	0,90
λ	1,06	1,13	1,06	1,90
Quantidade de direções da armação	2	2	2	2
Reação de apoio				
vx	2,62	2,83	2,62	3,68
vy	2,50	2,50	2,50	2,50
p (KN/m ²)	5,50	5,50	5,50	5,50
lx (m)	1,61	1,51	1,61	0,90
Vx (KN/m)	2,32	2,35	2,32	1,82
Vy (KN/m)	2,21	2,08	2,21	1,24
Momento Fletor				
γ	1,06	1,13	1,06	1,90
μ_x	4,62	5,38	4,62	9,54
μ_y	4,25	4,25	4,25	3,29
p (KN/m ²)	5,50	5,50	5,50	5,50
lx (m)	1,61	1,51	1,61	0,90
Mx (KN.m)	0,66	0,67	0,66	0,43
My (KN.m)	0,61	0,53	0,61	0,15

Fonte: Autores (2021)

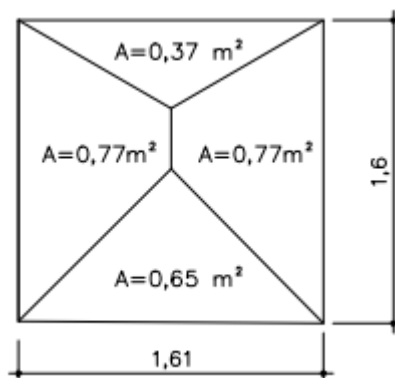
Para a determinação dos momentos fletores das paredes, determinou-se inicialmente a área de influência das placas, de acordo com as Figuras 15 a 18.

Figura 15 – Área de influência das paredes N e S módulo de entrada e curvo



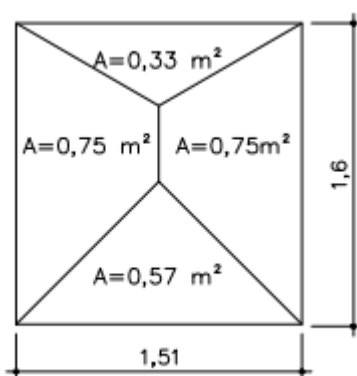
Fonte: Autores (2021)

Figura 16 – Área de influência das paredes L e O



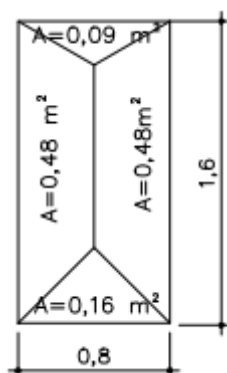
Fonte: Autores (2021)

Figura 17 – Área de influência das paredes N e S módulo intermediário



Fonte: Autores (2021)

Figura 18 – Área de influência das paredes N e S módulo de saída



Fonte: Autores (2021)

A Tabela 10 refere-se às reações de apoio e momentos fletores das paredes N e S. Percebe-se um significativo aumento se comparado a laje de fechamento, visto que essa possui maior sollicitação.

Tabela 10 – Reações de apoio e momentos fletores das paredes N e S

(continua)

	Módulo de entrada	Módulo intermediário	Módulo curvo	Módulo de saída
Direções da armadura				
ly (m)	1,60	1,60	1,60	1,60
lx (m)	1,56	1,51	1,56	0,80
λ	1,03	1,06	1,03	2,00
Quantidade de direções da armação	2	2	2	2
Reação de apoio				
CG (m)	0,53	0,53	0,53	0,53
q (KN/m ²)	12,78	12,78	12,78	12,78
A1 (m ²)	0,77	0,75	0,77	0,48
A2 (m ²)	0,35	0,33	0,35	0,09
A3 (m ²)	0,61	0,57	0,61	0,16
V'y (KN/m)	6,15	5,99	6,15	3,83
V'x (KN/m)	2,87	2,79	2,87	1,44
Vx (KN/m)	5,00	4,82	5,00	2,56
Momento Fletor				
γ	1,03	1,06	1,03	2,00
μ_x	1,11	1,15	1,11	1,24
$\mu'x$	3,40	3,60	3,40	4,48
μ_y	1,19	1,38	1,19	2,43
$\mu'y$	2,85	3,20	2,85	4,98
p (KN/m ²)	38,34	38,34	38,34	38,34
lx (m)	1,56	1,51	1,56	0,80

Tabela 11 – Reações de apoio e momentos fletores das paredes N e S**(continua)**

ly (m)	1,60	1,60	1,60	1,60
Mx (KN.m)	1,04	1,01	1,04	0,30
M'x (KN.m)	3,17	3,15	3,17	1,10
My (KN.m)	1,17	1,35	1,17	2,39
M'y (KN.m)	2,80	3,14	2,80	4,89

Fonte: Autores (2021)

A Tabela 11 refere-se às reações de apoio e momentos fletores das paredes L e O. Neste caso, não há cálculo referente ao módulo intermediário, visto que esse não possui paredes L ou O, apenas as paredes N e O, laje de fechamento e a laje de fundo.

Tabela 12 – Reações de apoio e momentos fletores das paredes L e O**(continua)**

	Módulo de entrada	Módulo curvo	Módulo de saída
Direções da armadura			
ly (m)	1,60	1,60	1,60
lx (m)	1,61	1,61	1,61
λ	1,01	1,01	1,01
Quantidade de direções da armação	2	2	2
Reação de apoio			
CG (m)	0,53	0,53	0,53
q (KN/m ²)	12,78	12,78	12,78
A1 (m ²)	0,77	0,77	0,77
A2 (m ²)	0,37	0,37	0,37
A3 (m ²)	0,65	0,65	0,65
V'y (KN/m)	6,15	6,15	6,15
V'x (KN/m)	2,94	2,94	2,94
Vx (KN/m)	5,16	5,16	5,16
Momento Fletor			
γ	0,99	0,99	0,99
μ_x	1,11	1,11	1,11
$\mu'x$	3,40	3,40	3,40
μ_y	1,19	1,19	1,19
$\mu'y$	2,85	2,85	2,85
p (KN/m ²)	38,34	38,34	38,34
lx (m)	1,61	1,61	1,61

Tabela 13 – Reações de apoio e momentos fletores das paredes L e O

(continua)

ly (m)	1,60	1,60	1,60
Mx (KN.m)	1,10	1,10	1,10
M'x (KN.m)	3,38	3,38	3,38
My (KN.m)	1,18	1,18	1,18
M'y (KN.m)	2,83	2,83	2,83

Fonte: Autores (2021)

A Tabela 12 refere-se às reações de apoio e momentos fletores da laje de fundo.

Tabela 14 – Reações de apoio e momentos fletores da laje de fundo

	Módulo de entrada	Módulo intermediário	Módulo curvo	Módulo de saída
Direções da armadura				
ly (m)	1,71	1,71	1,71	1,71
lx (m)	1,61	1,51	1,61	0,90
λ	1,06	1,13	1,06	1,90
Quantidade de direções da armação	2	2	2	2
Reação de apoio				
vx	2,62	2,83	2,62	3,68
vy	2,50	2,50	2,50	2,50
p (KN/m ²)	19,50	19,50	19,50	19,50
lx (m)	1,61	1,51	1,61	0,90
Vx (KN/m)	8,23	8,33	8,23	6,46
Vy (KN/m)	7,85	7,36	7,85	4,39
Momento Fletor				
γ	1,06	1,13	1,06	1,90
μ_x	2,22	2,65	2,22	3,99
μ'_x	5,50	6,14	5,50	8,24
μ_y	2,00	1,94	2,00	1,01
μ'_y	5,29	5,51	5,29	5,72
p (KN/m ²)	19,50	19,50	19,50	19,50
lx (m)	1,61	1,51	1,61	0,90
Mx (KN.m)	1,12	1,18	1,12	0,63
M'x (KN.m)	2,78	2,73	2,78	1,30
My (KN.m)	1,01	0,86	1,01	0,16
M'y (KN.m)	2,67	2,45	2,67	0,90

Fonte: Autores (2021)

O resumo dos momentos fletores compatibilizados referentes às quatro placas dos módulos estão descritos na Tabela 13 a 16.

Tabela 15 – Compatibilização dos momentos fletores módulo de entrada em KN.m

	-M'x	+Mx	-M'y	+My
Laje de fechamento	-	0,66	-	0,61
Paredes N e S	2,98	1,21	2,82	1,17
Paredes L e O	3,03	1,39	2,82	1,19
Laje de fundo	2,98	1,12	3,03	1,01

Fonte: Autores (2021)

Tabela 16 – Compatibilização dos momentos fletores módulo intermediário em KN.m

	-M'x	+Mx	-M'y	+My
Laje de fechamento	-	0,67	-	0,53
Paredes N e S	2,94	1,32	2,51	1,67
Paredes L e O	1,96	0,00	2,51	0,00
Laje de fundo	2,94	1,18	1,96	0,83

Fonte: Autores (2021)

Tabela 17 – Compatibilização dos momentos fletores módulo curvo em KN.m

	-M'x	+Mx	-M'y	+My
Laje de fechamento	-	0,66	-	0,61
Paredes N e S	2,98	1,21	2,82	1,17
Paredes L e O	3,03	1,39	2,82	1,19
Laje de fundo	2,98	1,12	3,03	1,01

Fonte: Autores (2021)

Tabela 18 – Compatibilização dos momentos fletores módulo de saída em KN.m

	-M'x	+Mx	-M'y	+My
Laje de fechamento	-	0,43	-	0,15
Paredes N e S	1,20	0,30	3,91	2,87
Paredes L e O	2,70	0,84	3,91	1,18
Laje de fundo	1,20	-0,67	2,70	0,16

Fonte: Autores (2021)

Os cálculos referentes aos esforços de tração das placas estão descritos nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 19 – Esforço de tração laje de fundo e paredes N e S

	Módulo de entrada	Módulo intermediário	Módulo curvo	Módulo de saída
b (m)	1,51	1,51	1,51	1,51
h (m)	1,40	1,40	1,40	1,40
h/b	0,93	0,93	0,93	0,93
β parede	0,26	0,26	0,26	0,26
β fundos	0,48	0,48	0,48	0,48
Nap N,S (kN)	3,85	3,85	3,85	3,85
Nap N,S (kN/m)	2,75	2,75	2,75	2,75
Naf N,S (kN)	7,10	7,10	7,10	7,10
Naf N,S (kN/m)	4,70	4,70	4,70	4,70

Fonte: Autores (2021)

Tabela 20 – Esforço de tração laje de fundo e paredes L e O

	Módulo de entrada	Módulo intermediário	Módulo curvo	Módulo de saída
a (m)	1,51	1,51	1,51	1,51
h (m)	1,40	1,40	1,40	1,40
h/a	0,93	0,93	0,93	0,93
β parede	0,15	0,15	0,15	0,15
β fundos	0,70	0,70	0,70	0,70
Nbp L,O (kN)	2,22	2,22	2,22	2,22
Nbp L,O (kN/m)	1,59	1,58	1,59	1,59
Nbf L,O (kN)	10,36	10,36	10,36	10,36
Nbf L,O (kN/m)	6,86	6,86	6,86	6,86

Fonte: Autores (2021)

Os cálculos referentes às quantidades de aço das placas estão apresentados nas Tabelas 19, 20, 21 e 22. Considerou-se um concreto com $f_{ck}=20\text{MPa}$, aço CA-50, espessura da placa de 10cm e altura útil de 6,37cm. A armadura mínima permitida é de $2\text{cm}^2/\text{m}$.

Tabela 21 – Quantidade de aço laje de fechamento

(Continua)

	Módulo de entrada	Módulo intermediário	Módulo curvo	Módulo de saída
Mx				
Kc x (cm^2/kN)	44,00	42,96	44,00	68,20
Ks x (cm^2/kN)	0,02	0,02	0,02	0,02
Mxd (kN.m/m)	0,92	0,94	0,92	0,60
As x (cm^2/m)	0,33	0,34	0,33	0,21

Tabela 22 – Quantidade de aço laje de fechamento

(Continua)

As x utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00	2,00
My				
Kc y (cm ² /kN)	47,84	54,38	47,84	197,75
Ks y (cm ² /kN)	0,02	0,02	0,02	0,02
Myd (kN.m/m)	0,85	0,75	0,85	0,21
As y (cm ² /m)	0,32	0,28	0,32	0,08
As y utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00	2,00

Tabela 23 – Quantidade de aço paredes N e S

	Módulo de entrada	Módulo intermediário	Módulo curvo	Módulo de saída
-M'yd (kN.m/m)	3,94	3,52	3,94	5,48
+Myd (kN.m/m)	1,64	2,34	1,64	4,02
-M'xd (kN.m/m)	4,17	4,11	4,17	1,68
+Mxd (kN.m/m)	1,70	1,85	1,70	0,43
Nd (kN/m)	3,85	3,85	3,85	3,85
-M'yd				
Msd (kN.cm/m)	394,07	351,76	394,07	547,46
x (cm)	0,66	0,59	0,66	0,94
x34	4,00	4,00	4,00	4,00
As (cm ² /m)	1,49	1,32	1,49	2,10
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00	2,10
+M'yd				
Msd (kN.cm/m)	163,49	233,57	163,49	402,34
x (cm)	0,27	0,39	0,27	0,68
x34	4,00	4,00	4,00	4,00
As (cm ² /m)	0,60	0,87	0,60	1,52
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00	2,00
-M'xd				
Kc x (cm ² /kN)	9,74	9,86	9,74	24,14
Ks (cm ² /kN)	0,02	0,02	0,02	0,02
As (cm ² /m)	1,57	1,55	1,57	0,63
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00	2,00
+M'xd				
Kc x (cm ² /kN)	23,86	21,91	23,86	95,25
Ks (cm ² /kN)	0,02	0,02	0,02	0,02
As (cm ² /m)	0,61	0,67	0,61	0,15
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00	2,00

Fonte: Autores (2021)

Para todas as lajes de fechamento dos quatro módulos considerados, os cálculos apontaram o uso da armadura mínima, visto que a área de aço calculada foi inferior a 2 cm²/m e para as paredes N e S, encontrou-se uma área de aço calculada superior área de aço mínima. Na Tabela 21 não foi considerado a módulo intermediário pois não há paredes L e O para este módulo.

Tabela 24 – Quantidade de aço paredes L e O

	Módulo de entrada	Módulo curvo	Módulo de saída
-M'yd (kN.m/m)	3,94	3,94	5,48
+Myd (kN.m/m)	1,67	1,67	1,66
-M'xd (kN.m/m)	4,24	4,24	3,78
+Mxd (kN.m/m)	1,94	1,94	1,17
Nd (kN/m)	2,22	2,22	2,22
-M'yd			
Msd (kN.cm/m)	394,07	394,07	547,46
x (cm)	0,66	0,66	0,94
x34	4,00	4,00	4,00
As (cm ² /m)	1,49	1,49	2,10
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,10
+M'yd			
Msd (kN.cm/m)	166,76	166,76	165,54
x (cm)	0,27	0,27	0,27
x34	4,00	4,00	4,00
As (cm ² /m)	0,61	0,61	0,61
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00
-M'xd			
Kc x (cm ² /kN)	9,58	9,58	10,72
Ks (cm ² /kN)	0,02	0,02	0,02
As (cm ² /m)	1,53	1,53	1,37
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00
+M'xd			
Kc x (cm ² /kN)	20,92	20,92	34,60
Ks (cm ² /kN)	0,02	0,02	0,02
As (cm ² /m)	0,70	0,70	0,42
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00

Fonte: Autores (2021)

A área de aço das paredes L e O do módulo de saída apontou uma área de aço superior a 2cm²/m, desta forma, o valor considerado deve ser o da área de aço calculada. A área de aço das lajes de fundo em todos os módulos apontou para a armadura mínima.

Tabela 25 - Quantidade de aço laje de fundo

	Módulo de entrada	Módulo intermediário	Módulo curvo	Módulo de saída
-M'yd (kN.m/m)	4,24	2,74	4,24	3,78
+Myd (kN.m/m)	1,42	1,16	1,42	0,22
-M'xd (kN.m/m)	4,17	4,11	4,17	1,68
+Mxd (kN.m/m)	1,57	1,65	1,57	-0,94
Ndy (kN/m)	6,59	6,59	6,59	6,59
Ndx (kN/m)	9,60	9,60	9,60	9,60
-M'yd				
Msd (kN.cm/m)	423,68	274,33	423,68	378,44
x (cm)	0,72	0,46	0,72	0,64
x34	4,00	4,00	4,00	4,00
As (cm ² /m)	1,60	1,02	1,60	1,42
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00	2,00
+M'yd				
Msd (kN.cm/m)	141,48	116,29	141,48	22,28
x (cm)	0,23	0,19	0,23	0,04
x34	4,00	4,00	4,00	4,00
As (cm ² /m)	0,52	0,43	0,52	0,08
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00	2,00
-M'xd				
Msd (kN.cm/m)	416,64	411,37	416,64	168,01
x (cm)	0,70	0,70	0,70	0,28
x34	4,00	4,00	4,00	4,00
As (cm ² /m)	1,58	1,55	1,58	0,62
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00	2,00
+M'xd				
Msd (kN.cm/m)	157,04	164,90	157,04	-94,47
x (cm)	0,26	0,27	0,26	-0,15
x34	4,00	4,00	4,00	4,00
As (cm ² /m)	0,58	0,61	0,58	-0,34
As utilizada (cm ² /m)	2,00	2,00	2,00	2,00

Fonte: Autores (2021)

O resumo da área de aço utilizado nas placas que compõem cada módulo está descrito na Tabela 23.

Tabela 26 – Área de aço (cm²/m)

	Módulo de entrada	Módulo intermediário	Módulo curvo	Módulo de saída
Laje de fechamento				
As x	2,00	2,00	2,00	2,00
As y	2,00	2,00	2,00	2,00
Paredes N e S				
As x	2,00	2,00	2,00	2,00
As y	2,00	2,00	2,00	2,10
Paredes L e O				
As x	2,00	2,00	2,00	2,00
As y	2,00	2,00	2,00	2,10
Laje de fundo				
As x	2,00	2,00	2,00	2,00
As y	2,00	2,00	2,00	2,00

Fonte: Autores (2021)

A quantidade de barras utilizada em cada uma das placas que compõem os módulos está descrita na Tabela 24. Os valores calculados foram calculados observando o máximo espaçamento permitido entre barras.

Tabela 27 – Quantidade de barras de aço

	Módulo de entrada	Módulo intermediário	Módulo curvo	Módulo de saída
Laje de fechamento				
x	8	8	8	7
y	9	9	9	9
Paredes N e S				
x	8	8	8	7
y	8	8	8	8
Paredes L e O				
x	8	8	8	8
y	8	8	8	8
Laje de fundo				
x	8	8	8	7
y	9	9	9	9

Fonte: Autores (2021)

O comprimento de ancoragem utilizado em cada uma das placas que compõem os módulos está descrito na Tabela 25. Considerou-se barras nervuras, em situação de boa aderência e sem gancho.

Tabela 28 – Comprimento de ancoragem em cm

	Módulo de entrada	Módulo intermediário	Módulo curvo	Módulo de saída
Laje de fechamento				
x	23	23	23	25
y	20	20	20	20
Paredes N e S				
x	23	23	23	25
y	23	23	23	23
Paredes L e O				
x	23	23	23	23
y	23	23	23	23
Laje de fundo				
x	23	23	23	25
y	20	20	20	20

Fonte: Autores (2021)

O detalhamento das barras de aço consta no apêndice A.

4.1. ORÇAMENTO

Com base na Tabela de Preços Unitários Compostos, fornecida pela SANEPAR (2021), realizou-se o custeio de cada um dos módulos desenvolvidos e apresentados no Apêndice B.

Tabela 29 – Composição de preços por módulo

Tipologia	Custo de produção (R\$)
Módulo de entrada	2867,26
Módulo intermediário	2313,10
Módulo curvo	2442,06
Módulo de saída	2403,74

Fonte: Autores (2021)

Através desses valores, foi possível calcular o custo de produção das peças para cada uma das classes de residências.

Tabela 30 - Preço dos módulos por classe de residências

Classe	Custo total dos módulos (R\$)
Classe 1	5270,99
Classe 2	7584,09
Classe 3	10026,15
Classe 4	12468,20
Classe 5	14781,30

Fonte: Autores (2021)

Pode-se notar uma variação em 43,88% quando é adicionado um módulo intermediário em relação a um sistema mais simples composto apenas pelo módulo de entrada e pelo módulo de saída, porém não sendo inserido como o dobro do valor de alocação de dois sistemas para conter a mesma vazão.

Ao se comparar os custos entre a classe mais simples e a classe mais complexa, obteve-se uma variação de R\$9510,31 no valor total. Porém há uma diferença de custos de 5,58% entre os dois modelos intermediários, os quais são alocados obrigatoriamente entre o de entrada e o de saída, pois esses são os mínimos necessários para o funcionamento do sistema. Esta diferença se dá principalmente devido à dificuldade e tamanhos de formas a mais.

5. CONCLUSÃO

Os reservatórios de amortecimento de pico modulares propostos pelo presente trabalho, permitem a amortização de regiões com uma até 1000 m² de área impermeável, de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo decreto 1733 (Curitiba, 2020).

Estabeleceu-se dimensões padrões para as quatro tipologias de módulos propostos: módulo de entrada, módulo intermediário, módulo curvo e módulo de saída. Desta forma, apenas com a informação referente a área impermeável do lote, pode-se definir a quantidade de módulos que serão necessários e todas as demais características técnicas necessárias para a especificação do reservatório de amortecimento de pico em cada caso.

Os custos referentes a implantação deste sistema possuem uma variação entre R\$ 5.270,99 e R\$ 14.781,30, que variam em função da área impermeável que deve ser amortizada. A variação de valor entre as classes é de respectivamente 44%, 32%, 24% e 19%.

Após a determinação das características obtidas pela área impermeável, o responsável pela implantação dos reservatórios de amortecimento de pico em um terreno tem a possibilidade de escolher a melhor distribuição em planta dos módulos. Desta forma, o uso dos reservatórios modulares permite uma personalização que visa garantir o atendimento abrangente dos terrenos com uma área impermeável de até 1000 m².

Nas questões que se referem ao canteiro de obras, o uso de reservatório de amortecimento de pico modulares tende a gerar um ganho significativo de produção, visto que será necessária a realização apenas da montagem sequencial dos módulos e a união entre os mesmos. Além disso, por se tratar de um processo industrial, este tipo de sistema apresenta uma qualidade e a segurança maior para os usuários em relação a uma execução no local.

A elaboração dos projetos legais para a aprovação em órgãos públicos também terá ganhos na produtividade, pois a memória de cálculos e os detalhamentos do sistema já estão concebidos por este estudo.

Portanto, através do estudo realizado, pode-se afirmar que o uso de reservatórios de amortecimentos de pico modulares são uma solução tecnicamente

viável e que pode colaborar com uma maior adesão da população para esta solução que colabora com o controle de enchentes nas regiões urbanas.

Com relação a possibilidades de estudos baseados neste projeto apresentado, pode ser sugerido o desenvolvimento de um orçamento de implantação desta tecnologia em uma indústria de pré-fabricados, a realização de um projeto estrutural executivo mais detalhado, onde as peças possam ser produzidas a partir de uma única concretagem, ou mesmo um novo modelo de caixas, variando a medida das bases e alturas de lâmina de água para poder ser implementado em lotes mais estreitos ou com limitações de espaço de implantação, permitindo também um comparativo de preços entre o realizado neste trabalho e o novo modelo a ser proposto.

REFERÊNCIAS

AGRA, S. G. **Estudo experimental de microrreservatórios para controle do escoamento superficial**. 2001. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890**: Execução de obras de esgoto e drenagem com tubos e aduelas de concreto. Rio de Janeiro. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estrutura de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16584**: Galeria técnica pré-moldada em concreto para compartilhamento de infraestrutura e ordenamento do subsolo – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15396**: Aduelas (galerias celulares) de concreto armado pré-moldadas – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16085**: Poços de visita e inspeção pré-moldados em concreto armado para sistemas enterrados – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15645**: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro. 2020.

BEENEN, A. S.; BOOGAARD, F. C. **Lessons from ten years storm water infiltration in the Dutch Delta**. Novatech, Lyon, p. 1139-1146, 2007. Disponível em: http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/25161/1139_089beenen.pdf. Acesso em: 10 abr. 2021.

CAIADO, S. B. **Análise de estabilidade de taludes**. Slide player, 2015. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/4907694/#.YQ6VrEdLrl0.whatsapp>>. Acesso em: 04 de ago. de 2021.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

COLAÇO, T. R. **Análise do Dimensionamento Estrutural de Reservatórios Retangulares em Concreto Armado**. 2017. 135 f. Dissertação (TCC) – Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul, 2017.

CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. da. **Controle do escoamento com detenção em lotes urbanos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 19-31, out./dez. 1998. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/12/controlado-escoamento-com-detencao-em-lotes-urbanos.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2021.

CURITIBA. **Decreto nº 176, de 20 de março de 2007**. Dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias. Curitiba: Prefeitura Municipal. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2007/17/176/decreto-n-176-2007-dispoe-sobre-os-criterios-para-implantacao-dos-mecanismos-de-contencao-de-cheias>. Acesso em: 20 mar. de 2021.

CURITIBA. **Decreto nº 1733, de 18 de dezembro de 2020**. Dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias para retenção de águas pluviais. Curitiba: Prefeitura Municipal. Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2021/00310448.pdf>. Acesso em: 20 mar. de 2021.

DIAS, G. E. L. **Estudo de viabilidade de reservatórios coletivos no amortecimento de vazões de pico em drenagem de águas pluviais para um condomínio em Curitiba – PR**. 2015. 85 f. Dissertação (TCC) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

EXECUÇÃO de obras com tubos pré-moldados em concreto. **Revista AdNormas**, 2020. Disponível em: <<https://revistaadnormas.com.br/2020/09/08/a-execucao-de-obras-com-tubos-pre-moldados-em-concreto>>. Acesso em: 28 Mar. 2021.

FLORESTA, C. **Como especificar galerias de pré-moldados de concreto**. Saneamento, Infraestrutura PINI, Artigo Edição 19, 2012.

FUNASA. **Relatório final dos Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado**. Fundação Nacional de Saúde, Brasília: Funasa, 2010.

GRANDO, D. et al. Impactos de Inundações em Áreas Urbanas: O Caso de Francisco Beltrão/Pr. **Revistas UFPR**, 2020. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Procesosambientales/Hidrologia/07.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2021.

GUERRA, A. E. **Qualidade e Eficiência dos Serviços de Saneamento**. In: ATLAS de Saneamento. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011, p. 27-44.

HOLTZ, F. C. **Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental**. 2011. 138 f. Dissertação (Pós-Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional por amostra de domicílio de 2015**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

JÚNIOR, M N G J. **4 Tipos de parâmetros de projetos necessários para o projeto de um muro de arrimo**. Engenheiro planilheiro, 2019. Disponível em: <<https://engenheiroplanilheiro.com.br/2019/02/24/4-tipos-de-parametros-de-projeto-necessarios-para-o-projeto-de-um-muro-de-arrimo/>>. Acesso em: 02 de ago. de 2021.

MENDONÇA, E. C. **Metodologia para a avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana**. 2009. 193 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

NAKAZONE, L. M. **Implantação de reservatórios de retenção em conjuntos habitacionais: a experiência da CDHU**. 2005. 287 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

NEVES, M. G. F.P. **Quantificação de resíduos sólidos na drenagem urbana**. 2006. 249 f. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

MONTOYA, P.J.; MESEGUER, A. G.; CABRE, F. M. **Hormigon armado**. 14. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2000.

Organização Pan-Americana da Saúde. **Desastres Naturais e Saúde no Brasil**. Fundação Oswaldo Cruz – Ministério da Saúde. Brasília, 2014.

PEIXOTO, V. C. **Análise paramétrica e dimensionamento de poços de infiltração para fins de drenagem urbana**. 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

PINHEIRO, L. M. **Concreto armado: Tabelas e ábacos**. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, Departamento de Engenharia de Engenharia de Estruturas, 1993.

PORTO ALEGRE. **Decreto nº 18.611, de 9 de abril De 2014**. Porto Alegre: Prefeitura Municipal. Dispõe sobre o regulamenta o controle da drenagem urbana. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Porto Alegre. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000033997.DOCN.&l=20&u=%2Fnetahtml%2Fsirel%2Fsimples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>. Acesso em: 29 de mar. de 2021.

RECIFE. **Lei nº 18.112 de 2015**. Recife: Prefeitura Municipal. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1812/18112/lei->

ordinaria-n-18112-2015-dispoe-sobre-a-melhoria-da-qualidade-ambiental-das-edificacoes-por-meio-da-obrigatoriedade-de-instalacao-do-telhado-verde-e-construcao-de-reservatorios-de-acumulo-ou-de-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem-e-da-outras-providencias?q=18112. Acesso em: 29 de mar. de 2021.

SANEPAR. **Tabela de preços unitários compostos – fevereiro/2021**. Disponível em: <https://site.sanepar.com.br/categoria/informacoes-tecnicas/Tabelas-de-precos>. Acesso em: 24 jun. de 2021.

SÃO PAULO. **Lei nº 12.526 de janeiro de 2007**. São Paulo: Prefeitura Municipal. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>. Acesso em: 29 de mar. de 2021.

SIRTOLI, A. S. C. **Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricas de concreto e suas aplicações**. 2015. 77f. Dissertação (TCC) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2015.

SOUZA, R. C. C. **Análise da utilização de reservatórios de contenção de cheias em edificações e o seu impacto no sistema de drenagem urbana**. 2013. 177 f. Dissertação (TCC) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual de Drenagem Urbana - Região Metropolitana de Curitiba/PR**. Curitiba, dez. de 2002. Disponível em: http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mdu_versao01.pdf. Acesso em: 29 mar. 2021.

TASSI, R. **Efeito dos microrreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana**. 2002. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana**. Ciência e Cultura, São Paulo, out. de 2003. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020>. Acesso em: 29 de mar. de 2021.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, vol. 22, nº 63, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/SfqYWrhrvkxybFsjYQtx7v/?lang=en&format=pdf>. Acessado em: 10 abr. 2021.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: ABRH – Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

VICENTINI, T. A. **Análise do efeito da urbanização nas cheias urbanas – Monitoramento de bacias experimentais**. 2000. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

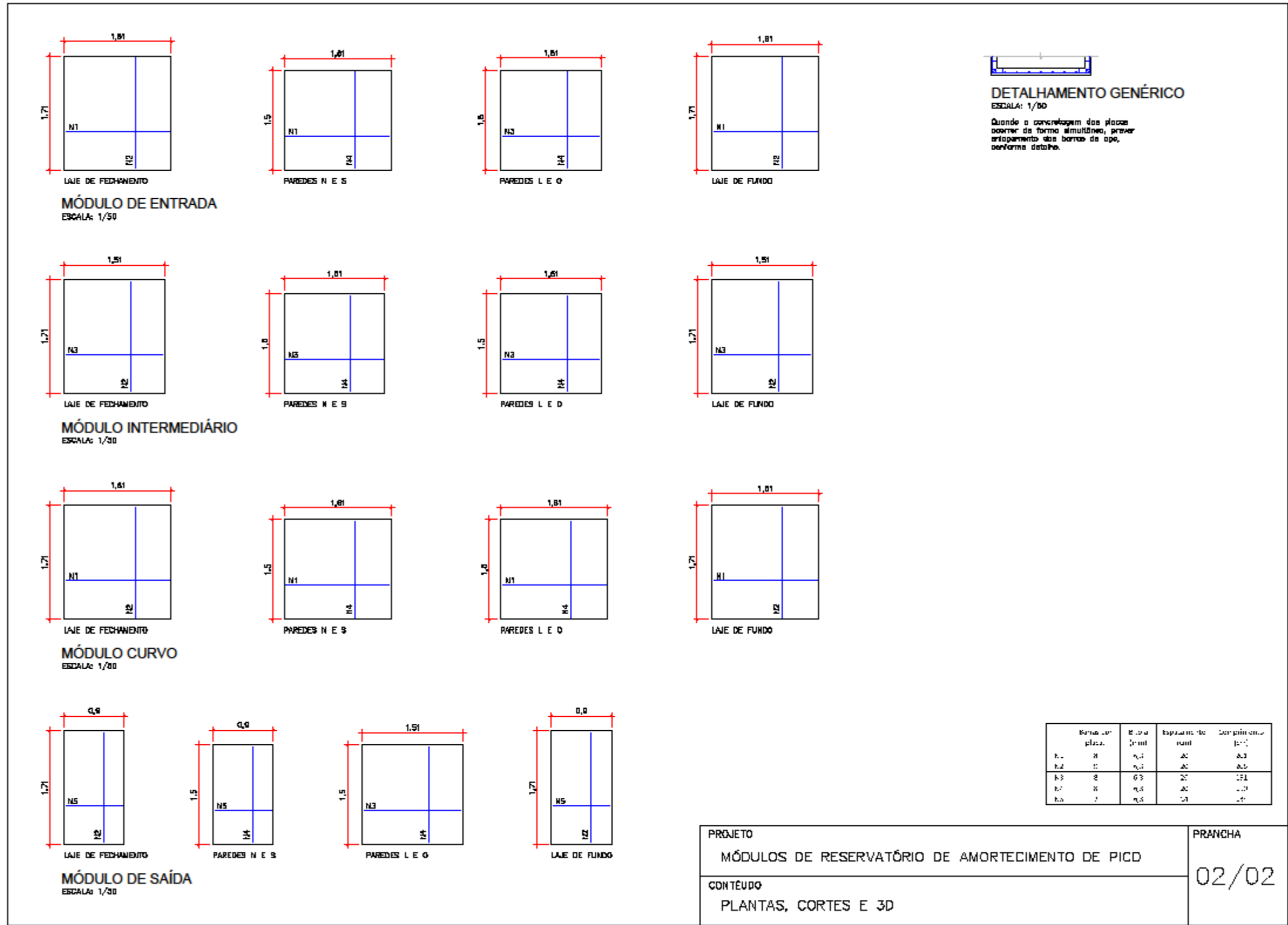
APÊNDICE A - PROJETO DE RESERVATÓRIOS DE AMORTECIMENTO DE PICO

(Continua)

<p>PLANTA</p>	<p>CORTE AA</p>	<p>PERSPECTIVA</p>
<p>MÓDULO DE ENTRADA ESCALA: 1/50</p>		
<p>PLANTA</p>	<p>CORTE AA</p>	<p>PERSPECTIVA</p>
<p>MÓDULO INTERMEDIÁRIO ESCALA: 1/50</p>		
<p>PLANTA</p>	<p>CORTE AA</p>	<p>PERSPECTIVA</p>
<p>MÓDULO CURVO ESCALA: 1/50</p>		
<p>PLANTA</p>	<p>CORTE AA</p>	<p>PERSPECTIVA</p>
<p>MÓDULO DE SAÍDA ESCALA: 1/50</p>		
<p>PROJETO MÓDULOS DE RESERVATÓRIO DE AMORTECIMENTO DE PICO</p> <p>CONTEÚDO PLANTAS, CORTES E 3D</p>		<p>PRANCHA 01/02</p>

APÊNDICE A - PROJETO DE RESERVATÓRIOS DE AMORTECIMENTO DE PICO

(Continua)



APÊNDICE B - DEMONSTRATIVO DE ORÇAMENTOS

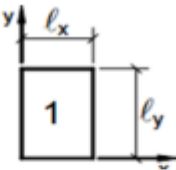
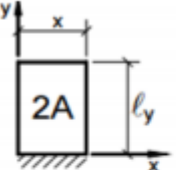
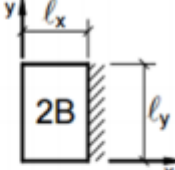
MÓDULO DE ENTRADA				
SERVIÇO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (em R\$)	QUANTITATIVO	CUSTO TOTAL (em R\$)
FORMA PARA LAJE				
Chapa resinada e= 12 mm	m ²	64,08	7,0366	450,91
FORMA PARA PAREDE				
Plana em chapa resinada e= 12 mm (considerando 12 reaproveitamentos)	m ²	81,59	15,019	1225,40
ARMADURA				
Em aço CA-50	kg	14,25	32,44336	462,32
CONCRETO USINADO				
fck = 20,0 MPa - slump 5	m ³	343,39	1,231845666	423,00
BOMBEAMENTO DE CONCRETO				
Bombeamento de concreto usinado	m ³	36,53	1,231845666	45,00
ESCAVAÇÃO MANUAL, NÃO EM VALAS, EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA				
Profundidade 1 m < h <= 2 m	m ³	47,56	4,68027	222,59
CARGA E DESCARGA DE SOLOS				
Qualquer tipo de solo exceto rocha	m ³	2,27	4,68027	10,62
TRANSPORTE DE SOLOS				
Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m ³ x 10km	10,40	4,68027	48,67
CUSTO DE PRODUÇÃO DO MÓDULO				2888,52

MÓDULO DE INTERMEDIÁRIO				
SERVIÇO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (em R\$)	QUANTITATIVO	CUSTO TOTAL (em R\$)
FORMA PARA LAJE				
Chapa resinada e= 12 mm	m ²	64,08	6,6266	424,63
FORMA PARA PAREDE				
Plana em chapa resinada e= 12 mm (considerando 12 reaproveitamentos)	m ²	81,59	10,034	818,67
ARMADURA				
Em aço CA-50	kg	14,25	31,84816	453,84
CONCRETO USINADO				
fck = 20,0 MPa - slump 5	m ³	343,39	0,96942	332,89
BOMBEAMENTO DE CONCRETO				
Bombeamento de concreto usinado	m ³	36,53	0,96942	35,41
ESCAVAÇÃO MANUAL, NÃO EM VALAS, EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA				
Profundidade 0 m < h <= 2 m	m ³	47,56	4,38957	208,77
CARGA E DESCARGA DE SOLOS				
Qualquer tipo de solo exceto rocha	m ³	2,27	4,38957	9,96
TRANSPORTE DE SOLOS				
Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m ³ x 10km	10,40	4,38957	45,65
CUSTO DE PRODUÇÃO DO MÓDULO				2329,83

MÓDULO CURVO				
SERVIÇO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (em R\$)	QUANTITATIVO	CUSTO TOTAL (em R\$)
FORMA PARA LAJE				
Chapa resinada e= 12 mm	m ²	64,08	7,0366	450,91
FORMA PARA PAREDE				
Plana em chapa resinada e= 12 mm (considerando 12 reaproveitamentos)	m ²	81,59	10,654	869,26
ARMADURA				
Em aço CA-50	kg	14,25	32,64176	465,15
CONCRETO USINADO				
fck = 20,0 MPa - slump 5	m ³	343,39	1,03362	354,93
BOMBEAMENTO DE CONCRETO				
Bombeamento de concreto usinado	m ³	36,53	1,03362	37,76
ESCAVAÇÃO MANUAL, NÃO EM VALAS, EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA				
Profundidade 0 m < h <= 2 m	m ³	47,56	4,68027	222,59
CARGA E DESCARGA DE SOLOS				
Qualquer tipo de solo exceto rocha	m ³	2,27	4,68027	10,62
TRANSPORTE DE SOLOS				
Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m ³ x 10km	10,40	4,68027	48,67
CUSTO DE PRODUÇÃO DO MÓDULO				2459,90

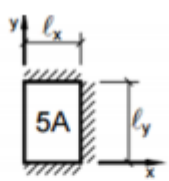
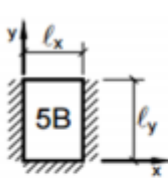
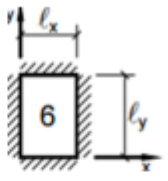
MÓDULO DE SAÍDA				
SERVIÇO	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO (em R\$)	QUANTITATIVO	CUSTO TOTAL (em R\$)
FORMA PARA LAJE				
Chapa resinada e= 12 mm	m ²	64,08	4,1256	264,37
FORMA PARA PAREDE				
Plana em chapa resinada e= 12 mm (considerando 12 reaproveitamentos)	m ²	81,59	14,982	1222,38
ARMADURA				
Em aço CA-50	kg	14,25	27,45856	391,28
CONCRETO USINADO				
fck = 20,0 MPa - slump 5	m ³	343,39	1,015061864	348,56
BOMBEAMENTO DE CONCRETO				
Bombeamento de concreto usinado	m ³	36,53	1,015061864	37,08
ESCAVAÇÃO MANUAL, NÃO EM VALAS, EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA				
Profundidade 0 m < h <= 2 m	m ³	47,56	2,6163	124,43
CARGA E DESCARGA DE SOLOS				
Qualquer tipo de solo exceto rocha	m ³	2,27	2,6163	5,94
TRANSPORTE DE SOLOS				
Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m ³ x 10km	10,40	2,6163	27,21
CUSTO DE PRODUÇÃO DO MÓDULO				2421,26

ANEXO B - MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA UNIFORME

Tipos								
	μ_x	μ_y	μ_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ'_x	μ_y
$\gamma = \frac{l_y}{l_x}$								
1,00	4,23	4,23	2,91	3,54	8,40	3,54	8,40	2,91
1,05	4,62	4,25	3,26	3,64	8,79	3,77	8,79	2,84
1,10	5,00	4,27	3,61	3,74	9,18	3,99	9,17	2,76
1,15	5,38	4,25	3,98	3,80	9,53	4,19	9,49	2,68
1,20	5,75	4,22	4,35	3,86	9,88	4,38	9,80	2,59
1,25	6,10	4,17	4,72	3,89	10,16	4,55	10,06	2,51
1,30	6,44	4,12	5,09	3,92	10,41	4,71	10,32	2,42
1,35	6,77	4,06	5,44	3,93	10,64	4,86	10,54	2,34
1,40	7,10	4,00	5,79	3,94	10,86	5,00	10,75	2,25
1,45	7,41	3,95	6,12	3,91	11,05	5,12	10,92	2,19
1,50	7,72	3,89	6,45	3,88	11,23	5,24	11,09	2,12
1,55	7,99	3,82	6,76	3,85	11,39	5,34	11,23	2,04
1,60	8,26	3,74	7,07	3,81	11,55	5,44	11,36	1,95
1,65	8,50	3,66	7,28	3,78	11,67	5,53	11,48	1,87
1,70	8,74	3,58	7,49	3,74	11,79	5,61	11,6	1,79
1,75	8,95	3,53	7,53	3,69	11,88	5,68	11,72	1,74
1,80	9,16	3,47	7,56	3,63	11,96	5,75	11,84	1,68
1,85	9,35	3,38	8,10	3,58	12,05	5,81	11,94	1,67
1,90	9,54	3,29	8,63	3,53	12,14	5,86	12,03	1,59
1,95	9,73	3,23	8,86	3,45	12,17	5,90	12,08	1,54
2,00	9,91	3,16	9,08	3,36	12,20	5,94	12,13	1,48
> 2,00	12,50	3,16	12,50	3,36	12,20	7,03	12,50	1,48

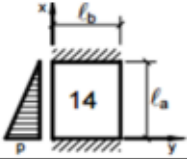
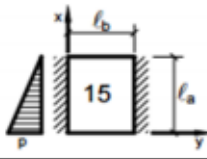
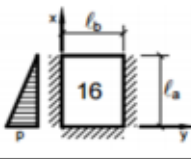
Fonte: Pinheiro (1993)

ANEXO C - MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA UNIFORME

Tipos												
	$\gamma = \frac{l_y}{l_x}$	μ_x	μ'_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ'_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ'_x	μ_y
1,00	2,02	5,46	2,52	6,17	2,52	6,17	2,02	5,46	2,02	5,15	2,02	5,15
1,05	2,27	5,98	2,56	6,46	2,7	6,47	1,97	5,56	2,22	5,5	2,00	5,29
1,10	2,52	6,50	2,60	6,75	2,87	6,76	1,91	5,65	2,42	5,85	1,98	5,43
1,15	2,76	7,11	2,63	6,67	3,02	6,99	1,84	5,70	2,65	6,14	1,94	5,51
1,20	3,00	7,72	2,65	7,19	3,16	7,22	1,77	5,75	2,87	6,43	1,89	5,59
1,25	3,23	8,81	2,64	7,36	3,28	7,4	1,70	5,75	2,97	6,67	1,83	5,64
1,30	3,45	8,59	2,61	7,51	3,40	7,57	1,62	5,76	3,06	6,9	1,77	5,68
1,35	3,66	8,74	2,57	7,63	3,50	7,70	1,55	5,75	3,19	7,09	1,71	5,69
1,40	3,86	8,88	2,53	7,74	3,59	7,82	1,47	5,74	3,32	7,28	1,65	5,70
1,45	4,05	9,16	2,48	7,83	3,67	7,91	1,41	5,73	3,43	7,43	1,57	5,71
1,50	4,23	9,44	2,43	7,91	3,74	8,00	1,35	5,72	3,53	7,57	1,49	5,72
1,55	4,39	9,68	2,39	7,98	3,80	8,07	1,29	5,69	3,61	7,68	1,43	5,72
1,60	4,50	9,91	2,34	8,02	3,86	8,14	1,23	5,66	3,69	7,79	1,36	5,72
1,65	4,70	10,13	2,28	8,03	3,91	8,20	1,18	5,62	3,76	7,88	1,29	5,72
1,70	4,84	10,34	2,22	8,10	3,95	8,25	1,13	5,58	3,83	7,97	1,21	5,72
1,75	4,97	10,53	2,15	8,13	3,99	8,30	1,07	5,56	3,88	8,05	1,17	5,72
1,80	5,10	10,71	2,08	8,17	4,02	8,34	1,00	5,54	3,92	8,12	1,13	5,72
1,85	5,20	10,88	2,02	8,16	4,05	8,38	0,97	5,55	3,96	8,18	1,07	5,72
1,90	5,30	11,04	1,96	8,14	4,08	8,42	0,94	5,56	3,99	8,24	1,01	5,72
1,95	5,40	11,20	1,88	8,13	4,10	8,45	0,91	5,60	4,02	8,29	0,99	5,72
2,00	5,50	11,35	1,80	8,12	4,12	8,47	0,88	5,64	4,05	8,33	0,96	5,72
>2,00	7,03	12,50	1,80	8,12	4,17	8,33	0,88	5,64	4,17	8,33	0,96	5,72

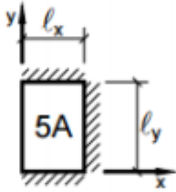
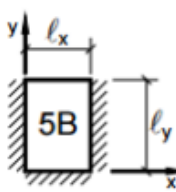
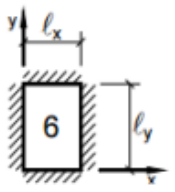
Fonte: Pinheiro (1993)

ANEXO D - MOMENTOS FLETORES EM LAJES COM CARGA TRIANGULAR

Tipos											
	$\gamma = \frac{l_y}{l_x}$	μ_x	μ'_{xi}	μ_{xs}	μ_y	μ_x	μ_y	μ'_y	μ_x	μ'_x	μ'_y
< 0,50	2,15	5,00	3,33	0,68	6,41	1,80	6,12	2,98	6,67	0,96	3,60
0,50	2,13	5,12	3,36	0,68	4,42	1,80	6,12	2,59	6,14	0,96	3,60
0,60	2,08	5,06	3,33	0,78	3,52	1,94	5,61	2,27	5,65	0,89	3,58
0,65	2,04	5,00	3,29	0,83	3,15	1,96	5,42	2,10	5,35	1,03	3,53
0,70	1,99	4,93	3,24	0,88	2,78	1,98	5,22	1,92	5,05	1,16	3,47
0,75	1,93	4,83	3,17	0,92	2,52	1,94	4,99	1,75	4,75	1,21	3,38
0,80	1,87	4,72	3,09	0,95	2,26	1,89	4,75	1,57	4,45	1,25	3,28
0,90	1,74	4,56	2,90	0,99	1,86	1,77	4,23	1,33	3,89	1,23	3,06
0,95	1,67	4,44	2,79	1,00	1,69	1,69	3,99	1,22	3,65	1,21	2,96
1,00	1,60	4,32	2,67	1,01	1,51	1,62	3,75	1,11	3,40	1,19	2,85
1,10	1,79	4,96	2,94	1,34	1,54	1,81	4,02	1,15	3,60	1,38	3,20
1,15	1,87	5,23	3,03	1,51	1,55	1,89	4,14	1,15	3,69	1,47	3,36
1,20	1,94	5,50	3,15	1,67	1,56	1,97	4,26	1,16	3,78	1,54	3,51
1,25	2,02	5,75	3,23	1,84	1,53	2,04	4,38	1,16	3,84	1,61	3,66
1,35	2,11	6,33	3,35	2,21	1,50	2,17	4,57	1,18	3,99	1,73	3,92
1,40	2,15	6,61	3,39	2,39	1,47	2,23	4,67	1,19	4,05	1,79	4,05
1,45	2,18	6,82	3,45	2,56	1,46	2,28	4,75	1,20	4,11	1,84	4,16
1,5	2,21	7,04	3,51	2,72	1,44	2,32	4,82	1,21	4,18	1,9	4,27
1,60	2,23	7,37	3,61	3,03	1,41	2,40	5,06	1,23	4,27	2,02	4,46
1,65	2,22	7,49	3,63	3,20	1,37	2,44	5,15	1,23	4,30	2,08	4,55
1,70	2,22	7,60	3,64	3,37	1,33	2,47	5,23	1,23	4,33	2,13	4,63
1,75	2,24	7,77	3,68	3,51	1,31	2,49	5,32	1,25	4,38	2,18	4,69
1,80	2,27	7,94	3,73	3,66	1,30	2,51	5,41	1,26	4,44	2,23	4,75
1,90	2,31	8,23	3,75	3,95	1,23	2,54	5,57	1,26	4,51	2,33	4,86
1,95	2,30	8,32	3,74	4,10	1,17	2,56	5,65	1,25	4,50	2,38	4,92
2,00	2,28	8,40	3,72	4,24	1,12	2,58	5,72	1,24	4,48	2,43	4,98

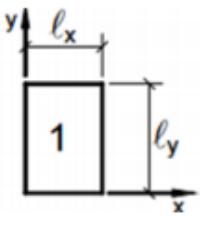
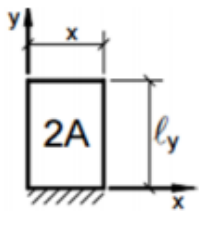
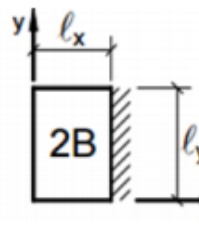
Fonte: Pinheiro (1993)

ANEXO E - REAÇÃO DE APOIO EM LAJES COM CARGA UNIFORME

$\gamma = \frac{l_y}{l_x}$	TIPOS							
								
	v_x	v'_x	v'_y	v'_x	v_y	v'_y	v'_x	v'_y
1,00	1,71	2,50	3,03	3,03	1,71	2,50	2,50	2,50
1,05	1,79	2,63	3,08	3,12	1,71	2,50	2,62	2,50
1,10	1,88	2,75	3,11	3,21	1,71	2,50	2,73	2,50
1,15	1,96	2,88	3,14	3,29	1,71	2,50	2,83	2,50
1,20	2,05	3,00	3,16	3,36	1,71	2,50	2,92	2,50
1,25	2,13	3,13	3,17	3,42	1,71	2,50	3,00	2,50
1,30	2,22	3,25	3,17	3,48	1,71	2,50	3,08	2,50
1,35	2,30	3,36	3,17	3,54	1,71	2,50	3,15	2,50
1,40	2,37	3,47	3,17	3,59	1,71	2,50	3,21	2,50
1,45	2,44	3,57	3,17	3,64	1,71	2,50	3,28	2,50
1,50	2,50	3,66	3,17	3,69	1,71	2,50	3,33	2,50
1,55	2,56	3,75	3,17	3,73	1,71	2,50	3,39	2,50
1,60	2,61	3,83	3,17	3,77	1,71	2,50	3,44	2,50
1,65	2,67	3,90	3,17	3,81	1,71	2,50	3,48	2,50
1,70	2,72	3,98	3,17	3,84	1,71	2,50	3,53	2,50
1,75	2,76	4,04	3,17	3,87	1,71	2,50	3,57	2,50
1,80	2,80	4,11	3,17	3,90	1,71	2,50	3,61	2,50
1,85	2,85	4,17	3,17	3,93	1,71	2,50	3,65	2,50
1,90	2,89	4,22	3,17	3,96	1,71	2,50	3,68	2,50
1,95	2,92	4,28	3,17	3,99	1,71	2,50	3,72	2,50
2,00	2,96	4,33	3,17	4,01	1,71	2,50	3,75	2,50
> 2,00	4,38	6,25	3,17	5,00	1,71	2,50	5	2,50

Fonte: Pinheiro (1993)

ANEXO F - REAÇÃO DE APOIO EM LAJES COM CARGA UNIFORME

$\gamma = \frac{l_y}{l_x}$	Tipos								
									
	v_x	v'_y	v''_y	v'_x	v_y	v''_y	v'_x	v'_y	
1,00	2,50	2,50	1,83	2,75	4,02	2,75	4,02	1,83	
1,05	2,62	2,50	1,92	2,80	4,10	2,82	4,13	1,83	
1,10	2,73	2,50	2,01	2,85	4,17	2,89	4,23	1,83	
1,15	2,83	2,50	2,10	2,88	4,22	2,95	4,32	1,83	
1,20	2,92	2,50	2,20	2,91	4,27	3,01	4,41	1,83	
1,25	3,00	2,50	2,29	2,94	4,3	3,06	4,48	1,83	
1,30	3,08	2,50	2,38	2,95	4,32	3,11	4,55	1,83	
1,35	3,15	2,50	2,47	2,96	4,33	3,16	4,62	1,83	
1,40	3,21	2,50	2,56	2,96	4,33	3,2	4,68	1,83	
1,45	3,28	2,50	2,64	2,96	4,33	3,24	4,74	1,83	
1,50	3,33	2,50	2,72	2,96	4,33	3,27	4,79	1,83	
1,55	3,39	2,50	2,80	2,96	4,33	3,31	4,84	1,83	
1,60	3,44	2,50	2,87	2,96	4,33	3,34	4,89	1,83	
1,65	3,48	2,50	2,93	2,96	4,33	3,37	4,93	1,83	
1,70	3,53	2,50	2,99	2,96	4,33	3,4	4,97	1,83	
1,75	3,57	2,50	3,05	2,96	4,33	3,42	5,01	1,83	
1,80	3,61	2,50	3,10	2,96	4,33	3,45	5,05	1,83	
1,85	3,65	2,50	3,15	2,96	4,33	3,47	5,09	1,83	
1,90	3,68	2,50	3,20	2,96	4,33	3,5	5,12	1,83	
1,95	3,72	2,50	3,25	2,96	4,33	3,52	5,15	1,83	
2,00	3,75	2,50	3,29	2,96	4,33	3,54	5,18	1,83	
> 2,00	5,00	2,50	5,00	2,96	4,33	4,38	6,25	1,83	

Fonte: Pinheiro (1993)

ANEXO G - FLEXÃO SIMPLES EM SEÇÃO RETANGULAR

$\beta_x = \frac{x}{d}$	Kc (cm ² /kN)				Ks (cm ² /kN)
	C25	C30	C40	C50	CA-50
0,01	82,7	68,9	51,7	41,3	0,023
0,02	41,5	34,6	25,9	20,8	0,023
0,04	20,9	17,4	13,1	10,5	0,023
0,06	14,1	11,7	8,8	7,0	0,024
0,08	10,6	8,9	6,6	5,3	0,024
0,10	8,6	7,1	5,4	4,3	0,024
0,12	7,2	6,0	4,5	3,6	0,024
0,14	6,2	5,2	3,9	3,1	0,024
0,16	5,5	4,6	3,4	2,7	0,025
0,18	4,9	4,1	3,1	2,5	0,025
0,20	4,5	3,7	2,8	2,2	0,025
0,22	4,1	3,4	2,6	2,1	0,025
0,24	3,8	3,2	2,4	1,9	0,025
0,26	3,5	2,9	2,2	1,8	0,026
0,28	3,3	2,8	2,1	1,7	0,026
0,30	3,1	2,6	1,9	1,6	0,026
0,32	3,0	2,5	1,8	1,5	0,026
0,34	2,8	2,3	1,8	1,4	0,027
0,36	2,7	2,2	1,7	1,3	0,027
0,38	2,6	2,1	1,6	1,3	0,027
0,40	2,5	2,0	1,5	1,2	0,027
0,42	2,4	2,0	1,5	1,2	0,028
0,44	2,3	1,9	1,4	1,1	0,028
0,46	2,2	1,8	1,4	1,1	0,028
0,48	2,1	1,8	1,3	1,1	0,028
0,50	2,1	1,7	1,3	1,0	0,029
0,52	2,0	1,7	1,2	1,0	0,029
0,54	1,9	1,6	1,2	1,0	0,029
0,56	1,9	1,6	1,2	0,9	0,03
0,58	1,8	1,5	1,2	0,9	0,03
0,60	1,8	1,5	1,1	0,9	0,03
0,62	1,8	1,5	1,1	0,9	0,031

Fonte: Pinheiro (1993)



Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998.

Mensagem de veto

Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Título I

Disposições Preliminares

Art. 1º Esta Lei regula os direitos autorais, entendendo-se sob esta denominação os direitos de autor e os que lhes são conexos.

Art. 2º Os estrangeiros domiciliados no exterior gozarão da proteção assegurada nos acordos, convenções e tratados em vigor no Brasil.

Parágrafo único. Aplica-se o disposto nesta Lei aos nacionais ou pessoas domiciliadas em país que assegure aos brasileiros ou pessoas domiciliadas no Brasil a reciprocidade na proteção aos direitos autorais ou equivalentes.

Art. 3º Os direitos autorais reputam-se, para os efeitos legais, bens móveis.

Art. 4º Interpretam-se restritivamente os negócios jurídicos sobre os direitos autorais.

Art. 5º Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I - publicação - o oferecimento de obra literária, artística ou científica ao conhecimento do público, com o consentimento do autor, ou de qualquer outro titular de direito de autor, por qualquer forma ou processo;

II - transmissão ou emissão - a difusão de sons ou de sons e imagens, por meio de ondas radioelétricas; sinais de satélite; fio, cabo ou outro condutor; meios óticos ou qualquer outro processo eletromagnético;

III - retransmissão - a emissão simultânea da transmissão de uma empresa por outra;

IV - distribuição - a colocação à disposição do público do original ou cópia de obras literárias, artísticas ou científicas, interpretações ou execuções fixadas e fonogramas, mediante a venda, locação ou qualquer outra forma de transferência de propriedade ou posse;

V - comunicação ao público - ato mediante o qual a obra é colocada ao alcance do público, por qualquer meio ou procedimento e que não consista na distribuição de exemplares;

VI - reprodução - a cópia de um ou vários exemplares de uma obra literária, artística ou científica ou de um fonograma, de qualquer forma tangível, incluindo qualquer armazenamento permanente ou temporário por meios eletrônicos ou qualquer outro meio de fixação que venha a ser desenvolvido;

VII - contrafação - a reprodução não autorizada;

VIII - obra:

a) em co-autoria - quando é criada em comum, por dois ou mais autores;

b) anônima - quando não se indica o nome do autor, por sua vontade ou por ser desconhecido;

c) pseudônima - quando o autor se oculta sob nome suposto;

d) inédita - a que não haja sido objeto de publicação;

e) póstuma - a que se publique após a morte do autor;

f) originária - a criação primígena;

g) derivada - a que, constituindo criação intelectual nova, resulta da transformação de obra originária;

h) coletiva - a criada por iniciativa, organização e responsabilidade de uma pessoa física ou jurídica, que a publica sob seu nome ou marca e que é constituída pela participação de diferentes autores, cujas contribuições se fundem numa criação autônoma;

i) audiovisual - a que resulta da fixação de imagens com ou sem som, que tenha a finalidade de criar, por meio de sua reprodução, a impressão de movimento, independentemente dos processos de sua captação, do suporte usado inicial ou posteriormente para fixá-lo, bem como dos meios utilizados para sua veiculação;

IX - fonograma - toda fixação de sons de uma execução ou interpretação ou de outros sons, ou de uma representação de sons que não seja uma fixação incluída em uma obra audiovisual;

X - editor - a pessoa física ou jurídica à qual se atribui o direito exclusivo de reprodução da obra e o dever de divulgá-la, nos limites previstos no contrato de edição;