UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS

Curso de Graduação em Engenharia Civil

FERNANDO ZAMIN

ANÁLISE E COMPARAÇÃO ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO COM SAPATAS ISOLADAS

Ijuí/RS

2013

FERNANDO ZAMIN

ANÁLISE E COMPARAÇÃO ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO COM SAPATAS ISOLADAS

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Paulo Cesar Rodrigues, MSc.

Ijuí/RS

2013

FERNANDO ZAMIN

ANÁLISE E COMPARAÇÃO ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO COM SAPATAS ISOLADAS

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo membro da banca examinadora

Banca examinadora

_____

Professor Paulo Cesar Rodrigues, Mestre – Orientador

_____

Professor Diorges Carlos Lopes, Mestre

Ijuí, 26 de Novembro de 2013

A Deus, agradeço mais esta etapa vencida

Agradeço a minha Família em especial a minha esposa e meu filho.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Paulo Cesar Rodrigues, pela oportunidade concedida, orientação e pela amizade.

Ao professor e amigo Jeancarlo Ribas, pela ajuda e orientação concedida na parte de alvenaria estrutural.

Aos meus pais pelo apoio incondicional em todas as horas, pelos ensinamentos e pela formação concedida.

A minha esposa Keithy que sempre esteve ao meu lado, sendo compreensiva e incentivadora em todos os momentos.

Ao meu filho Gustavo que de maneira inconsciente sempre foi o maior incentivo para eu seguir em frente.

Aos meus amigos e colegas cúmplices das dificuldades e alegrias dessa jornada.

RESUMO

Apresenta-se um estudo de caso de uma edificação de cinco pavimentos construída com sapata isolada, a qual apresentou recalques diferenciais em suas fundações. São apresentas as descrições e as patologias encontradas na edificação. Neste estudo, busca-se calcular as cargas em cada pilar para dimensionar fundações que atendam as normas em vigor e compara-las com as fundações existentes. Para dimensionar as cargas em cada fundação foram calculadas as cargas verticais, permanentes e acidentais e as cargas horizontais devidas ao vento e ao desaprumo. Apresenta-se o valor estimado para a tensão admissível do solo pelo método de Terzaghi e os recalques pelos métodos de Schultze e Sheriff e Burland e Burdidge. Serão mostrados os resultados numéricos da comparação entre as sapatas dimensionadas neste trabalho e as executadas. Para obtenção dos resultados foi usado o software de cálculo estrutural, Eberick V6. Os resultados obtidos demonstram que as fundações dimensionadas neste trabalho são em media 42,67% maior que as executadas, e também demonstram que os recalques nas fundações executadas estão acima do limite recomendado.

Palavras-chave: Fundações, Recalque, Sapata.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fundações Diretras.....18
Figura 2: Disperção de Ações Verticais.....21
Figura 3: Fissura entre Pilar e Parede.....26
Figura 4: Esquema do Caminho das Ações.....27
Figura 5: Lajes Treliçadas.....29
Figura 6: Planta de Forma Cobertura.....30
Figura 7: Planta de Forma Pavimento Tipo.....31
Figura 8: Gráfico de Isopletas.....66
Figura 9: Parâmetros Meteorológicos.....67
Figura 10: Fator Estatístico S_3.....68
Figura 11: Coeficiente de Pressão e de Forma.....70
Figura 12: Intensidade Equivalente ao Desaprumo.....71
Figura 13: Pressões do Vento e do Desaprumo.....72
Figura 14: Paredes de Contraventamento na Direção Y.....73
Figura 15: Coesão (C, em KPa) de Pico e Residual.....78
Figura 16: Ângulo de Atrito (Ø, em °) de Pico e Residual.....78
Figura 17: Propriedades Físicas do Solo.....79
Figura 18: Fatores de Capacidade de Carga.....79
Figura 19: Modelo Estrutural.....80
Figura 20: Modelo Estrutural Pavimento Térreo com Sapata de Divisa.....81
Figura 21: Modelo Estrutural Pavimento Térreo com Viga de Equilíbrio.....81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Cargas Verticais Viga V1 Trecho 1 e 2.....33
Quadro 2: Cargas Verticais Viga V1 Trecho 3.....34
Quadro 3: Cargas Verticais Viga V1 Trecho 4.....35
Quadro 4: Cargas Verticais Viga V1 Trecho 5.....36
Quadro 5: Cargas Verticais Viga V2 Trecho 1 e 2.....37
Quadro 6: Cargas Verticais Viga V2 Trecho 3.....38
Quadro 7: Cargas Verticais Viga V2 Trecho 4.....39
Quadro 8: Cargas Verticais Viga V3 Trecho 1, V4 Trecho 1, V5, V16 e V17.....40
Quadro 9: Cargas Verticais Viga V3 Trecho 2.....41
Quadro 10: Cargas Verticais Viga V3 Trecho 3 e 4.....42
Quadro 11: Cargas Verticais Viga V4 Trecho 2.....43
Quadro 12: Cargas Verticais Viga V4 Trecho 3.....44
Quadro 13: Cargas Verticais Viga V4 Trecho 4.....45
Quadro 14: Cargas Verticais Viga V4 Trecho 5.....46
Quadro 15: Cargas Verticais Viga V4 Trecho 6.....47
Quadro 16: Cargas Verticais Viga V6.....48
Quadro 17: Cargas Verticais Viga V7 Trecho 1.....49
Quadro 18: Cargas Verticais Viga V7 Trecho 2.....50
Quadro 19: Cargas Verticais Viga V8.....51
Quadro 20: Cargas Verticais Viga V9 Trecho 1.....52
Quadro 21: Cargas Verticais Viga V9 Trecho 2.....53
Quadro 22: Cargas Verticais Viga V10.....54
Quadro 23: Cargas Verticais Viga V11 e V14 Trecho 1.....55
Quadro 24: Cargas Verticais Viga V11 Trecho 2 e 3.....56
Quadro 25: Cargas Verticais Viga V11 Trecho 4.....57

Quadro 26: Cargas Verticais Viga V12.....58
Quadro 27: Cargas Verticais Viga V13.....59
Quadro 28: Cargas Verticais Viga V14 Trecho 2 e 3.....60
Quadro 29: Cargas Verticais Viga V15.....61
Quadro 30: Cargas Verticais Viga V18.....62
Quadro 31: Cargas Verticais Viga V19.....63
Quadro 32: Cargas Verticais Viga V20 Trecho 1.....64
Quadro 33: Cargas Verticais Viga V20 Trecho 2.....65
Quadro 34: Fator de Rugosidade S2.....68
Quadro 35: Cargas do Vento.....69
Quadro 36: Inércia das Paredes.....74
Quadro 37: Esforços Solicitantes na Parede "A" devido à ação do vento.....74
Quadro 38: Esforços Solicitantes na Parede "E" devido à ação do vento.....75
Quadro 39: Tensões de Compressão devidas às cargas verticais permanentes e acidentais Parede "A".....75
Quadro 40: Tensões de Compressão devidas às cargas verticais permanentes e acidentais Parede "E".....76
Quadro 41: Tensões de flexo -compressão devidas ao vento e a cargas permanentes Parede "A".....76
Quadro 42: Tensões de flexo -compressão devidas ao vento e a cargas permanentes Parede "E".....77
Quadro 43: Comparação Sapatas Executadas x Dimensionadas.....83
Quadro 44: Recalque Fundações Executadas.....84
Quadro 45: Recalque Fundações Dimensionadas.....85

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

δ – Recalque total final

δi – Recalque imediato

δc – Recalque por adensamento

δc – Recalque secundário ou rastejo

cm – Centímetro

m – Metro

h – Altura da sapata

a – Dimensão da sapata em uma determinada direção

a_p – Dimensão do pilar na mesma direção

C_f – Coeficiente de Força do Vento

g – Carga Permanente

KN – Kilo Newton

q – Carga Acidental

q_v – Pressão dinâmica do vento

Tavela –Componentes cerâmicos com a função de reduzir o volume de concreto e o peso próprio da laje.

S_1 – Fator Topográfico

S_2 – Fator de Rugosidade

S_3 – Fator Estatístico

V_0 – Velocidade básica do vento: velocidade de uma rajada de 3s, excedida na média uma vez em 50 anos, a 10 m acima do terreno, em campo aberto e plano.

V_K– Velocidade característica do vento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
1.1 TEMA 12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA 12
1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA 12
1.4 OBJETIVOS 12
1.4.1 Geral 12
1.5 JUSTIFICATIVA 13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 14
2.1 HISTÓRICO DAS FUNDAÇÕES 14
2.2 FUNDAÇÕES 15
2.2.1 Fundações Superficiais 16
2.2.2 Fundações Profundas 18
2.3 RECALQUES 19
2.4 ALVENARIA ESTRUTURAL 20
3 METODOLOGIA 25
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA 25
3.2 ESTUDO DE CASO 25
3.2.1 Localização e descrição 25
3.2.2 Patologia 25
3.3 PLANEJAMENTO DA PESQUISA 27
3.3.1 Procedimento de coleta e interpretação dos dados 27
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS 29
4.1.1 Lajes Treliçadas 29
4.2 CARGAS VERTICAIS NBR 6120 (1980) 31
4.2.1 Cargas Permanentes 32
4.2.2 Cargas Acidentais 32
4.3 CARGAS HORIZONTAIS 66
4.3.1 Ações devido ao vento NBR 6123 (1988) 66
4.3.2 Ações devido ao Desaprumo 70
4.4 TENSÃO ADMISSÍVEL DO SOLO 77
4.5 PROJETO DE FUNDAÇÃO 80
4.5.1 Lançamento da Estrutura no Eberick V6 80
4.6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS 83
4.7 RECALQUES 84
CONCLUSÃO 86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 87
ANEXO A 89
ANEXO B 90
ANEXO C 91

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Análise de fundações superficiais já executadas.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Dimensionamento e comparação de fundações superficiais do tipo sapata isoladas de acordo com a NBR 6118 (2007).

1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

As fundações existentes na edificação em estudo atendem a NBR 6118 (2007) e NBR 6122 (2010)?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Geral

Verificação do projeto de fundação existente.

1.4.2 Específicos

Revisar a bibliografia.

Dimensionar as cargas atuantes em cada sapata.

Utilizar o software Eberick V6 para o dimensionamento.

Dimensionamento das sapatas de acordo com as cargas atuantes.

Comparar as sapatas dimensionadas com as sapatas existentes.

1.5 JUSTIFICATIVA

Uma patologia pode gerar custos que variam de forma exponencial com o tempo, ou seja, quanto mais tarde for tratada a patologia maior será o custo agregado.

De acordo com Joppert Junior (2007), a fundação de uma edificação não é o item mais oneroso, seu custo varia entre 3% e 7% do custo do empreendimento. Apesar disso, erros de projeto e vícios construtivos podem acarretar custos diretos e indiretos elevadíssimos, desde reforço e recuperação estrutural até ações jurídicas de consequências imensuráveis.

Segundo Simons (1981), os recalques diferenciais devem ser mantidos dentro de limites toleráveis, embora caso os recalques totais se tornem muito grandes, poderão ocorrer danos de utilização e edifícios altos poderão se inclinar.

Diante disso torna-se justificável o estudo de caso, refazendo o projeto de fundação, para identificar e comprovar possíveis erros de projeto. Agregando conhecimento para que em novos empreendimentos não venham a ocorrer erros no projeto de fundação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRICO DAS FUNDAÇÕES

Segundo Nápoles Neto (1998), na pré-história e história antiga o homem procurou abrigar-se primeiramente em grutas e cavernas, onde não existiam, tratou de improvisar abrigos imitando-as. Data dessa época, cerca de 17 séculos A.C., o primeiro código de obras conhecido, o de Hamurabi, rei da Babilônia. Nele as deficiências construtivas já apontadas se refletem nas duras penalidades a que estavam sujeito os construtores cujas obras fracassassem.

Na idade Clássica, a partir do século VI A.C. quando a arquitetura grega começou a brilhar com seus pórticos e colunatas em seus palácios e templos travejados com vigas de pedra, mas com tetos de troncos justapostos e cobertos por colchões de terra. Entretanto estes novos tipos construtivos eram concentradores de carga nas fundações, que passaram a ser feitas de blocos superpostos, cujas partes superiores, aparentes, eram os chamados ortostatos. Estes se constituíam de duas ou três camadas de blocos alongados de pedras aparelhadas em ângulos retos, justapostos e, em geral, grampeados uns aos outros. A parte não visível era formada por pedras menos aparelhadas e misturadas, por exemplo, com cascalho, mas o mais importante é que os ortostatos proporcionavam melhor distribuição das cargas nas fundações, uma vez que suas juntas verticais desencontradas tendiam a uniformizar as pressões, obviando, assim, recalques diferenciais. As fundações menores, em vez de serem corridas, tinham sapatas isoladas (almofadas de pedra). Mas em terrenos fracos as escavações recebiam, primeiro, uma camada de terra misturada com cinzas de carvão, uma camada de terra apiloada, ou mesmo uma mistura de calcário mole com pedregulho. Muito mais raras eram as fundações cobrindo toda a área de construção, em geral quando esta área era toda carregada. Neste caso eram formadas por camadas sucessivas de blocos ou lajotas de pedra apoiadas sobre uma camada de fundo de pedra e argila misturadas. Em alguns casos usaram estacas de madeira, cravadas por máquinas, que se imagina sejam derivadas de máquinas de guerra, usadas para perfurar muralhas e portões. Em Alexandria os gregos adquiriram mais a herança das técnicas construtivas dos velhos impérios, mas foi em Roma que a técnica da

construção em geral e das fundações em particular avançou significativamente, pois estas passaram a receber mais cargas, em virtude de obras mais pesadas que as dos gregos. Isto se deu com a introdução do arco – herança etrusca – e da abóbada, a preparação do cimento romano a partir da mistura de pozolana com calcário, e daí o concreto, pela adição de pedaços de pedra ou de tijolos cozidos. Este novo material, o concreto, dadas suas excelentes condições de modelagem, passou não só a ser empregado em fundações, como também na construção de arcos e domos, entre estes o do impressionante Panteão de Roma (100-125 D.C.).

Na idade média até o renascimento: " Todos os progressos técnicos alcançados durante a idade clássica foram, infelizmente, bastante descurados nos tempos medievais, tanto, quando o homem que na idade anterior já aprendera a lascar a pedra e, agora sedentário, construiu suas primeiras cabanas, já tivesse alguma noção empírica sobre a resistência e a estabilidade dos materiais da crosta terrestre.

Nos antigos impérios do Oriente Próximo, os materiais de construção passaram a ser o tijolo cerâmico e a pedra, aquele na Mesopotâmia e esta no Egito. Os terrenos que receberiam suas construções maiores e mais pesadas em geral cediam e as construções ruíam ou eram demolidas, com posterior aproveitamento dos escombros, uma vez que não havia fundações preparadas, como em épocas mais modernas se passou a fazer. Assim, obras como as de palácios e templos eram assentes sobre fundações arrumadas com restos de outras estruturas em cuidados com dimensões e situações, como com materiais. Daí um número considerável de colapsos (em consequência de situações desfavoráveis) de construções, a despeito da beleza de suas fachadas. "Muitas excederam a capacidade de carga de seus terrenos de fundação e as que não desapareceram apresentam-se hoje danificadas por trincas ou inclinações, ao passo que outras recalcaram excessivamente."(NÁPOLES NETO, 1998).

Muitos marcos antigos, medievais e renascentistas apresentaram problemas nas suas fundações, como a Torre de Pisa construída de 1174 a 1350, que com cerca de 10m de altura já apresentava inclinações.

2.2 FUNDAÇÕES

Fundação é um elemento estrutural, que tem por objetivo transferir as cargas da supraestrutura para o solo.

Segundo Simons (1981), a engenharia de fundações pode ser definida como a arte de aplicar – economicamente – cargas estruturais ao terreno, de modo a evitar deformações excessivas.

Para Joppert (2007), as fundações apoiadas diretamente sobre o solo devem trabalhar descarregando peso da estrutura no terreno de apoio com tensões que não gerem recalques excessivos ou rupturas.

2.2.1 Fundações Superficiais

As fundações superficiais são uma opção interessante pois, são de fácil execução, não é necessária a utilização de equipamentos especiais nem mão de obra especializada, por isso elas se tornam uma opção atraente. Os tipos de fundação mais comuns são: bloco, sapata, viga de fundação e radier.

Segundo a NBR 6122 (2010) fundação superficial é um elemento em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.

Conforme a NBR 6122 (2010) a área da fundação solicitada por cargas centradas deve ser tal que as tensões transmitidas ao terreno, admitidas uniformemente distribuídas, sejam menores ou iguais à tensão admissível ou tensão resistente de projeto do solo de apoio.

De acordo com a NBR 6122 (2010) uma fundação é solicitada por cargas excêntrica quando estiver submetida a qualquer composição de forças que incluam ou gerem momentos na fundação. O dimensionamento geotécnico de uma fundação superficial solicitada por carregamento excêntrico deve ser feito considerando-se que o solo é um elemento não resistente à tração.

Segundo a NBR 6122 (2010) nas divisas com terrenos vizinhos, salvo quando a fundação for assente sobre rocha, tal profundidade não deve ser inferior a 1,5 m. Em casos de obras cujas sapatas ou blocos estejam majoritariamente previstas com dimensões inferiores a 1,0 m, essa profundidade mínima pode ser reduzida.

Bloco - elemento de fundação em concreto simples, dimensionado de modo que as tensões produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem a necessidade de armadura.

Sapata – elemento de fundação em concreto armado, sua altura é menor que o bloco, utilizando armadura para resistir os esforços de tração. Segundo NBR 6122 (2010)

sapata é um elemento de fundação superficial, de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente disposta para esse fim.

Conforme a NBR 6118 (2007) sapatas são estruturas de volume usadas para transmitir ao terreno as cargas de fundação. Quando se verifica a expressão a seguir, a sapata é considerada rígida. Caso contrário, a sapata é considerada flexível:

Equação 1: $h \geq (a - a_p)/3$

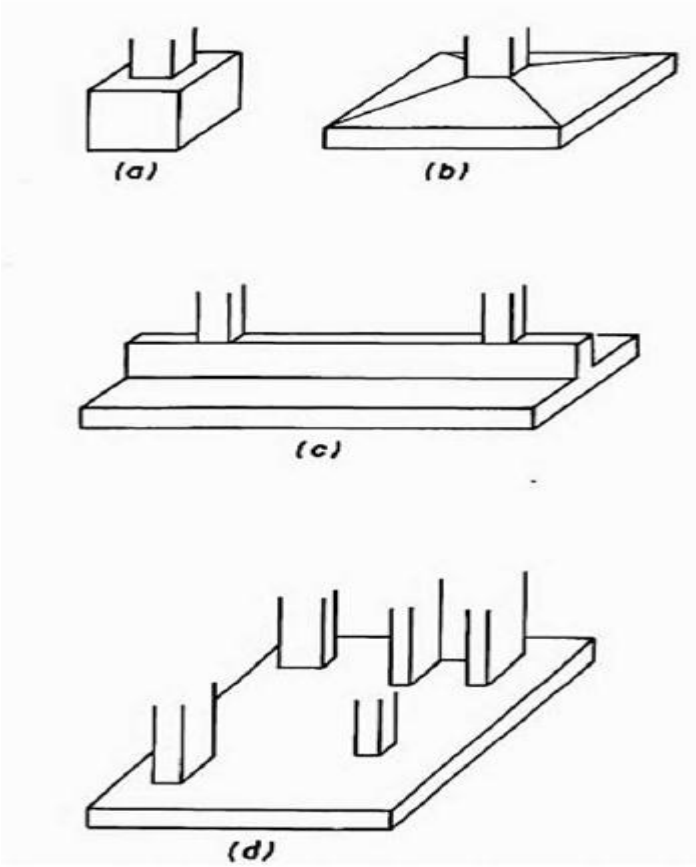
De acordo com a NBR 6118(2007), a sapata rígida pode-se admitir plana a distribuição de tensões normais no contato sapata-terreno, caso não se disponha de informações mais detalhadas a respeito. O comportamento estrutural se caracteriza pelo trabalho a flexão nas duas direções, admitindo-se que, para cada uma delas, a tração na flexão seja uniformemente distribuída na largura correspondente da sapata. A sapata rígida trabalha ao cisalhamento também em duas direções, não apresentando ruptura por tração diagonal, e sim compressão diagonal, isso ocorre porque a sapata rígida fica inteiramente dentro do cone hipotético de punção, não havendo portanto possibilidade física de punção.

Segundo a NBR 6118 (2007) as sapatas flexíveis são utilizadas para fundação de cargas pequenas e solos relativamente fracos. Seu comportamento se caracteriza por, trabalhar a flexão nas duas direções, não sendo possível admitir tração na flexão uniformemente distribuída na largura correspondente da sapata. O trabalho ao cisalhamento pode ser descrito pelo fenômeno da punção.

Viga de fundação – elemento de fundação que é comum a vários pilares, pode ter seção transversal tipo bloco, frequentemente chamado de viga de baldrame.

Radier – Elemento de fundação que recebe todos os pilares da obra.

Figura 1 – Fundações diretas: (a) bloco, (b) sapata, (c) viga e (d) radier



Fonte: Hachich (1998, p.213).

2.2.2 Fundações Profundas

Conforme a NBR 6122 (2010) fundação profunda é um, elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 m. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.

De acordo com Joppert Junior (2007) as estacas são elementos esbeltos, implantados no solo por meio de percussão ou pela prévia perfuração do solo com posterior concretagem, podendo ser classificadas como estacas cravadas ou estacas escavadas. Outra forma de classificar as estacas é separá-las em dois grupos, estacas pré-moldadas e moldadas in loco.

Segundo Alonso (2006) a capacidade de carga de uma estaca é obtida com o menor dos valores, entre a resistência estrutural do material da estaca e a resistência do solo que lhe dá suporte.

Conforme Hachich (1998) as estacas usuais podem ser classificadas em duas categorias: estacas de deslocamento e estacas escavadas. As estacas de deslocamento são aquelas introduzidas no terreno sem a retirada do solo, as mais usadas são: estacas pré-moldadas de concreto armado, estacas metálicas, estacas de madeira, estaca omega, estacas apiloadas de concreto e também as estacas de concreto fundido no terreno dentro de um tubo de revestimento de aço cravado com ponta fechada, sendo o exemplo mais característico dessas últimas as estacas tipo Franki. As estacas escavadas são aquelas executadas no terreno através da perfuração por um processo qualquer, com remoção de material, com ou sem revestimento, com ou sem fluido estabilizante. Nessa categoria estão as estacas tipo broca manual ou mecanicamente, as tipo Strauss, as barretes, estacões, hélice contínua e as estacas injetadas.

2.3 RECALQUES

De acordo com Cintra (2003) sempre que aplicarmos carga em uma fundação direta ocorrerão recalques, que normalmente são na ordem de poucas dezenas de milímetros, mas que podem chegar a centenas de milímetros e até, milhares de milímetros.

> Define-se recalque, de uma sapata por exemplo, como sendo o deslocamento vertical, para baixo, da base da sapata em relação ao indeformável. Esse deslocamento é resultante da deformação do solo (diminuição do volume e/ou mudança de forma). No caso de tubulões, ao recalque da base deve-se acrescentar a compressão elástica do fuste para obter o recalque da cabeça do tubulão.
> Os recalques podem ser classificados em: recalque total ou absoluto (ρ) da sapata ou tubulão isolado e recalque diferencial ou relativo (δ) entre duas sapatas ou tubulões vizinhos, além da distorção angular ou recalque diferencial específico (δ/ι), em que ι é a distância entre sapatas ou tubulões. Em decorrência dos recalques, o edifício pode sofrer movimentos verticais (translação) acompanhados ou não de inclinação (rotação).
> Se o subsolo fosse homogêneo e todas as sapatas ou tubulões tivessem as mesmas dimensões, os recalques seriam praticamente uniformes. Mas a variabilidade do solo, em termos de compressibilidade, gera recalques desiguais. Além disso o tamanho das sapatas ou da base dos tubulões em um edifício pode variar muito, porque as cargas nos pilares são diferentes, o que, em argilas principalmente, é fonte adicional de recalque diferencial.
> Recalques absolutos elevados, mas da mesma ordem de grandeza em todas as partes da fundação, geralmente podem ser tolerados, pois os recalques diferenciais é que são preocupantes. Entretanto, os recalques diferenciais normalmente são maiores quando os recalques absolutos são maiores. Por isso, a magnitude do recalque absoluto pode ser aceita como uma medição indireta para o recalque diferencial.
> Nas fundações diretas também ocorre uma parcela de recalque proveniente de deformações a volume constante (sem redução do índice de vazios). Contrariamente ao adensamento, processa-se em tempo muito curto, quase simultaneamente à aplicação do carregamento, em condições não-drenadas em argilas e condições drenadas em areias. Essa parcela de recalque é chamada de recalque imediato, por razões óbvias.

> Por ser calculado pela Teoria da Elasticidade, o recalque imediato também é chamado de recalque elástico. Entretanto, os solos não são materiais elásticos e, em consequência, os recalques imediatos geralmente não são recuperáveis com o descarregamento, ou reversíveis apenas parcialmente. Por isso, a denominação recalque elástico é inadequada.
> Mas o uso da Teoria da Elasticidade Linear justifica-se porque é bem razoável a hipótese de comportamento tensão-deformação linear até níveis de tensão inferiores à tensão admissível em fundações diretas. No emprego da Teoria da Elasticidade para cálculo de recalques, é preferível substituir a denominação Módulo de Elasticidade por Módulo de Deformabilidade, de acordo com Vargas (1978) (CINTRA, 2003).

Segundo Pinto (2006), um dos aspectos de maior importância é a determinação das deformações devidas ao carregamento vertical na superfície do terreno. Estas deformações podem ser de dois tipos: as que ocorrem rapidamente durante e após a construção e as que se desenvolvem lentamente com a aplicação de carga. Deformações rápidas são observadas em solos arenosos ou solos argilosos não saturados, já em solos argilosos saturados os recalques são muito lentos, pois é necessária a saída da água dos vazios do solo.

O comportamento dos solos devido aos carregamentos, depende da sua constituição e do estado que o solo se encontra, este comportamento pode ser expresso por parâmetros que são obtidos através de ensaios ou correlações estabelecidas entre estes parâmetros e as diversas classificações.

“Geralmente, o recalque das fundações pode ser considerado como constituído de três componentes, a saber” (SIMONS, 1981)

Equação 2: $\delta = \delta i + \delta c + \delta s$

2.4 ALVENARIA ESTRUTURAL

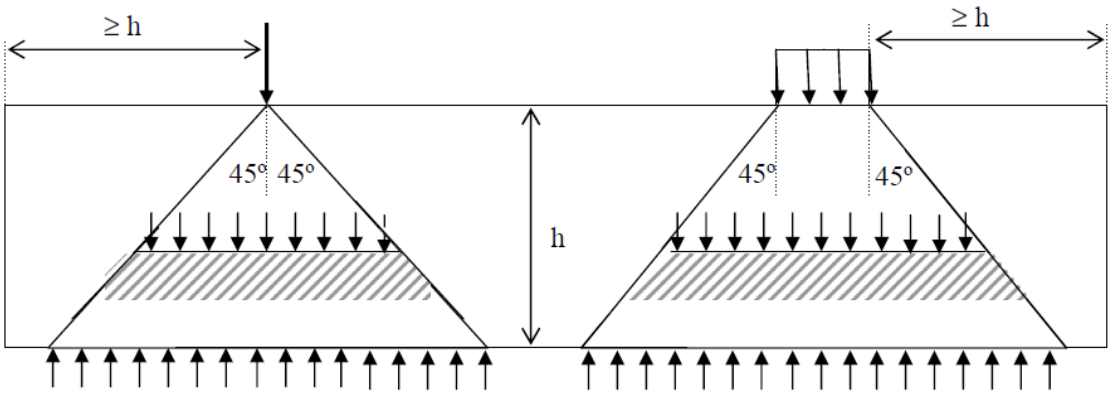
A alvenaria é um dos sistemas construtivos mais antigos da humanidade, as estruturas eram executadas com a utilização de blocos de diversos materiais disponíveis em cada região, como argila, pedras e outros. Algumas obras desafiaram o tempo, atravessando séculos até os dias atuais, podemos citar algumas das construções mais marcantes da antiguidade como as Pirâmides de Guizé, Farol de Alexandria, Coliseu e Catedral de Reims.

O Edifício Monadnock construído em Chicago entre 1889 e 1891, tornou-se um símbolo da alvenaria estrutural com seus 56 metros de altura e 16 pavimentos. Entretanto, pelos métodos de dimensionamento empíricos empregados na época, as paredes do térreo tem 1,80 metros de espessura, acredita-se que se o edifício fosse dimensionado pelos métodos atuais utilizando os mesmos materiais essa espessura seria inferior a 30 cm.

> Segundo Parsekian (2012), o modelo mais simples, e adequado para casos onde não há amarração entre paredes, considera que não existe nenhuma distribuição de esforço entre paredes que se cruzam - o carregamento aplicado na parede N chegará à estrutura de apoio pela parede N apenas.
> Quando há efetiva ligação entre paredes (amarração direta), constituindo subestruturas, recomenda-se considerar a uniformização dos esforços entre as paredes. Um modelo simples de agrupamento de paredes que se interligam é conveniente, em cujo modelo a carga vertical é considerada uniforme em todas as paredes do agrupamento. Deve-se destacar que nos últimos pavimentos pode não haver altura suficiente para a total uniformização da carga dentro da subestrutura. O projetista deve analisar o problema a cada caso, podendo introduzir fatores de uniformização parcial nesses andares.
> Outro modelo para essa distribuição é considerar em cada encontro de parede a distribuição a 45°. Apesar de não ser tão simples como o anterior, tal procedimento pode ser sistematizado com o auxílio de programas de computador. Um modelo mais preciso é o de elementos finitos. [RIBAS, 2013?]

A NBR 15812-1 (2010) considera que nas paredes estruturais, as cargas concentradas ou parcialmente distribuídas, podem ser admitidas como repartidas uniformemente em seções horizontais limitadas por 2 (dois) planos inclinados à 45° sobre a vertical e passando pelo ponto de aplicação da carga ou pelas extremidades da faixa de aplicação.

Figura 2 – Dispersão de Ações Verticais



Fonte: NBR 15812-1 (2010, p.17).

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), um dos principais conceitos estruturais ligado à utilização da alvenaria estrutural é a transmissão de ações mediante tensões de compressão. Esse é o conceito crucial a ser levado em conta quando se discute a alvenaria como processo construtivo para elaboração de estruturas.

> No caso de contraventamentos simétricos em relação à direção em que atua o vento que se deseja analisar, haverá apenas translação dos pavimentos. Nesse caso todas as paredes, em um determinado nível, apresentarão deslocamentos iguais. Isso facilita significativamente a distribuição das ações pelos diversos painéis de contraventamento, conforme ficará claro pelos procedimentos descritos a seguir.
> Nesse caso, supõe-se que a existência de uma abertura separe as paredes adjacentes a essa abertura, transformando-as em elementos isolados, verdadeiras vigas engastadas na extremidade inferior e livres na outra. Entre alas existirá apenas a necessidade de que os deslocamentos horizontais sejam os mesmos ao nível de cada pavimento, devido à existência das lajes de concreto e consideradas como diagramas rígidos.
> Considerar paredes de forma isolada é um procedimento de distribuição de ações horizontais que pode ser muito simples e eficiente. Sobretudo em casos de ações que atuem segundo eixos de simetria da estrutura, basta que seja feita a compatibilização dos deslocamentos dos diversos painéis para que se possa encontrar o quinhão de carga correspondente a cada um. Inicialmente deve-se lembrar que cada painel assume um quinhão de carga proporcional à sua rigidez, ou, para painéis de rigidez constante ao longo da altura, simplesmente proporcional ao seu momento de inércia. (RAMALHO E CORRÊA, 2003)

Segundo Camacho (2006), conceitua-se de Alvenaria Estrutural o processo construtivo na qual, os elementos que desempenham a função estrutural são de alvenaria, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de forma racional.

Para melhor compreender os termos utilizados que nomeiam cada constituinte da alvenaria, serão adotadas as seguintes definições. NBR 15812-1 (2010 apud SCHUSSLER, 2012, p. 15):

a) Bloco cerâmico estrutural: Componente básico da alvenaria. Segundo Ramalho e Corrêa (2003, p. 7), o bloco é o principal responsável pela determinação da característica resistente da estrutura. Possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm, com assentamento estritamente dos furos na vertical.

b) Junta de argamassa: Componente utilizado na ligação dos blocos. É o cordão ou lâmina de argamassa endurecida, que intercala e adere às unidades de alvenaria, garantindo a monoliticidade da alvenaria.

c) Graute: Tem a função de preenchimento de espaços vazios dos blocos ou em trechos de canaletas. Conhecido também pelo termo inglês grout, pode ser definido também como um micro-concreto líquido, constituindo cimento, agregado miúdo e/ou graúdo, cal e/ou aditivo, com função desolidarização das armaduras ao bloco. Possui como finalidade principal para o aumento de resistência da alvenaria.

d) Armaduras: Segundo Ramalho e Corrêa (2003, p. 8), “As barras de aço utilizadas nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, mas, neste caso, serão sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria”.

e) Elemento de alvenaria não armado: Construído com blocos estruturais vazados, assentados com argamassa, na qual a armadura possui finalidade apenas construtiva ou de amarração, desconsiderando a armadura para resistir aos esforços solicitantes.

De acordo com Camacho (2006), alvenaria estrutural não armada é o processo construtivo em que nos elementos estruturais existem somente armaduras com finalidades construtivas, de modo a prevenir problemas patológicos (fissuras, concentração de tensões, etc.).

Segundo NBR 15812 (2010), alvenaria não armada é um elemento de alvenaria no qual a armadura é desconsiderada para resistir aos esforços solicitantes.

f) Elemento de alvenaria armado: Construído com blocos estruturais vazados, assentados com argamassa, no qual são utilizadas armaduras passivas que são consideradas para resistir aos esforços solicitantes, além de possíveis finalidades construtivas ou de amarração. Estas armaduras estão presentes em alguns vazados dos blocos estruturais, preenchidos por toda extensão do vazado por graute.

De acordo com Camacho (2006), alvenaria estrutural armada é o processo construtivo em que, por necessidade estrutural, os elementos resistentes (estruturais) possuem uma armadura passiva de aço. Essas armaduras são dispostas nas cavidades dos blocos que são posteriormente preenchidas com micro-concreto (Graute).

Segundo NBR 15812 (2010), alvenaria armada é um elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras passivas que são consideradas para resistir aos esforços solicitantes.

g) Elemento de alvenaria protendido: Construído com blocos estruturais vazados, assentados com argamassa, no qual são utilizadas armaduras com função ativa.

h) Parede: Elemento laminar vertical que resiste predominantemente a cargas de compressão, apoiada de maneira tal que seja contínua por toda sua base,

com sua maior dimensão da seção transversal não excedendo cinco vezes a sua espessura.

i) Parede estrutural: Toda parte admitida como participante da estrutura, que resiste cargas além do seu peso próprio.

j) Parede não-estrutural: Toda parede não admitida como participante da estrutura, em que no projeto não é considerada como finalidade de suporte de cargas além do seu peso próprio.

l) Viga: Elemento estruturalmente linear que resiste predominantemente à flexão e cujo vão for maior ou igual a três vezes a altura da seção transversal, transmitindo as cargas suportadas verticalmente para pilares ou paredes.

m) Verga: Elemento estrutural alojado sobre aberturas de porta ou janelas, geralmente não maior que 1,20 metros, possuindo função única de transmissão de cargas verticais para as paredes adjacentes à abertura.

n) Contraverga: Elemento estrutural colocado sob o vão de abertura com finalidade de redução de fissuração nos seus cantos por uma eventual tensão de tração.

o) Cinta: Elemento estrutural apoiado continuamente na parede, com ligação ou não às lajes, vergas ou contravergas das aberturas, com finalidade de transmitir cargas para as paredes estruturais, com função básica de amarração. Geralmente utiliza graute envolvendo a armadura, preenchendo as canaletas horizontalmente.

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois dirige a solução de um problema especifico.

Quanto aos procedimentos é uma pesquisa de estudo de caso.

Do ponto de vista e da forma de abordagem a pesquisa pode ser classificada como quantitativa.

3.2 ESTUDO DE CASO

3.2.1 Localização e descrição

O estudo de caso é um prédio comercial e residencial que está localizado na Rua Faroupilha, n° 130, Vila Flores, na cidade de Santa Rosa - RS.

O referido prédio possui cinco pavimentos, sendo dividido da seguinte forma: térreo (comercial), três pavimentos tipo (residencial) e salão de festa na cobertura, totalizando uma área construída de 868,75m².

O pavimento térreo do prédio foi executado em concreto armado e as vedações das alvenarias foram executadas internamente com blocos cerâmicos de 6 furos e externamente com tijolos cerâmicos, os pavimentos tipo e cobertura foram executados em alvenaria estruturada com tijolos cerâmicos maciços, os pilares e vigas existentes no pavimento tipo não são estruturais servem apenas para amarar as alvenarias, as lajes são do tipo Treliçadas ou pré-moldada.

As fundações foram executada com sapatas isoladas com dimensões variadas, assentadas a uma profundidade de 1m (ANEXO A).

3.2.2 Patologia

A obra começou a ser executada em março de 1990, por falta de recursos financeiros foi paralisado no termino da 3° laje em 1991. Em 1998 foram percebidas as primeiras patologias, que se manifestaram como fissuras, no fundo do prédio entre os pilares de extremidade e a parede que pertence a um pavilhão existente no fundo do prédio.

Após meses do surgimento da patologia foi percebida a ocorrência de um recalque diferencial, ocasionando uma inclinação na prumada, explicando as fissuras. Após uma analise no local foi descoberta a existência de um sumidouro a 2m de distância de a uma sapata de canto. Na época sem a preocupação devida, a medida tomada foi fazer um aterro (sem controle) com pó de pedra no sumidouro.

Em 2005 foi retomada e concluída a obra, os pavimentos restantes foram construídos corrigindo o prumo e nível, mas no ano de 2006 foi percebido que o prédio ainda estava recalcando diferencialmente. Nos dias de hoje o prédio parece estar estabilizado, mas não há um monitoramento que comprove esta hipótese.

Figura 3 – Fissura entre pilar e parede

Fonte: Próprio autor (2010).

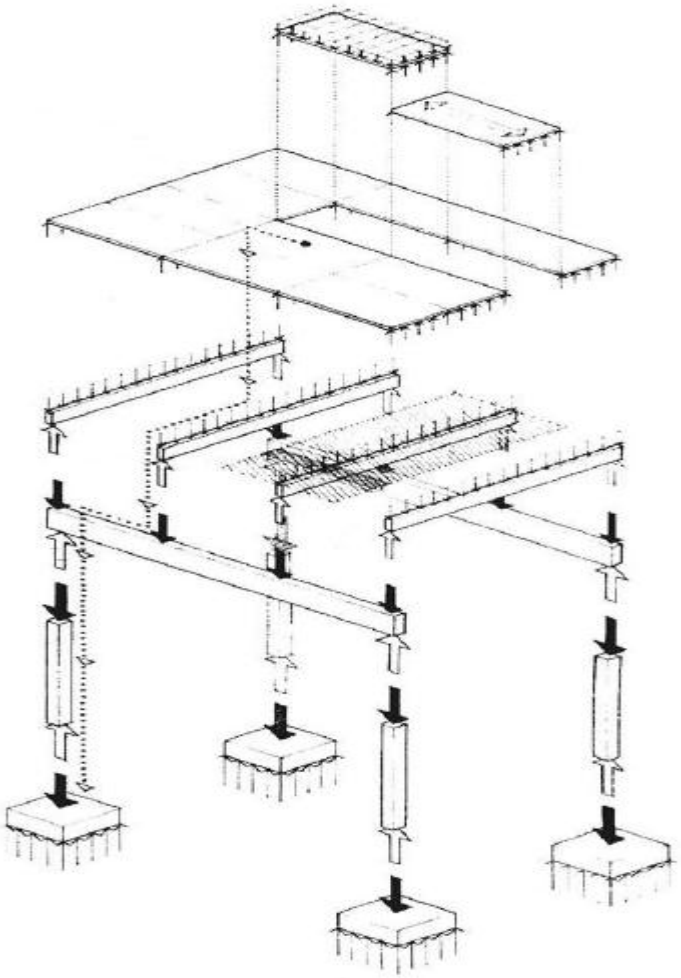
3.3 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

3.3.1 Procedimento de coleta e interpretação dos dados

Para descobrir as cargas nas fundações, foi necessário refazer o caminho das cargas atuantes na estrutura (Figura 2), utilizando o software Ftool e considerando os carregamentos e as cargas de acordo com a NBR 6120 (1980). As ações consideradas sobre as lajes foram cargas permanentes e cargas acidentais. O modelo estrutural das lajes foi considerado como bi-apoiada.

Para o cálculo das cargas da alvenaria estrutural, foi considerado que não existe distribuição de esforços entre paredes, o carregamento aplicado a uma parede N qualquer chegará a estrutura de concreto armado pela parede N apenas.

Figura 4 – Esquema do caminho das ações



Fonte: Rodrigues P. (2011).

Para obter as cargas horizontais será calculado as cargas do vento e as cargas devido ao desaprumo da construção.

Para a estimativa da capacidade de carga pelo método de Terzaghi, foi utilizado os dados do solo de Ijuí (VIECILI, 2003).

Os recalques serão dimensionados pelo método de Schultze e Sheriff e pelo método de Burland e Burdidge utilizando o N mínimo do ANEXO C para a profundidade desejada.

Os projetos existentes no ANEXO A serão digitalizados no AutoCad para ser usado como base para o lançamento da estrutura no Eberick V6.

Após calcular as cargas atuantes na estrutura de concreto armado, foi lançadas as cargas no software Eberick V6. As fundações serão dimensionadas pelo programa de acordo com a NBR 6118 (2007) e NBR 6122 (2010). Após esta etapa serão comparadas as fundações dimensionadas neste trabalho e as fundações existentes.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 CÁLCULO DAS CARGAS ATUANTES SOBRE A ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

4.1.1 Lajes Treliçadas

No cálculo das cargas atuantes, considera-se que as lajes descarregaram suas cargas nas cintas de amarração da alvenaria estrutural.

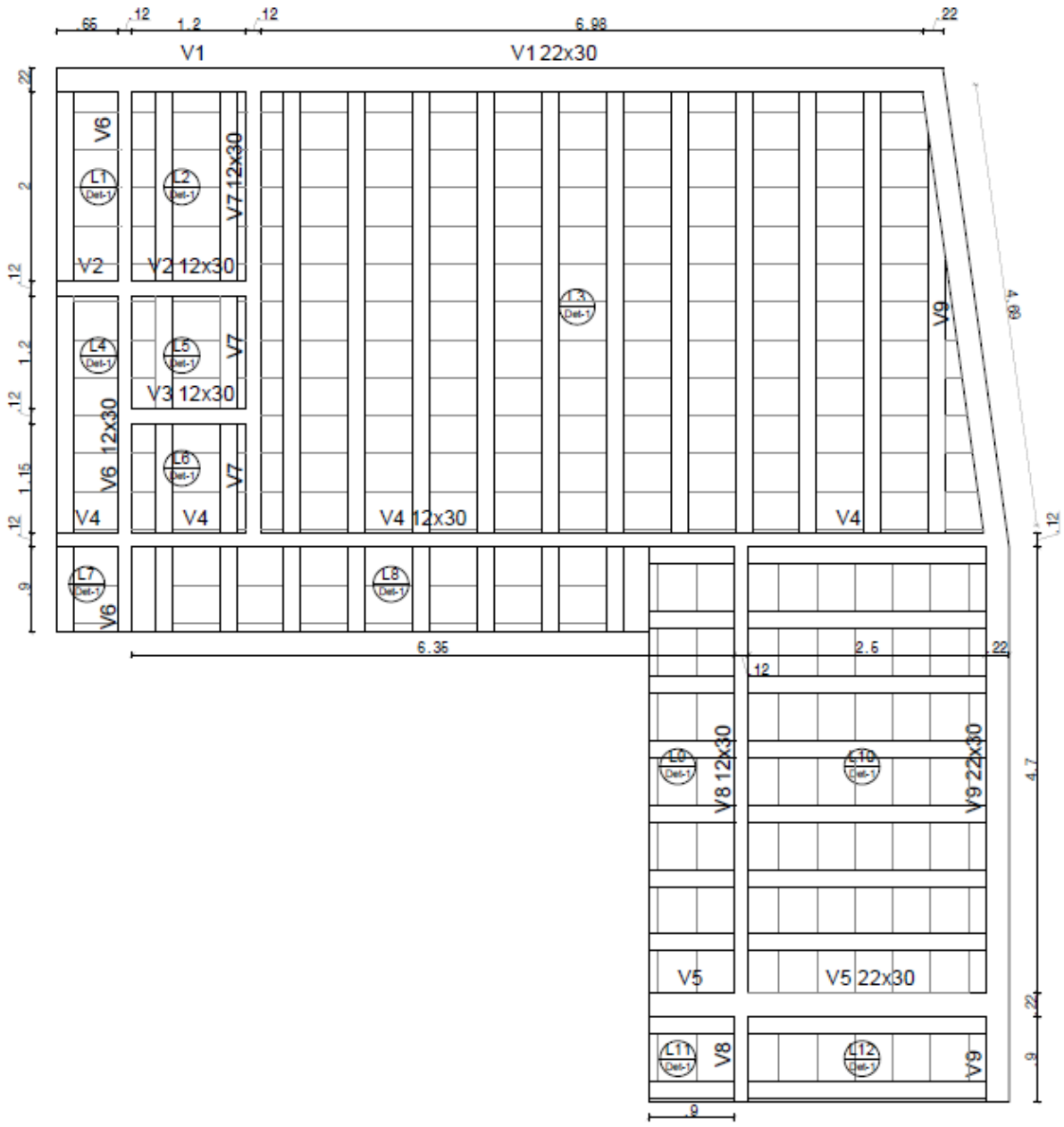
As ações consideradas sobre as lajes foram cargas permanentes e cargas acidentais. Para o dimensionamento das cargas permanentes foi utilizado lajes treliçadas com tavelas cerâmicas de 12 cm de espessura, com peso próprio fornecido pelo fabricante conforme figura 5. O modelo estrutural das lajes foi considerado como bi-apoiada, nas direções conforme figura 6 e 7.

Figura 5 – Lajes Treliçadas

TA	I Intereixo (cm)	T Treliça (cm)	L Lajcm)	C Capa(cm)	Consumo Concreto (2)(M³/M²)	Peso Próprio (2)(Kgf/M²)
12	43	8	7	5	0,062	200
16	43	12	12	4	0,067	232
20	43	16	16	4	0,079	270
25	43	20	20	4	0,101	318
30	43	25	25	5	0,116	357
35	43	25	30	5	0,132	395
40	43	25	35	5	0,147	432

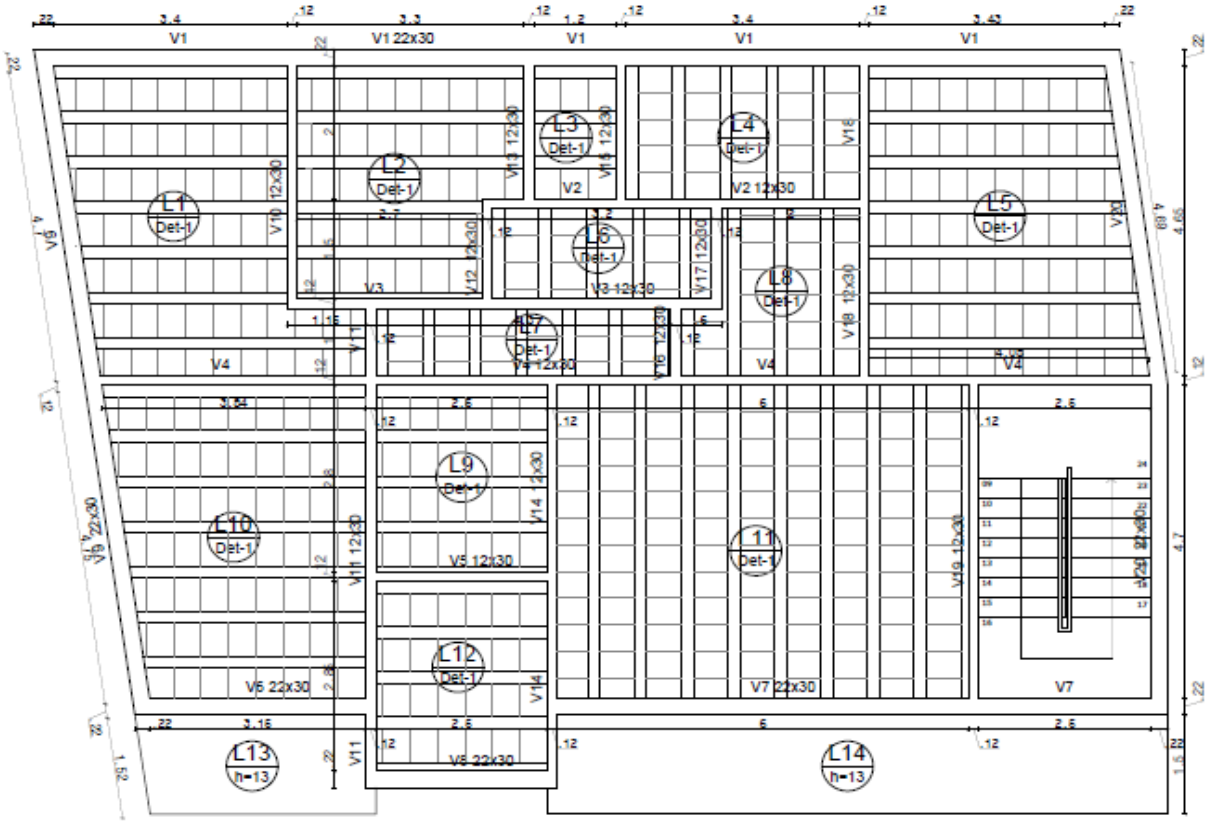
Fonte: Lajes Anhangura (2013).

Figura 6 – Planta de Forma Cobertura



Fonte: Próprio autor (2013).

Figura 7 – Planta de Forma Pavimento Tipo



Fonte: Próprio autor (2013).

4.2 CARGAS VERTICAIS NBR 6120 (1980)

Para o cálculo das cargas da alvenaria estrutural que agem sobre a estrutura de concreto armado, foi considerado que não existe distribuição de esforços entre paredes, o carregamento aplicado a uma parede N qualquer chegará a estrutura de concreto armado pela parede apenas.

O procedimento de paredes isoladas usado neste trabalho considera cada parede como um elemento independente. Este procedimento é mais simples e mais rápido. Para encontrar a carga numa parede, num determinado nível, basta somar todas as cargas atuantes nessa parede nos pavimentos que estão acima do nível considerado. Além de simples é também muito seguro, pois na ausência da uniformização das cargas as resistências resultarão sempre mais elevadas que se a uniformização fosse considerada.

4.2.1 Cargas Permanentes

As cargas permanentes, são as que ocorrem com valores praticamente constantes durante a vida útil da edificação.

As áreas das aberturas foram descontadas, para termos um carregamento mais próximo do real.

A seguir estão descritas as cargas permanentes, retiradas da NBR 6120 (1980).

Telhado.....1,20 KN/m²
Laje maciça (25x1x1x0,08).....2,00 KN/m²
Laje treliçada .....2,00 KN/m²
Revestimento inferior (argamassa).....0,40 KN/m²
Revestimento superior (cerâmico).....0,90 KN/m²
Revestimento superior (parket).....0,80 KN/m²
Parede (Tijolos Maciços).....18 KN/m³
Cinta (Concreto Armado).....25 KN/m³

4.2.2 Cargas Acidentais

As cargas acidentais se caracterizam por ter significativas variações durante a vida útil da edificação.

Para o caso especifico deste estudo, adotamos conforme a NBR 6120 (1980), as seguintes cargas acidentais:

Forro (sem acesso a pessoas).....0,50 KN/m²
Terraço (sem acesso ao público).....2,00 KN/m²
Edifícios residenciais(cozinha e banheiro).....2,00 KN/m²
Edifícios residenciais (dormitórios, sala, cozinha e banheiro).....1,50 KN/m²
Edifícios residenciais(despensa área de serviço e lavanderia).....2,00 KN/m²
Escadas (sem acesso ao público).....2,50 KN/m²

A seguir são apresentados no quadro 1 ao quadro 33, as cargas permanentes e acidentais, acumuladas em cada pavimento. As cargas em cada pavimento são apresentadas separadamente e serão utilizadas para carregar a estrutura de concreto armado lançada no Eberick V6.

Quadro 1– Cargas Verticais Viga V1 Trecho 1 e 2

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede:(0,60x0,15x18)	1,62			
	Guarda corpo:	0,50			
	Total:	2,12			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
5	Total:	0,00	2,12	0,00	2,12
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	2,72			
	Total:	10,77			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
4	Total:	0,00	12,89	0,00	12,89
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	2,72			
	Total:	10,77			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
3	Total:	0,00	23,66	0,00	23,66
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	2,72			
	Total:	10,77			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
2	Total:	0,00	34,43	0,00	34,43

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 2– Cargas Verticais Viga V1 Trecho 3

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes Reservatório:	0,66			
	Lajes L2:	13,76			
	Parede:(1,50x0,15x18)	4,05			
	Cinta (0,30x0,15x25):	1,13			
	Total:	19,60			
	Acidental				
	Laje:	0,71			
C	Total:	0,71	19,60	0,71	20,31
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,49			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
5	Total:	0,00	33,09	0,71	33,80
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,49			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
4	Total:	0,00	46,58	0,71	47,29
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,49			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
3	Total:	0,00	60,07	0,71	60,78
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,49			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
2	Total:	0,00	73,56	0,71	74,27

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 3– Cargas Verticais Viga V1 Trecho 4

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L3:	8,81			
	Parede:(0,50x0,15x18)	1,35			
	Cinta (0,30x0,15x25):	0,00			
	Total:	10,16			
	Acidental				
	Laje:	1,19			
C	Total:	1,19	10,16	1,19	11,35
	Permanente				
	Lajes L4:	3,69			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	4,22			
	Total:	12,96			
	Acidental				
	Laje:	2,17			
5	Total:	2,17	23,12	3,36	26,48
	Permanente				
	Lajes L4:	3,69			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	4,22			
	Total:	12,96			
	Acidental				
	Laje:	2,17			
4	Total:	2,17	36,08	5,53	41,61
	Permanente				
	Lajes L4:	3,69			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	4,22			
	Total:	12,96			
	Acidental				
	Laje:	2,17			
3	Total:	2,17	49,04	7,70	56,74
	Permanente				
	Lajes L4:	3,69			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	4,22			
	Total:	12,96			
	Acidental				
	Laje:	2,17			
2	Total:	2,17	62	9,87	71,87

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 4– Cargas Verticais Viga V1 Trecho 5

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L3:	8,81			
	Parede:(0,50x0,15x18)	1,35			
	Cinta (0,30x0,15x25):	0,00			
	Total:	10,16			
	Acidental				
	Laje:	1,19			
C	Total:	1,19	10,16	1,19	11,35
	Permanente				
	Lajes L5:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	2,75			
	Total:	10,74			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
5	Total:	0,00	20,90	1,19	22,09
	Permanente				
	Lajes L5:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	2,75			
	Total:	10,74			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
4	Total:	0,00	31,64	1,19	32,83
	Permanente				
	Lajes L5:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	2,75			
	Total:	10,74			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
3	Total:	0,00	42,38	1,19	43,57
	Permanente				
	Lajes L5:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	2,75			
	Total:	10,74			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
2	Total:	0,00	53,12	1,19	54,31

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 5– Cargas Verticais Viga V2 Trecho 1 e 2

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L2 e L5:	27,09			
	Parede:	0,00			
	Cinta:	0,00			
	Total:	27,09			
	Acidental				
	Laje:	0,86			
C	Total:	0,86	27,09	0,86	27,95
	Permanente				
	Lajes L6:	2,55			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	10,65			
	Acidental				
	Laje:	1,50			
5	Total:	1,50	37,74	2,36	40,10
	Permanente				
	Lajes L6:	2,55			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	10,65			
	Acidental				
	Laje:	1,13			
4	Total:	1,13	48,39	3,49	51,88
	Permanente				
	Lajes L6:	2,55			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	10,65			
	Acidental				
	Laje:	1,13			
3	Total:	1,13	59,04	4,62	63,66
	Permanente				
	Lajes L6:	2,55			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	10,65			
	Acidental				
	Laje:	1,13			
2	Total:	1,13	69,69	5,75	75,44

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 6– Cargas Verticais Viga V2 Trecho 3

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L4 e L6:	6,24			
	Parede:	0,00			
	Cinta :	0,00			
	Total:	6,24			
	Acidental				
	Laje:	3,67			
5	Total:	3,67	6,24	3,67	9,91
	Permanente				
	Lajes L4:	6,24			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	14,34			
	Acidental				
	Laje:	3,30			
4	Total:	3,30	20,58	6,97	27,55
	Permanente				
	Lajes L4:	6,24			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	14,34			
	Acidental				
	Laje:	3,30			
3	Total:	3,30	34,92	10,27	45,19
	Permanente				
	Lajes L4:	6,24			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	14,34			
	Acidental				
	Laje:	3,30			
2	Total:	3,30	49,26	13,57	62,83

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 7– Cargas Verticais Viga V2 Trecho 4

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L4 e L8:	8,14			
	Parede:	0,00			
	Cinta :	0,00			
	Total:	8,14			
	Acidental				
	Laje:	4,79			
5	Total:	4,79	8,14	4,79	12,93
	Permanente				
	Lajes L4 e L8:	8,14			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	3,33			
	Total:	12,91			
	Acidental				
	Laje:	4,79			
4	Total:	4,79	21,05	9,58	30,63
	Permanente				
	Lajes L4 e L8:	8,14			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	3,33			
	Total:	12,91			
	Acidental				
	Laje:	4,79			
3	Total:	4,79	33,96	14,37	48,33
	Permanente				
	Lajes L4 e L8:	8,14			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	3,33			
	Total:	12,91			
	Acidental				
	Laje:	4,79			
2	Total:	4,79	46,87	19,16	66,03

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 8– Cargas Verticais Viga V3 Trecho 1, V4 Trecho 1, V5, V16 e V17

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede:	0,00			
	Cinta:	0,00			
	Total:	0,00			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
5	Total:	0,00	0,00	0,00	0
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	8,10			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
4	Total:	0,00	8,10	0,00	8,10
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	8,10			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
3	Total:	0,00	16,2	0,00	16,20
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	8,10			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
2	Total:	0,00	24,30	0,00	24,30

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 9– Cargas Verticais Viga V3 Trecho 2

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L7:	1,90			
	Parede:	0,00			
	Cinta:	0,00			
	Total:	1,90			
	Acidental				
	Laje:	1,12			
5	Total:	1,12	1,90	1,12	3,02
	Permanente				
	Lajes L7:	1,85			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	9,95			
	Acidental				
	Laje:	0,84			
4	Total:	0,84	11,85	1,96	13,81
	Permanente				
	Lajes L7:	1,85			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	9,95			
	Acidental				
	Laje:	0,84			
3	Total:	0,84	21,80	2,80	24,60
	Permanente				
	Lajes L7:	1,85			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	9,95			
	Acidental				
	Laje:	0,84			
2	Total:	0,84	31,75	3,64	35,39

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 10– Cargas Verticais Viga V3 Trecho 3 e 4

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L6 e L7:	4,65			
	Parede:	0,00			
	Cinta :	0,00			
	Total:	4,65			
	Acidental				
	Laje:	2,62			
5	Total:	2,62	4,65	2,62	7,27
	Permanente				
	Lajes L6 e L7:	4,33			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,43			
	Acidental				
	Laje:	1,97			
4	Total:	1,97	17,08	4,59	21,67
	Permanente				
	Lajes L6 e L7:	4,33			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,43			
	Acidental				
	Laje:	1,97			
3	Total:	1,97	29,51	6,56	36,07
	Permanente				
	Lajes L6 e L7:	4,33			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,43			
	Acidental				
	Laje:	1,97			
2	Total:	1,97	41,94	8,53	50,47

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 11– Cargas Verticais Viga V4 Trecho 2

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Carga V6:	1,87			
	Lajes L7:	1,90			
	Parede:	0,00			
	Cinta:	0,00			
	Total:	3,77			
	Acidental				
	Laje:	1,12			
5	Total:	1,12	3,77	1,12	4,89
	Permanente				
	Lajes L7:	1,85			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	9,95			
	Acidental				
	Laje:	0,84			
4	Total:	0,84	13,72	1,96	15,68
	Permanente				
	Lajes L7:	1,85			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	9,95			
	Acidental				
	Laje:	0,84			
3	Total:	0,84	23,67	2,80	26,47
	Permanente				
	Lajes L7:	1,85			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	9,95			
	Acidental				
	Laje:	0,84			
2	Total:	0,84	33,62	3,64	37,26

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 12– Cargas Verticais Viga V4 Trecho 3

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Carga V7:	6,74			
	Lajes L6:e L8	5,90			
	Parede:	0,00			
	Cinta:	0,00			
	Total:	12,64			
	Acidental				
	Laje:	0,80			
C	Total:	0,80	12,64	0,80	13,44
	Permanente				
	Lajes L7 e L11:	10,18			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	5,53			
	Total:	12,75			
	Acidental				
	Laje:	5,99			
5	Total:	5,99	25,39	6,79	32,18
	Permanente				
	Lajes L7 e L11:	9,89			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	5,67			
	Total:	12,32			
	Acidental				
	Laje:	4,49			
4	Total:	4,49	37,71	11,28	48,99
	Permanente				
	Lajes L7 e L11:	9,89			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	5,67			
	Total:	12,32			
	Acidental				
	Laje:	4,49			
3	Total:	4,49	50,03	15,77	65,8
	Permanente				
	Lajes L7 e L11:	9,89			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	5,67			
	Total:	12,32			
	Acidental				
	Laje:	4,49			
2	Total:	4,49	62,35	20,26	82,61

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 13– Cargas Verticais Viga V4 Trecho 4

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L3 e L8:	12,36			
	Parede:	0,00			
	Cinta :	0,00			
	Total:	12,36			
	Acidental				
	Laje:	1,67			
C	Total:	1,67	12,36	1,67	14,03
	Permanente				
	Lajes L8 e L11:	12,53			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	4,37			
	Total:	16,26			
	Acidental				
	Laje:	7,37			
5	Total:	7,37	28,62	9,04	37,66
	Permanente				
	Lajes L8 e L11:	12,36			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	20,46			
	Acidental				
	Laje:	6,27			
4	Total:	6,27	49,08	15,31	64,39
	Permanente				
	Lajes L8 e L11:	12,36			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	20,46			
	Acidental				
	Laje:	6,27			
3	Total:	6,27	69,54	21,58	91,12
	Permanente				
	Lajes L8 e L11:	12,36			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	20,46			
	Acidental				
	Laje:	6,27			
2	Total:	6,27	90,00	27,85	117,85

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 14– Cargas Verticais Viga V4 Trecho 5

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L3 e L8:	12,36			
	Parede:	0,00			
	Cinta :	0,00			
	Total:	12,36			
	Acidental				
	Laje:	1,67			
C	Total:	1,67	12,36	1,67	14,03
	Permanente				
	Lajes L11:	8,28			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	16,38			
	Acidental				
	Laje:	4,87			
5	Total:	4,87	28,74	6,54	35,28
	Permanente				
	Lajes L11:	8,04			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	16,14			
	Acidental				
	Laje:	3,65			
4	Total:	3,65	44,88	10,19	55,07
	Permanente				
	Lajes L11:	8,04			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	16,14			
	Acidental				
	Laje:	3,65			
3	Total:	3,65	61,02	13,84	74,86
	Permanente				
	Lajes L11:	8,04			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	16,14			
	Acidental				
	Laje:	3,65			
2	Total:	3,65	77,16	17,49	94,65

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 15– Cargas Verticais Viga V4 Trecho 6

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Escada:	19,40			
	Lajes L3:	8,81			
	Parede:	0,00			
	Cinta :	0,00			
	Total:	28,21			
	Acidental				
	Laje:	1,19			
C	Total:	1,19	28,21	1,19	29,4
	Permanente				
	Lajes L15:	2,38			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Escada:	19,40			
	Total:	29,88			
	Acidental				
	Laje:	1,75			
5	Total:	1,75	58,09	2,94	61,03
	Permanente				
	Lajes L15:	2,38			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Escada:	19,40			
	Total:	29,88			
	Acidental				
	Laje:	1,75			
4	Total:	1,75	87,97	4,69	92,66
	Permanente				
	Lajes L15:	2,38			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Escada:	19,40			
	Total:	29,88			
	Acidental				
	Laje:	1,75			
3	Total:	1,75	117,85	6,44	124,29
	Permanente				
	Lajes L15:	2,38			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Escada:	19,40			
	Total:	29,88			
	Acidental				
	Laje:	1,75			
2	Total:	1,75	147,73	8,19	155,92

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 16– Cargas Verticais Viga V6

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L13:	11,45			
	Parede:	0,00			
	Cinta:	0,00			
	Total:	11,45			
	Acidental				
	Laje:	3,22			
5	Total:	3,22	11,45	3,22	14,67
	Permanente				
	Lajes L13:	11,45			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	5,96			
	Total:	18,98			
	Acidental				
	Laje:	2,42			
4	Total:	2,42	30,43	5,64	36,07
	Permanente				
	Lajes L13:	11,45			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	5,96			
	Total:	18,98			
	Acidental				
	Laje:	2,42			
3	Total:	2,42	49,41	8,06	57,47
	Permanente				
	Lajes L13:	11,45			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	5,96			
	Total:	18,98			
	Acidental				
	Laje:	2,42			
2	Total:	2,42	68,39	10,48	78,87

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 17– Cargas Verticais Viga V7 Trecho 1

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L11 e L14:	19,73			
	Parede:	0,00			
	Cinta:	0,00			
	Total:	19,73			
	Acidental				
	Laje:	8,09			
5	Total:	8,09	19,73	8,09	27,82
	Permanente				
	Lajes L11 e L14:	19,49			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	6,47			
	Total:	26,51			
	Acidental				
	Laje:	6,07			
4	Total:	6,07	46,24	14,16	60,40
	Permanente				
	Lajes L11 e L14:	19,49			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	6,47			
	Total:	26,51			
	Acidental				
	Laje:	6,07			
3	Total:	6,07	72,75	20,23	92,98
	Permanente				
	Lajes L11 e L14:	19,49			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	6,47			
	Total:	26,51			
	Acidental				
	Laje:	6,07			
2	Total:	6,07	99,26	26,30	125,56

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 18– Cargas Verticais Viga V7 Trecho 2

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L14:	11,45			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Total:	24,94			
	Acidental				
	Laje:	3,22			
5	Total:	3,22	24,94	3,22	28,16
	Permanente				
	Lajes L14:	11,45			
	Parede (2,28x0,25x18):	10,26			
	Cinta 2x(0,30x0,25x25):	3,76			
	Escada:	19,50			
	Total:	44,97			
	Acidental				
	Laje:	3,22			
4	Total:	3,22	69,91	6,44	76,35
	Permanente				
	Lajes L14:	11,45			
	Parede (2,28x0,25x18):	10,26			
	Cinta 2x(0,30x0,25x25):	3,76			
	Escada:	19,50			
	Total:	44,97			
	Acidental				
	Laje:	3,22			
3	Total:	3,22	114,88	9,66	124,54
	Permanente				
	Lajes L14:	11,45			
	Parede (2,28x0,25x18):	10,26			
	Cinta 2x(0,30x0,25x25):	3,76			
	Escada:	19,50			
	Total:	44,97			
	Acidental				
	Laje:	3,22			
2	Total:	3,22	159,85	12,88	172,73

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 19– Cargas Verticais Viga V8

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (0,60x0,15x18):	1,62			
	Guarda Corpo	0,50			
	Total:	2,12			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
5	Total:	0,00	2,12	0,00	2,12
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,49			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
4	Total:	0,00	15,61	0,00	15,61
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,49			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
3	Total:	0,00	29,10	0,00	29,10
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,49			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
2	Total:	0,00	42,59	0,00	42,59

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 20– Cargas Verticais Viga V9 Trecho 1

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L10:	6,92			
	Parede (0,60x0,15x18):	1,62			
	Guarda Corpo	0,50			
	Total:	9,04			
	Acidental				
	Laje:	4,07			
5	Total:	4,07	9,04	4,07	13,11
	Permanente				
	Lajes L10:	6,72			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	20,21			
	Acidental				
	Laje:	3,05			
4	Total:	3,05	29,25	7,12	36,37
	Permanente				
	Lajes L10:	6,72			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	20,21			
	Acidental				
	Laje:	3,05			
3	Total:	3,05	49,46	10,17	59,63
	Permanente				
	Lajes L10:	6,72			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	20,21			
	Acidental				
	Laje:	3,05			
2	Total:	3,05	69,67	13,22	82,89

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 21– Cargas Verticais Viga V9 Trecho 2

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L1:	6,07			
	Parede (0,60x0,15x18):	1,62			
	Guarda Corpo	0,50			
	Total:	8,19			
	Acidental				
	Laje:	3,57			
5	Total:	3,57	8,19	3,57	11,76
	Permanente				
	Lajes L1:	5,89			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	19,38			
	Acidental				
	Laje:	2,68			
4	Total:	2,68	27,57	6,25	33,82
	Permanente				
	Lajes L1:	5,89			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	19,38			
	Acidental				
	Laje:	2,68			
3	Total:	2,68	46,95	8,93	55,88
	Permanente				
	Lajes L1:	5,89			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	19,38			
	Acidental				
	Laje:	2,68			
2	Total:	2,68	66,33	11,61	77,94

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 22– Cargas Verticais Viga V10

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L1 e L2:	11,93			
	Parede:	0,00			
	Guarda Corpo	0,00			
	Total:	11,93			
	Acidental				
	Laje:	7,02			
5	Total:	7,02	11,93	7,02	18,95
	Permanente				
	Lajes L1 e L2:	11,53			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	19,63			
	Acidental				
	Laje:	5,24			
4	Total:	5,24	31,56	12,26	43,82
	Permanente				
	Lajes L1 e L2:	11,53			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	19,63			
	Acidental				
	Laje:	5,24			
3	Total:	5,24	51,19	17,50	68,69
	Permanente				
	Lajes L1 e L2:	11,53			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	19,63			
	Acidental				
	Laje:	5,24			
2	Total:	5,24	70,82	22,74	93,56

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 23– Cargas Verticais Viga V11 Trecho 1 e V14 Trecho 1

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L12:	4,45			
	Parede (0,60x0,15x18):	1,62			
	Guarda Corpo	0,50			
	Total:	6,57			
	Acidental				
	Laje:	2,62			
5	Total:	2,62	6,57	2,62	9,19
	Permanente				
	Lajes L12:	4,32			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,42			
	Acidental				
	Laje:	1,97			
4	Total:	1,97	18,99	4,59	23,58
	Permanente				
	Lajes L12:	4,32			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,42			
	Acidental				
	Laje:	1,97			
3	Total:	1,97	31,41	6,56	37,97
	Permanente				
	Lajes L12:	4,32			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,42			
	Acidental				
	Laje:	1,97			
2	Total:	1,97	43,83	8,53	52,36

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 24– Cargas Verticais Viga V11 Trecho 2 e 3

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L10 e L12:	11,37			
	Parede :	0,00			
	Guarda Corpo	0,00			
	Total:	11,37			
	Acidental				
	Laje:	6,69			
5	Total:	6,69	11,37	6,69	18,06
	Permanente				
	Lajes L10 e L12:	11,04			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	19,14			
	Acidental				
	Laje:	5,02			
4	Total:	5,02	30,51	11,71	42,22
	Permanente				
	Lajes L10 e L12:	11,04			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	19,14			
	Acidental				
	Laje:	5,02			
3	Total:	5,02	49,65	16,73	66,38
	Permanente				
	Lajes L10 e L12:	11,04			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	19,14			
	Acidental				
	Laje:	5,02			
2	Total:	5,02	68,79	21,75	90,54

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 25– Cargas Verticais Viga V11 Trecho 4

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L1:	6,07			
	Parede :	0,00			
	Guarda Corpo	0,00			
	Total:	6,07			
	Acidental				
	Laje:	3,57			
5	Total:	3,57	6,07	3,57	9,64
	Permanente				
	Lajes L1:	5,89			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,99			
	Acidental				
	Laje:	2,68			
4	Total:	2,68	20,06	6,25	26,31
	Permanente				
	Lajes L1:	5,89			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,99			
	Acidental				
	Laje:	2,68			
3	Total:	2,68	34,05	8,93	42,98
	Permanente				
	Lajes L1:	5,89			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,99			
	Acidental				
	Laje:	2,68			
2	Total:	2,68	48,04	11,61	59,65

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 26– Cargas Verticais Viga V12

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L2:	4,79			
	Parede:	0,00			
	Guarda Corpo	0,00			
	Total:	4,79			
	Acidental				
	Laje:	2,82			
5	Total:	2,82	4,79	2,82	7,61
	Permanente				
	Lajes L2:	4,65			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,75			
	Acidental				
	Laje:	2,12			
4	Total:	2,12	17,54	4,94	22,48
	Permanente				
	Lajes L2:	4,65			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,75			
	Acidental				
	Laje:	2,12			
3	Total:	2,12	30,29	7,06	37,35
	Permanente				
	Lajes L2:	4,65			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,75			
	Acidental				
	Laje:	2,12			
2	Total:	2,12	43,04	9,18	52,22

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 27– Cargas Verticais Viga V13

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes Reservatório:	1,08			
	Parede (1,50x0,15x18):	4,05			
	Cinta (0,30x0,15x25):	1,13			
	Total:	6,26			
	Acidental				
	Laje:	1,16			
C	Total:	1,16	6,26	1,16	7,42
	Permanente				
	Lajes L2 e L3:	8,05			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	16,15			
	Acidental				
	Laje:	4,74			
5	Total:	4,74	22,41	5,90	28,31
	Permanente				
	Lajes L2 e L3:	7,82			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	15,92			
	Acidental				
	Laje:	3,56			
4	Total:	3,56	38,33	9,46	47,79
	Permanente				
	Lajes L2 e L3:	7,82			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	15,92			
	Acidental				
	Laje:	3,56			
3	Total:	3,56	54,25	13,02	67,27
	Permanente				
	Lajes L2 e L3:	7,82			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	15,92			
	Acidental				
	Laje:	3,56			
2	Total:	3,56	70,17	16,58	86,75

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 28– Cargas Verticais Viga V14 Trecho 2 e 3

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L12:	4,45			
	Parede:	0,00			
	Guarda Corpo	0,00			
	Total:	4,45			
	Acidental				
	Laje:	2,62			
5	Total:	2,62	4,45	2,62	7,07
	Permanente				
	Lajes L12:	4,32			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,42			
	Acidental				
	Laje:	1,97			
4	Total:	1,97	16,87	4,59	21,46
	Permanente				
	Lajes L12:	4,32			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,42			
	Acidental				
	Laje:	1,97			
3	Total:	1,97	29,29	6,56	35,85
	Permanente				
	Lajes L12:	4,32			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	12,42			
	Acidental				
	Laje:	1,97			
2	Total:	1,97	41,71	8,53	50,24

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 29– Cargas Verticais Viga V15

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Viga V7:	5,53			
	Lajes Reservatório:	1,08			
	Parede (1,50x0,15x18):	4,05			
	Cinta (0,30x0,15x25):	1,13			
	Total:	11,79			
	Acidental				
	Laje:	1,16			
C	Total:	1,16	11,79	1,16	12,95
	Permanente				
	Lajes L3:	2,24			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	10,34			
	Acidental				
	Laje:	1,32			
5	Total:	1,32	22,13	2,48	24,61
	Permanente				
	Lajes L3:	2,18			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	10,28			
	Acidental				
	Laje:	0,99			
4	Total:	0,99	32,41	3,47	35,88
	Permanente				
	Lajes L3:	2,18			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	10,28			
	Acidental				
	Laje:	0,99			
3	Total:	0,99	42,69	4,46	47,15
	Permanente				
	Lajes L3:	2,18			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	10,28			
	Acidental				
	Laje:	0,99			
2	Total:	0,99	52,97	5,45	58,42

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 30– Cargas Verticais Viga V18

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L5:	7,23			
	Parede :	0,00			
	Guarda Corpo	0,00			
	Total:	7,23			
	Acidental				
	Laje:	4,25			
5	Total:	4,25	7,23	4,25	11,48
	Permanente				
	Lajes L5:	7,01			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	15,11			
	Acidental				
	Laje:	3,19			
4	Total:	3,19	22,34	7,44	29,78
	Permanente				
	Lajes L5:	7,01			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	15,11			
	Acidental				
	Laje:	3,19			
3	Total:	3,19	37,45	10,63	48,08
	Permanente				
	Lajes L5:	7,01			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	15,11			
	Acidental				
	Laje:	3,19			
2	Total:	3,19	52,56	13,82	66,38

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 31– Cargas Verticais Viga V19

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L9 e L10:	9,10			
	Parede :	0,00			
	Guarda Corpo	0,00			
	Total:	9,10			
	Acidental				
	Laje:	1,30			
C	Total:	1,30	9,10	1,30	10,4
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	8,10			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
5	Total:	0,00	17,20	1,30	18,50
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	8,10			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
4	Total:	0,00	25,30	1,30	26,60
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	8,10			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
3	Total:	0,00	33,40	1,30	34,7
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,15x18):	6,97			
	Cinta(0,30x0,15x25):	1,13			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	8,10			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
2	Total:	0,00	41,50	1,30	42,8

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 32– Cargas Verticais Viga V20 Trecho 1

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L10:	4,30			
	Parede (0,50x0,15x18) :	1,35			
	Guarda Corpo	0,00			
	Total:	5,65			
	Acidental				
	Laje:	0,60			
C	Total:	0,60	5,65	0,60	6,25
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,49			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
5	Total:	0,00	19,14	0,60	19,74
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,49			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
4	Total:	0,00	32,63	0,60	33,23
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,49			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
3	Total:	0,00	46,12	0,60	46,72
	Permanente				
	Lajes:	0,00			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	13,49			
	Acidental				
	Laje:	0,00			
2	Total:	0,00	59,61	0,60	60,21

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 33– Cargas Verticais Viga V20 Trecho 2

Pav.	Carregamentos		Cargas Acumuladas		
			(KN/m)		
	(KN/m)		Permanentes	Acidentais	
N°			(g)	(q)	(g+q)
	Permanente				
	Lajes L3 (10%):	0,88			
	Parede (0,50x0,15x18) :	1,35			
	Guarda Corpo	0,00			
	Total:	2,23			
	Acidental				
	Laje:	0,12			
C	Total:	0,12	2,23	0,12	2,35
	Permanente				
	Lajes L5:	7,23			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	20,72			
	Acidental				
	Laje:	4,25			
5	Total:	4,25	22,95	4,37	27,32
	Permanente				
	Lajes L5:	7,01			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	20,50			
	Acidental				
	Laje:	3,19			
4	Total:	3,19	43,45	7,56	51,01
	Permanente				
	Lajes L5:	7,01			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	20,50			
	Acidental				
	Laje:	3,19			
3	Total:	3,19	63,95	10,75	74,7
	Permanente				
	Lajes L5:	7,01			
	Parede (2,58x0,25x18):	11,61			
	Cinta(0,30x0,25x25):	1,88			
	Abertura (-):	0,00			
	Total:	20,50			
	Acidental				
	Laje:	3,19			
2	Total:	3,19	84,45	13,94	98,39

Fonte: Próprio autor (2013).

4.3 CARGAS HORIZONTAIS

4.3.1 Ações devido ao vento NBR 6123 (1988)

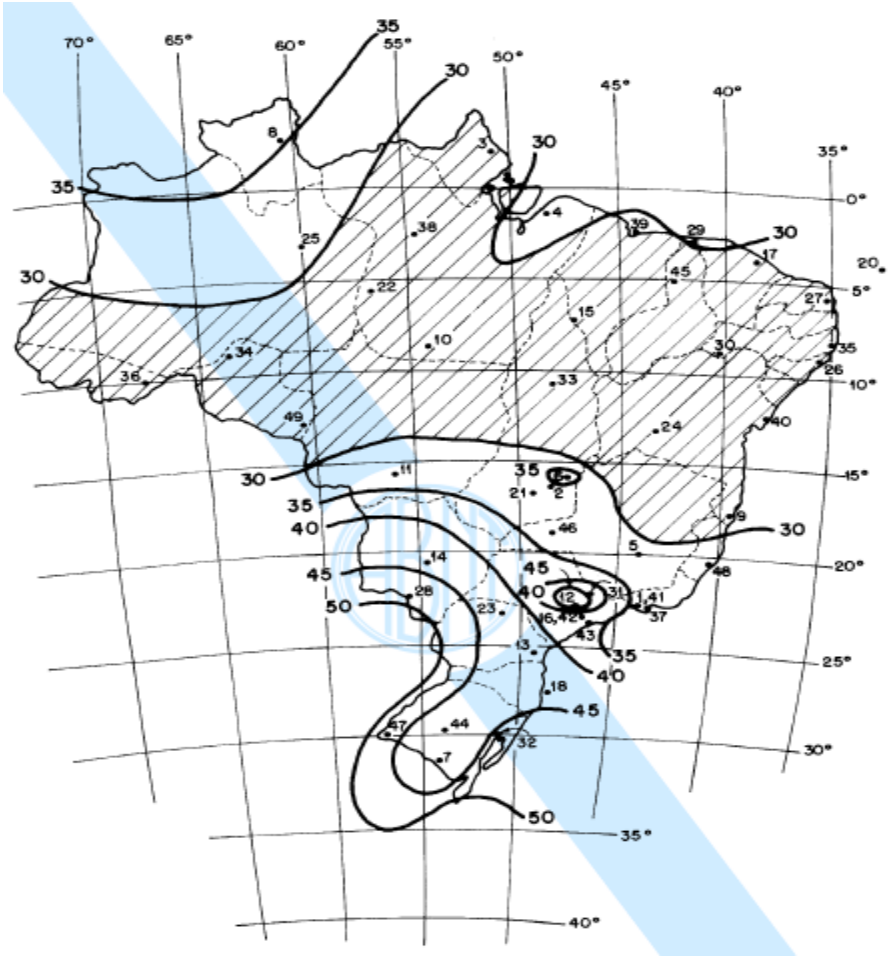
A ação do vento no edifício foi calculada de acordo com a NBR 6123 (1988) Forças Devidas ao Vento em Edificações e para isso consideram os seguintes dados:

a) O edifício está localizado em área central da cidade de Santa Rosa em terreno plano;

b) As edificações vizinhas são do mesmo porte ou mais baixas que o edifício considerado;

c) a velocidade do vento no local da edificação, obtida pelo gráfico de isopletas (figura 8): V_0 = 45m/ s.

Figura 8 – Gráfico de Isopletas



Fonte: NBR 6123 (1988, p.6).

Fator topográfico S_1; tratando-se de um terreno plano ou fracamente acidentado tem-se $S_1 = 1,0$.

Fator de rugosidade S_2; segundo a localização do edifício consideramos a categoria III para rugosidade do terreno. Como as dimensão do edifício são menores que 20 m, consideram-se que o edifício pertence a classe A. A tabela da figura 9 obtemos os coeficientes b = 0,94 e p = 0,10.

Figura 9– Parâmetros Meteorológicos

Categoria	z_g (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1,00	1,00	1,00
		F_r	1,00	0,98	0,95
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Fonte: NBR 6123 (1988, p.9).

Equação 3: $S_2 = b.Fr.\left(\frac{Z}{10}\right)^p$

Substituindo os valores na (Eq.3), onde z é a altura do edifício (em metros) acima do nível do terreno, obtemos os valores conforme quadro 34.

Quadro 34– Fator de Rugosidade S_2

Z (m)	4,32	7,20	10,08	12,98	15,84
S_2	0,86	0,91	0,94	0,96	0,98

Fonte: Próprio autor (2013).

Fator estatístico S_3; como se trata de uma edificação para uso residêncial S_3 =1,0 , grupo 2, conforme figura 10.

Figura 10– Fator Estatístico S_3

Grupo	Descrição	S_3
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

Fonte: NBR 6123 (1988, p.10).

A velocidade característica do vento e a pressão dinâmica, expressas pela (Eq.4) e (Eq.5) estão representadas no quadro 35.

Velocidade Característica (m/s):

Equação 4: $V_K = V_0.S_1.S_2.S_3$

Pressão Dinâmica (KN/m²):

Equação 5: $qv = \frac{Vk}{1600}^{2}$

Quadro 35– Cargas do Vento

Z(m)	S_2	V_K	q_v
4,32	0,86	38,70	0,936
7,20	0,91	40,95	1,048
10,08	0,94	42,30	1,118
12,98	0,96	43,20	1,166
15,84	0,98	44,10	1,216

Fonte: Próprio autor (2013).

Para o cálculo do Coeficiente de arrasto foi considerado apenas a direção Y.

Neste caso, tem-se a=14,84 m, b=11,50 m e h=15,84m.

Equação 6: $\frac{a}{b} = \frac{14,84}{11,50}$ =1,290

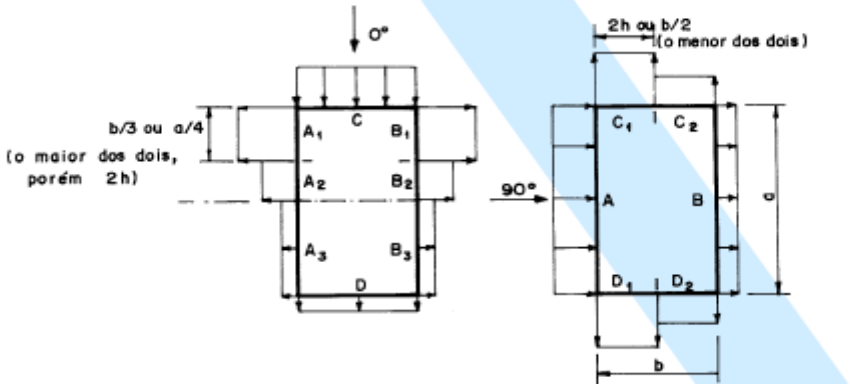
Equação 7: $\frac{h}{a} = \frac{15,84}{14,84}$ =1,067

Entrado no gráfico da figura 11 com os valores obtidos na (Eq.6) e (Eq.7) podemos calcular o Coeficiente de Força do Vento (Eq.8).

Equação 8: Cf= A – B = 0,7 – (– 0,5) = 1,2

Figura 11– Coeficientes de Pressão e de Forma

Altura relativa		Valores de C_e para								c_{pe} médio
		$\alpha = 0°$				$\alpha = 90°$				
		A_1 e B_1	A_2 e B_2	C	D	A	B	C_1 e D_1	C_2 e D_2	
0,2 b ou h (o menor dos dois) $\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 0,8	- 0,5	+ 0,7	- 0,4	+ 0,7	- 0,4	- 0,8	- 0,4	- 0,9
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	- 0,8	- 0,4	+ 0,7	- 0,3	+ 0,7	- 0,5	- 0,9	- 0,5	- 1,0
$\frac{1}{2} < \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 0,9	- 0,5	+ 0,7	- 0,5	+ 0,7	- 0,5	- 0,9	- 0,5	- 1,1
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	- 0,9	- 0,4	+ 0,7	- 0,3	+ 0,7	- 0,6	- 0,9	- 0,5	- 1,1
$\frac{3}{2} < \frac{h}{b} \leq 6$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 1,0	- 0,6	+ 0,8	- 0,6	+ 0,8	- 0,6	- 1,0	- 0,6	- 1,2
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	- 1,0	- 0,5	+ 0,8	- 0,3	+ 0,8	- 0,6	- 1,0	- 0,6	- 1,2

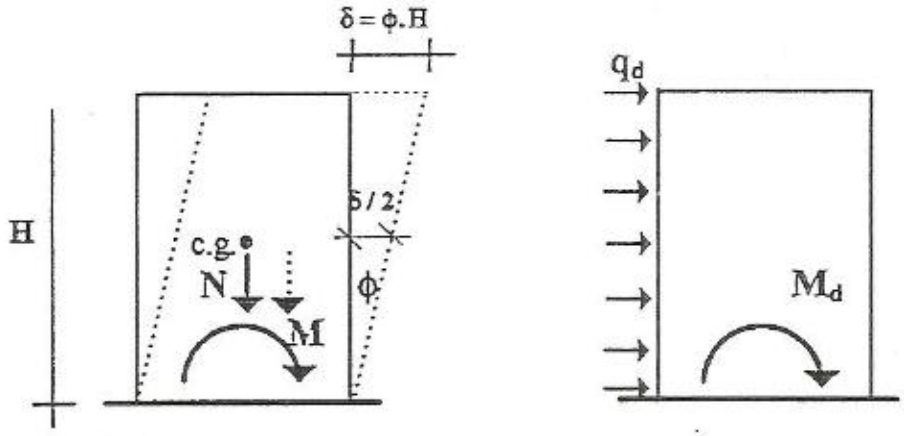


Fonte: NBR 6123 (1988, p.14).

4.3.2 Ações devido ao Desaprumo

Para edifícios de andares múltiplos deve ser considerado um desaprumo global. A consideração desta ação pode ser feita através do conhecimento do desvio angular da construção em relação a base, a partir deste valor é possível determinar o valor da intensidade equivalente ao desaprumo (Eq.9), e da força lateral uniformemente distribuída, que produz o mesmo momento que o produzido pelas cargas verticais excêntricas, conforme figura 12.

Figura 12– Intensidade Equivalente ao Desaprumo



Fonte: Cavalheiro [2004?].

Equação 9: $Ø = \frac{1}{100.\sqrt{H}} = \frac{1}{100.\sqrt{15,84}} = 0,0025°$

Equação 10: $q_d = \frac{N}{100.C.H.\sqrt{H}} = \frac{9737}{100.14,84.15,84.\sqrt{15,84}} = 0,104$ KN/m²

Onde:

N: Força correspondente ao peso estimado do prédio, aplicado no c.g.

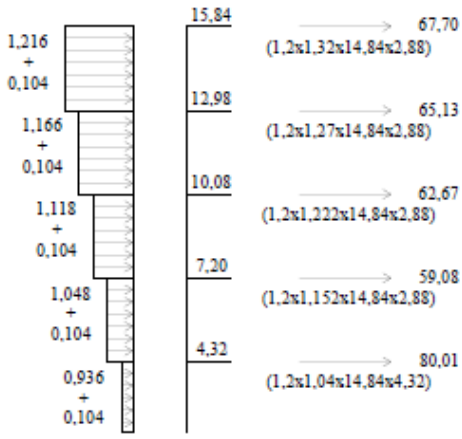
C: O comprimento da face onde atua q_d.

δ: O deslocamento do topo

H: Altura da edificação.

Na figura 13 estão apresentados os valores da carga do vento somadas as cargas devidas ao desaprumo da edificação.

Figura 13– Pressões do Vento e do Desaprumo

Pressões do Vento e do Desaprumo "qv+qd" (KN/m²)	Forças Laterais Aplicadas nas Lajes "F= Cf.(qv+qd).A" (KN)	Pav.	Forças Laterais Acumuladas Nivel Laje "Fp"(KN)	Momentos Fletores Acumuladas Piso Pavimento "Mp"(KN.m)
	C	67,70	
		5	132,83	194,98
		4	195,50	577,53
		3	254,58	1.140,57
		2	334,59	1.873,76
		1		3.319,19

Fonte: Próprio autor (2013).

Na figura 14 estão apresentadas as paredes que agem como contraventamento na direção Y. Parte de uma parede transversal pode funcionar como flange para uma parede de contraventamento, aumentando sua rigidez e resistência. A influência deste flange, foi levada em conta no dimensionamento, considerando que a ligação entre a parede principal e o flange seja capaz de resistir às ações de corte. O tamanho dos flanges são limitados pelas menores dimensões entre (a e b) expressas abaixo ou pelas aberturas.

Parede Tipo I:

a) 1/6 da altura total da parede do nível analisado.

Equação 11: $\frac{1}{6}.H = \frac{1}{6}.12{,}98 = 2{,}16m$

b) 12 x a espessura da parede.

Equação 12: $12.0{,}15 = 1{,}80m$

Parede Tipo C:

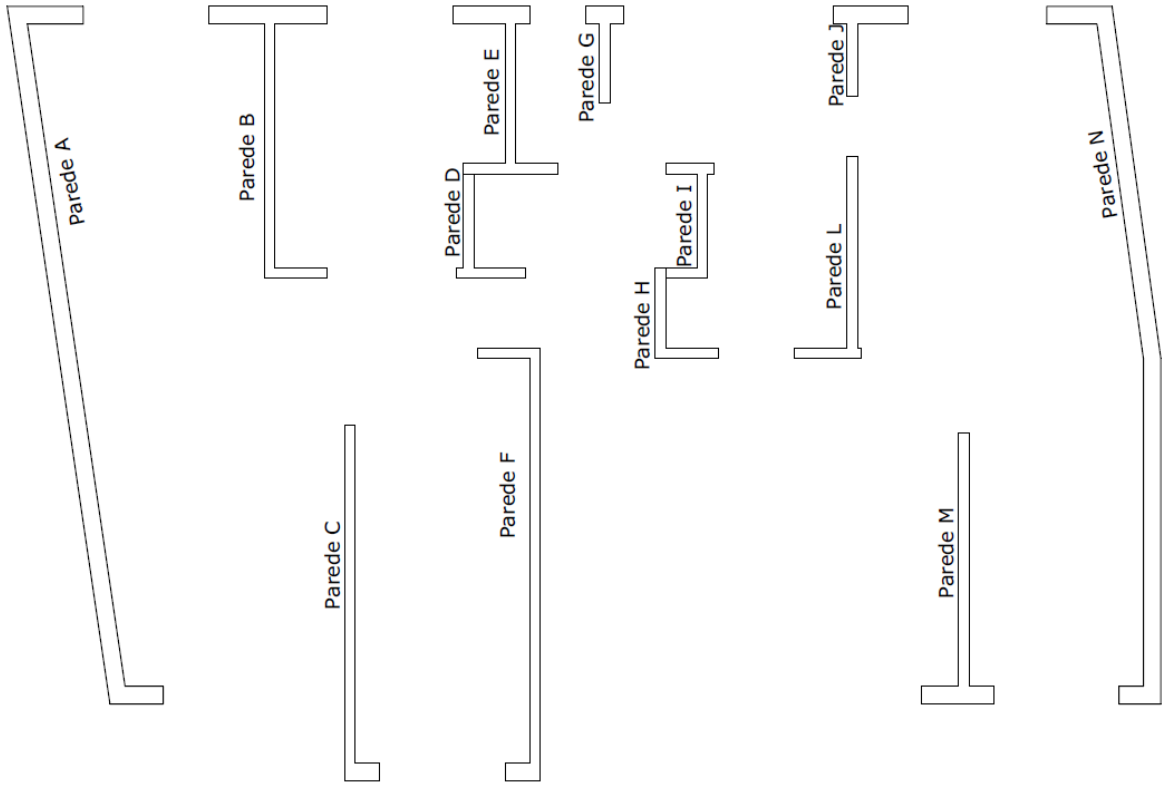
a) 1/16 da altura total da parede do nível analisado.

Equação 13: $\frac{1}{16}.H = \frac{1}{16}.12{,}98 = 0{,}81m$

b) 6 x a espessura da parede.

Equação 14: $6.0{,}15 = 0{,}90m$

Figura 14– Paredes de Contraventamento na Direção Y.



Fonte: Próprio autor (2013).

As inércias das paredes apresentadas no quadro 36 foram obtidas através dos desenhos das mesmas no Autocad, criando uma região para cada parede através do comando region, após cada parede ser transformada em uma região foi obtida a inércia de cada uma através do comando massprop.

Quadro 36– Inércia das Paredes

Parede	Inércia X
	(m^4)
A	0,093
B	0,122
C	0,006
D	0,015
E	0,063
F	0,030
G	0,056
H	0,012
I	0,011
J	0,024
L	0,018
M	0,025
N	0,123
Σ	0,598

Fonte: Próprio autor (2013).

Equação 15: $C = \frac{I}{\Sigma I}$

Onde:

C: coeficiente de distribuição

I: inércia da parede

ΣI: somatório das inércias de todas as paredes

A seguir estão representados os esforços cortantes e momentos fletores em cada pavimento devido as cargas do vento para a parede A (quadro 37) e parede E (quadro 38).

Quadro 37– Esforços solicitantes na parede “A” devido à ação do vento

Pav.	Forças Laterais e Momentos		Coeficiente de Distribuição	Esforços Solicitantes Parede "A"	
N°	Fp	Mp	C	Cortante V	Momento M
	(KN)	(KN.m)		(KN)	(KN.m)
5	65,13	187,57	0,15552	10,13	29,17
4	127,8	555,64	0,15552	19,88	86,41
3	186,88	1093,85	0,15552	29,06	170,11
2	266,89	2246,82	0,15552	41,51	349,42

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 38– Esforços solicitantes na parede “E” devido à ação do vento

Pav.	Forças Laterais e Momentos		Coeficiente de Distribuição	Esforços Solicitantes Parede "E"	
N°	Fp (KN)	Mp (KN.m)	C	Cortante V (KN)	Momento M (KN.m)
C	67,70	194,98	0,10535	7,13	20,54
5	132,83	577,53	0,10535	13,99	60,84
4	195,5	1140,57	0,10535	20,60	120,16
3	254,58	1873,76	0,10535	26,82	197,40
2	334,59	3319,19	0,10535	35,25	349,68

Fonte: Próprio autor (2013).

Com os resultados das cargas verticais obtidas no quadro 20 e 27, pode-se obter os valores das tensões de compressão na alvenaria, bastando, para isto, dividir os valores acumulados de cada nível pela área da seção transversal de cada parede. Este cálculo foi feito para a parede A (quadro 39) e parede E (quadro 40).

Quadro 39– Tensões de compressão devidas às cargas verticais permanentes e acidentais Parede “A”

Pav.	Carga Vertical g+q (KN/m)	Área bruta da Alvenaria Comprimida por metro linear - A'c (mm²)	Tensão de Compressão na Alvenaria- área bruta - falv,c (Mpa)
5	13,11	220	0,06
4	36,37	220	0,17
3	59,63	220	0,27
2	82,89	220	0,38

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 40– Tensões de compressão devidas às cargas verticais permanentes e acidentais

Parede “E”

Pav.	Carga Vertical g+q	Área bruta da Alvenaria Comprimida por metro linear - A'c	Tensão de Compressão na Alvenaria- área bruta - falv,c
	(KN/m)	(mm²)	(Mpa)
C	7,42	110	0,07
5	28,31	110	0,26
4	47,79	110	0,43
3	67,27	110	0,61
2	86,75	110	0,79

Fonte: Próprio autor (2013).

No quadro 41 e 42 estão apresentados os resultados das tensões de compressão devido ao vento, somadas as tensões de compressão devido a carga permanente.

Devido aos valores serem menores que a tensão de compressão devido a carga permanente e acidental, podemos desconsiderar as tensões de compressão devidas ao vento.

Equação 16: $falv,f = \frac{1,4.V}{A'c.10}$

Onde:

falv,f: Tensão de compressão devido ao vento

V: Esforço cortante

A’c: Área bruta da alvenaria por metro linear

Quadro 41– Tensões de flexo - compressão devidas ao vento e a carga permanente

Parede “A”

Pav.	g	M	falv,c	falv,f	Tensão de Borda área bruta (Mpa)	
	(KN/m)	(KN*m)	(Mpa)	(Mpa)	falv,c+falv,f	falv,c - falv,f
5	8,84	29,17	0,04	0,000006	0,040188	0,040175
4	28,84	86,41	0,13	0,000013	0,131104	0,131078
3	48,84	170,11	0,22	0,000018	0,222018	0,221982
2	62,33	349,42	0,28	0,000026	0,283345	0,283292

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 42– Tensões de flexo - compressão devidas ao vento e a carga permanente

Parede “E”

Pav.	g	M	falv,c	falv,f	Tensão de Borda área bruta (Mpa)	
	(KN/m)	(KN*m)	(Mpa)	(Mpa)	falv,c+falv,f	falv,c - falv,f
C	6,26	20,54	0,06	0,01	0,07	0,05
5	22,41	60,84	0,20	0,02	0,22	0,19
4	38,33	120,16	0,35	0,03	0,37	0,32
3	54,25	197,40	0,49	0,03	0,53	0,46
2	70,17	349,68	0,64	0,04	0,68	0,59

Fonte: Próprio autor (2013).

4.4 TENSÃO ADMISSÍVEL DO SOLO

De acordo com a NBR 6122 (2010) a tensão admissível em uma fundação superficial, é a tensão aplicada ao solo que provoca apenas recalques que a construção pode suportar, e que ofereça segurança satisfatória contra a ruptura ou o escoamento do solo ou da fundação.

Para a estimativa da capacidade de carga pelo método de Terzaghi, foi utilizado os dados do solo de Ijuí (VIECILI, 2003) apresentados na figura 15, 16 e 17. Foram adotados estes valores por se tratar de um solo da região, consequentemente terão valores mais próximos dos reais. A NBR 6122 (2010) não permite usar solos de outros lotes, os ensaios necessários devem ser feitos usando o solo do próprio lote, mas como o trabalho é apenas para conhecimentos acadêmicos esses dados podem ser adotados.

Equação 17: $\sigma r = C.Nc.Sc + q.Nq.Sq + \frac{1}{2}.\gamma.B.N\gamma.S\gamma$

$$\sigma r = 17{,}25.14{,}83.1{,}43 + 13{,}74.6{,}40.1{,}36 + \frac{1}{2}.13{,}74.1.5{,}39.0{,}60$$

$$\sigma r = 507{,}63\ KPa$$

Equação 18: σadm = $\frac{\sigma r}{FS}$

σadm = $\frac{507{,}63}{3}$ = 169,21 KPa ou 1,69 Kgf/cm²

Onde:

σr: Capacidade de carga ou tensão de ruptura

σadm: Tensão admissível do solo

FS: Fator de segurança para fundações superficiais = 3. NBR 6122 (2010)

C: Coesão do solo

q: Sobrecarga

B: Menor dimensão da sapata

Nc, Nq e Nγ: Fatores de capacidade de carga obtido em função do ângulo de atrito (figura 18)

Sc, Sq e Sγ: Fatores de forma

Para os valores de coesão e ângulo de atrito, foi considerado o solo inundado como sugere Viecili (2003), pois não tem como garantir que o solo terá uma condição drenada durante toda vida útil da edificação. O valor escolhido foi o menor entre o solo A e B, somando ¼ da diferença entre os solos.

Figura 15– Coesão (C, em KPa) de pico e residual

Condição	***Solo A***		***Solo B***	
	Natural	***Inundado***	***Natural***	***Inundado***
Pico	47,0	15,8	56,5	38,9
Residual	51,8	13,5	48,0	30,3

Fonte: Viecili (2003).

Figura 16– Ângulo de atrito (Ø, em °) de pico e residual

Condição	***Solo A***		***Solo B***	
	Natural	***Inundado***	***Natural***	***Inundado***
Pico	19,9	24,1	22,6	23,2
Residual	38,4	39,1	41,8	34,4

Fonte: Viecili (2003).

Figura 17– Propriedade físicas do solo

Propriedades	*Valores Médios*
Limite de liquidez (LL)	59,00 %
Limite de plasticidade (LP)	47,03 %
Índice de plasticidade (IP)	11,97 %
Peso específico real dos grãos (G)	28,52 kN/m^3
Umidade média de campo (H)	34,53 %
Peso específico natural (γ_n)	13,74 kN/m^3

Fonte: Viecili (2003).

Figura 18– Fatores de capacidade de carga

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	$tg\phi$
0	5,14	1,00	0,00	0,20	0,00
1	5,38	1,09	0,07	0,20	0,02
2	5,63	1,20	0,15	0,21	0,03
3	5,90	1,31	0,24	0,22	0,05
4	6,19	1,43	0,34	0,23	0,07
5	6,49	1,57	0,45	0,24	0,09
6	6,81	1,72	0,57	0,25	0,11
7	7,16	1,88	0,71	0,26	0,12
8	7,53	2,06	0,86	0,27	0,14
9	7,92	2,25	1,03	0,28	0,16
10	8,35	2,47	1,22	0,30	0,18
11	8,80	2,71	1,44	0,31	0,19
12	9,28	2,97	1,69	0,32	0,21
13	9,81	3,26	1,97	0,33	0,23
14	10,37	3,59	2,29	0,35	0,25
15	10,98	3,94	2,65	0,36	0,27
16	11,63	4,34	3,06	0,37	0,29
17	12,34	4,77	3,53	0,39	0,31
18	13,10	5,26	4,07	0,40	0,32
19	13,93	5,80	4,68	0,42	0,34
20	14,83	6,40	5,39	0,43	0,36
21	15,82	7,07	6,20	0,45	0,38
22	16,88	7,82	7,13	0,46	0,40
23	18,05	8,66	8,20	0,48	0,42
24	19,32	9,60	9,44	0,50	0,45
25	20,72	10,66	10,88	0,51	0,47
26	22,25	11,85	12,54	0,53	0,49
27	23,94	13,20	14,47	0,55	0,51
28	25,80	14,72	16,72	0,57	0,53
29	27,86	16,44	19,34	0,59	0,55
30	30,14	18,40	22,40	0,61	0,58
31	32,67	20,63	25,99	0,63	0,60
32	35,49	23,18	30,22	0,65	0,62
33	38,64	26,09	35,19	0,68	0,65
34	42,16	29,44	41,06	0,70	0,67
35	46,12	33,30	48,03	0,72	0,70

Fonte: Wayhs (2013).

4.5 PROJETO DE FUNDAÇÃO

4.5.1 Lançamento da Estrutura no Eberick V6

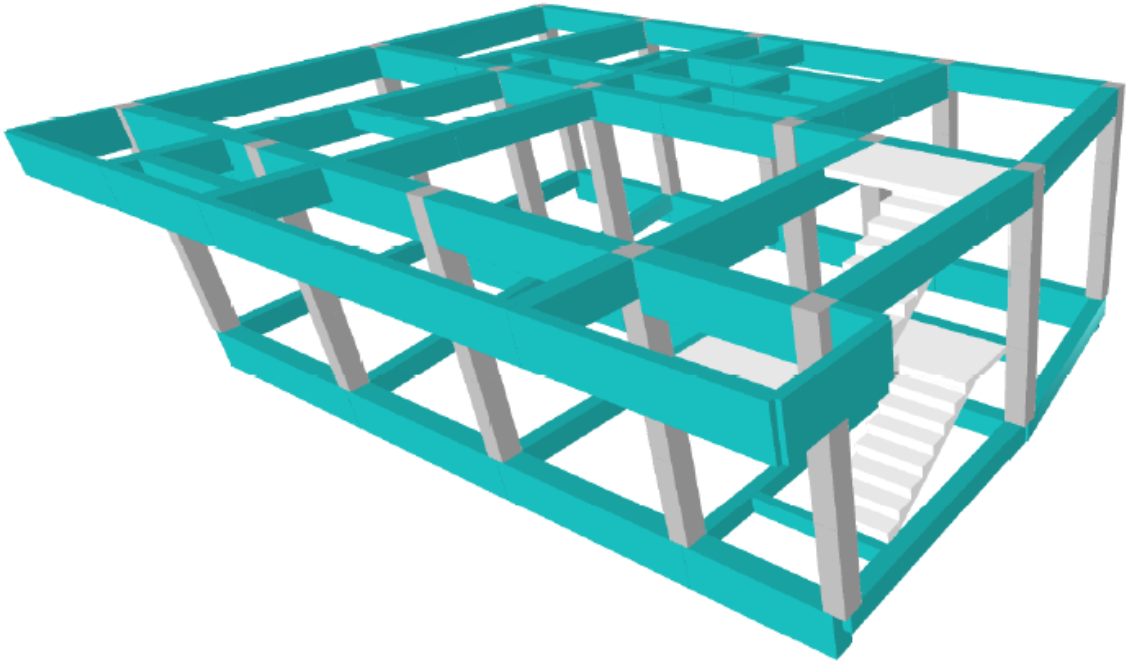
O projeto investigativo consistiu em dimensionar com auxilio do software Eberick V6 as fundações da edificação em estudo, as lajes, vigas, pilares e escadas não foram analisadas neste trabalho.

As fundações foram assentadas a um metro de profundidade, conforme as fundações executadas.

O lançamento da estrutura foi feito com auxílio da planta arquitetônica importada do Autocad em formato DWG. As dimensão dos pilares e vigas lançadas no Eberick V6 foram mantidas conforme executado.

A figura 19 apresenta o modelo estrutural lançado no Eberick V6, as cargas da alvenaria estrutural utilizadas para o carregamento das vigas foram obtidas no quadro 1 ao quadro 33 e lançadas na estrutura como cargas lineares.

Figura 19– Modelo Estrutural



Fonte: Próprio autor (2013).

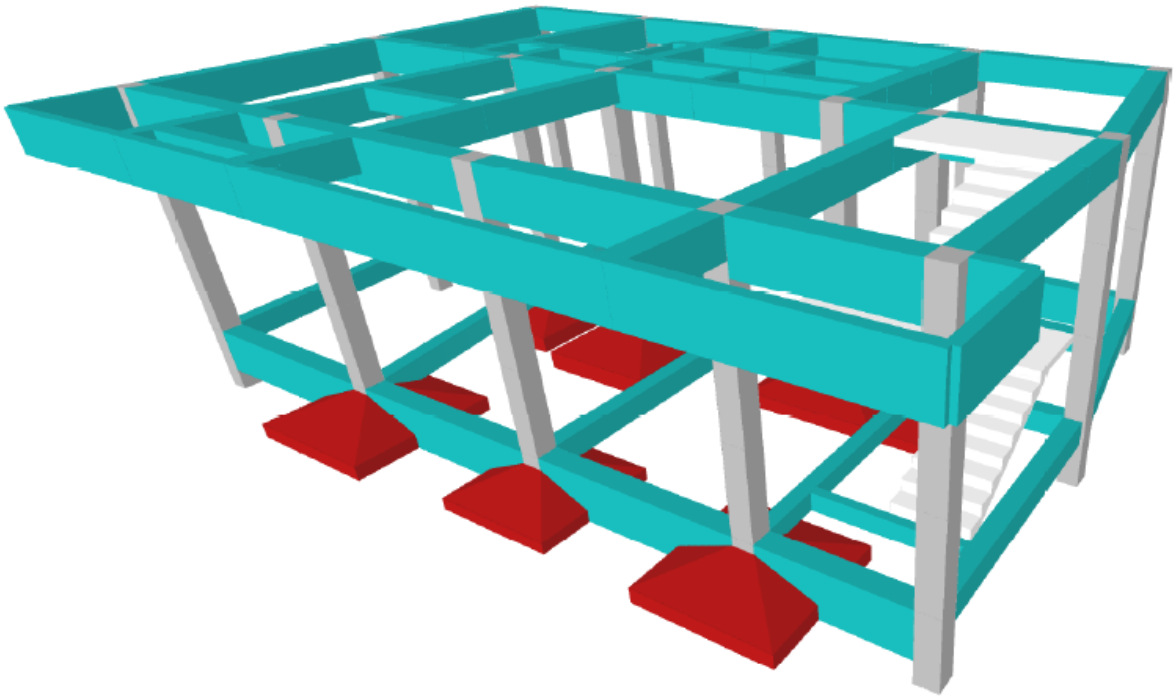
A figura 20 e 21 apresenta o modelo estrutural do pavimento térreo, as paredes externas foram lançadas com cargas de 18 KN/m³ e as internas com cargas de 13 KN/m³ conforme NBR 6120 (1980). Para o modelo estrutural da figura 20 foi utilizada sapatas de divisa, para tentar reproduzir o projeto executado.

Para o modelo da figura 21 foram lançadas sapatas recuadas para dentro da edificação e sobre as sapatas foi lançada uma viga de equilíbrio, que tem a função de transmitir as cargas provenientes dos pilares de divisa até as sapatas.

Para o dimensionamento das sapatas foi configurado a classe do concreto como C-25 no campo configurações – materiais e durabilidade.

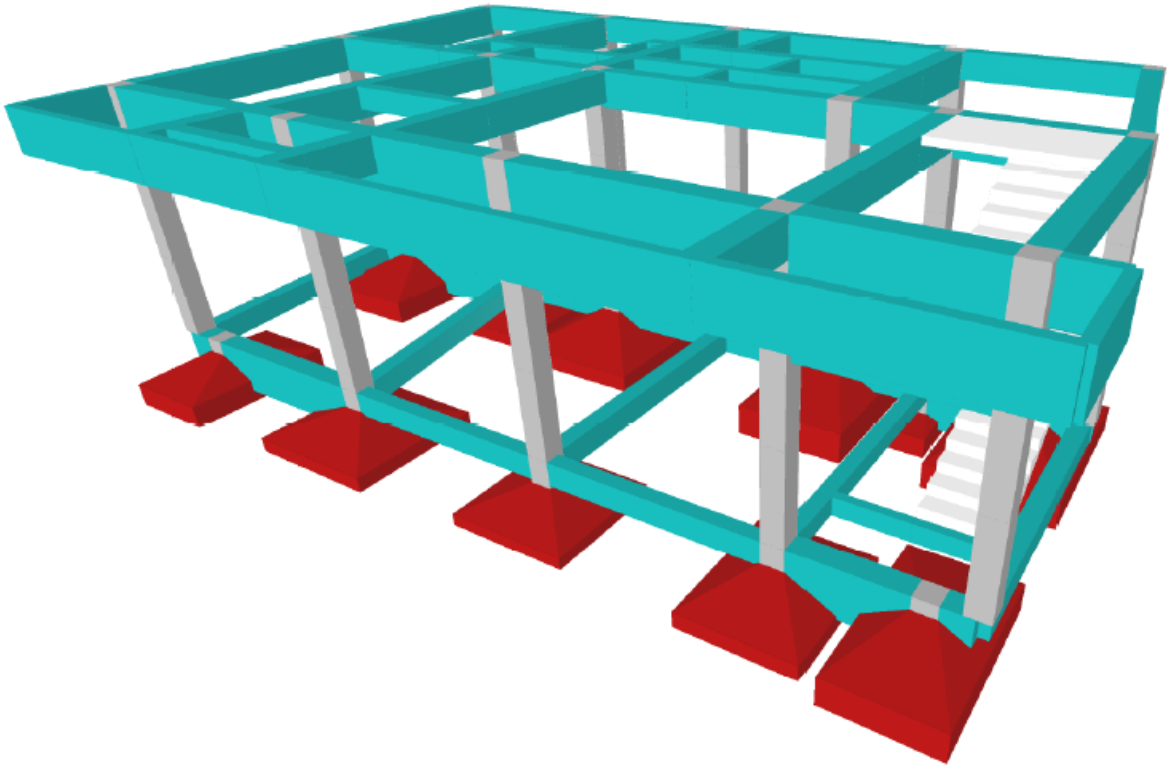
Os dados do solo foram configurados através do campo configurações – dimensionamento – sapatas, conforme o item 4.4 deste trabalho.

Figura 20– Modelo Estrutural Pavimento Térreo com Sapata de Divisa



Fonte: Próprio autor (2013).

Figura 21– Modelo Estrutural Pavimento Térreo Com Viga de Equilíbrio



Fonte: Próprio autor (2013).

Após lançada a estrutura iniciou-se o processamento do pórtico espacial, o qual rodou sem erros, significando que os modelos estruturais propostos atenderam as condições de estabilidade exigidas pelo programa, caso contrário seria necessário corrigir o modelo estrutural. Após o processamento do pórtico espacial iniciou-se o dimensionamento dos elementos.

Na janela de dimensionamento das sapatas, foi iniciado com o modelo estrutural da figura 20, que logo começou a apresentar erros nas sapatas de divisa, estes erros já eram esperados, pois a carga excêntrica gera um momento fletor muito alto na sapata de divisa, para dimensionar as sapatas de divisas seria preciso aumentar consideravelmente a altura das sapatas para a mesma conseguir combater os momentos solicitantes. Como não foi possível resolver os erros acusados pelo programa para a profundidade de 1 metro o qual pretendia o trabalho, o modelo estrutural da figura 20 foi descartado.

Para as sapatas do modelo estrutural da figura 21 foram encontrados alguns problemas para o dimensionamento, o principal problema foi que as sapatas estavam muito próxima uma da outra e até algumas que se transpassava, esse problema foi resolvido fixando um dos lados

da sapata na aba “seção”, com isso é possível diminuir um lado da sapata e recalcular o outro através do ícone “calcular”. Após resolver todos os erros encontrados foi processado a estrutura novamente para garantir que não existem erros no dimensionamento. Dimensionado todos os elementos, iniciou-se a geração das pranchas de detalhamento das fundações (ANEXO B).

4.6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Após dimensionada todas as fundações podemos comparar com as executadas, no quadro 43 está relacionada a diferença de áreas das sapatas existentes e das dimensionadas, o resultado obtido nesta comparação nos mostra que as sapatas dimensionadas são 42,67% maior que as executadas.

Quadro 43– Comparação Sapata Executada x Dimensionada

PILAR	CARGA	ÁREA Existente	ÁREA Dimensionada	DIFERENÇA
	(KN)	(m²)	(m²)	%
P2	360	2,10	2,89	37,62
P3	767	3,38	5,64	66,86
P4	636	3,50	4,73	35,14
P7	590	3,61	4,28	18,56
P8	968	6,50	6,96	7,08
P9	820	3,61	6,01	66,48
P10	167	2,21	1,28	-42,08
P13	739	4,20	5,29	25,95
P14	557	3,24	4,00	23,46
P15	558	3,24	4,05	25,00
PF1	379	3,06	2,72	-11,11
PF5	474	3,06	3,44	12,42
PF6	817	3,12	5,90	89,10
PF11	918	3,12	6,62	112,18
PF12	554	2,00	4,00	100,00
PF16	595	2,00	4,32	116,00
			Média	42,67

Fonte: Próprio autor (2013).

4.7 RECALQUES

Os recalques foram calculados pelo método de Schultze e Sheriff (Eq.19) e pelo método de Burland e Burdidge (Eq.20), foram escolhidos estes métodos por serem os mais utilizados e confiáveis. Para dimensionar os recalques adotou-se o N mínimo do ANEXO C.

No quadro 44 apresentam-se os recalques das fundações execut adas, percebe-se que os recalques em muitas fundações estão acima ou bem próximos de 25mm, que é o valor máximo recomendado para os recalques.

No quadro 45 apresentam-se os recalques das fundações dimensionadas neste trabalho, os resultados são satisfatórios para os dois métodos adotados.

Equação 19: $\rho i = \frac{S.P}{N^{0,87.\left[1+\left(0,4.\frac{D}{B}\right)\right]}}$

Equação 20: $\rho i = q'.B^{0,7}$ .Ic

Quadro 44– Recalque Fundações Executadas

PILAR	CARGA (KN)	ÁREA (m²)	Schultze e Sheriff $\rho_{i\,(mm)}$	Burland e Burbidge $\rho_{i\,(mm)}$
P2	360	2,10	10,30	23,86
P3	767	3,38	13,64	31,58
P4	636	3,50	10,92	25,29
P7	590	3,61	9,82	22,75
P8	968	6,50	8,95	20,73
P9	820	3,61	13,65	31,61
P10	167	2,21	4,54	10,52
P13	739	4,20	10,58	24,49
P14	557	3,24	10,33	23,93
P15	558	3,24	10,35	23,97
PF1	379	3,06	7,44	17,24
PF5	474	3,06	9,31	21,56
PF6	817	3,12	15,74	36,45
PF11	918	3,12	17,69	40,95
PF12	554	2,00	16,65	38,55
PF16	595	2,00	17,88	41,41

Fonte: Próprio autor (2013).

Quadro 45– Recalque Fundações Dimensionadas

PILAR	CARGA	ÁREA	Schultze e Sheriff	Burland e Burbidge
	(KN)	(m²)	$\rho_{i\,(mm)}$	$\rho_{i\,(mm)}$
P2	360	2,89	7,49	17,34
P3	767	5,64	8,17	18,93
P4	636	4,73	8,08	18,71
P7	590	4,28	8,29	19,19
P8	968	6,96	8,36	19,36
P9	820	6,01	8,20	18,99
P10	167	1,28	7,84	18,16
P13	739	5,29	8,40	19,44
P14	557	4,00	8,37	19,38
P15	558	4,05	8,28	19,18
PF1	379	2,72	8,38	19,39
PF5	474	3,44	8,28	19,18
PF6	817	5,90	8,32	19,27
PF11	918	6,62	8,34	19,30
PF12	554	4,00	8,33	19,28
PF16	595	4,32	8,28	19,17

Fonte: Próprio autor (2013).

CONCLUSÃO

O trabalho buscou refazer o projeto de fundação para comparar com as fundações executas em uma edificação residencial localizada na cidade de Santa Rosa.

A comparação feita entre as fundações comprovou as suspeitas que eram levantadas, as fundações dimensionadas neste trabalho são 42,67% maiores que as sapatas executadas, e o quadro 44 comprova que os recalques das fundações executadas estão acima do limite de 25mm, este fato pode ter ocorrido porque a NBR 6122 (1996) não exigia o calculo dos recalques, apenas recomendava.

Neste trabalho não foi possível dimensionar as sapatas de divisa na profundidade de 1 metro, devido ao momento fletor ser muito alto, por isso o Eberick V6 gerou erros, os quais podiam ser resolvidos aumentando a profundidade da fundação, mas o modelo foi descartado, pois o trabalho buscava um resultado mais próximo do executado. Isso também nos mostra que, além dos problemas citados acima podem existir outros problemas nas sapatas de divisa.

Por fim, afirma-se que o estudo de caso foi de grande valia, pois permitiu a comparação dos resultados entre as sapatas. E possibilitou o aprofundamento no conhecimento dos métodos de fundações superficiais, alvenaria estrutural e no Eberick V6.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Dimensionamento de Fundações Profundas.** 4° Ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2006, 169p.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Previsão e Controle das Fundações.** 3° Ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2003, 142p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15812-1: **Alvenaria Estrutural – Blocos Cerâmicos Parte 1: Projeto**: Rio de Janeiro, 2010. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123: **Forças Devidas ao Vento em Edificações**: Rio de Janeiro, 1988. 66 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento**: Rio de Janeiro, 2007. 221 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: **Projeto e Execução de Fundações**: Rio de Janeiro, 2010. 91 p.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** São Paulo: Disponível em: < http://www.nepae.feis.unesp.br/Apostilas/Projeto%20de%20edificios%20de%20alvenaria%20estrutural.pdf> Acesso em: 17 out. 2013.

CAVALHEIRO, Odilon Pâncaro. **Curso Básico Alvenaria Estrutural.** Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, **[**2004?**]**.

CINTRA, José Carlos A.; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. **Tensão Admissível em Fundações Diretas.** São Carlos: Editora Rima, 2003, 134p.

HACHICH, Waldemar **et al. Fundações:** teoria e prática. 2° Ed. São Paulo: PINI, 1998, 751p.

JOPPERT, Ivan Junior. **Fundações e Contenções de Edifícios:** Qualidade total na gestão do projeto e execução. São Paulo: PINI, 2007, 221p.

LAJES ANHANGUERA. **Lajes Treliçadas.** São Paulo: Disponível em: <http://www.anhanguera.com.br/produtos/lajes_tabelas.htm> Acesso em: 22 out. 2013.

PINTO, Carlos de Souza. **Curso Básico de Mecânica dos Solos:** Em 16 aulas. 3° Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006, 355p.

RAMALHO, Marcio A; CORRÊA, Márcio R. S. **Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** São Paulo: PINI, 2003, 174p.

RIBAS, Jeancarlo; MOHAMAD, Gihad; RIZZATTI, Eduardo. **Avaliação de Diferentes Procedimentos de Distribuição de Ações Verticais para Alvenaria Estrutural.** Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, **[**2013?**]**.

RODRIGUES, Paulo Cesar. **Notas de Aula da Disciplina de Estruturas de Concreto Armado I.** Curso de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2011.

SCHUSSLER, Elias Ricardo. **Interação Entre Alvenaria Estrutural e Concreto Armado – Análise da Distribuição dos Esforços Mediante o Efeito Arco**. 2012. 72 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.

SIMONS, Noel E; MENZIES, Bruce K. **Introdução à Engenharia de Fundações.** Rio de Janeiro: Interciência, 1981, 199p.

VIECILI, Cristiano. **Determinação dos Parâmetros de Resistência do Solo De Ijuí a Partir do Ensaio de Cisalhamento Direto**. 2003. 74 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.

WAYHS, Carlos Alberto Simoes Pires. **Notas de Aula da disciplina de Fundações.** Curso de graduação em Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2013.

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C