

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS GUARAPUAVA
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

Luan Negrelle Strechar

**ANÁLISE DE TABULEIROS DE CONCRETO ARMADO
PARA O VIADUTO DE ACESSO A CIDADE DOS LAGOS EM
GUARAPUAVA - PR**

Guarapuava
Dezembro, 2018

LUAN NEGRELLE STRECHAR

**ANÁLISE DE TABULEIROS DE CONCRETO ARMADO
PARA O VIADUTO DE ACESSO A CIDADE DOS LAGOS EM
GUARAPUAVA - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação de Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Guarapuava,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador: Edson Florentino de Souza
Coorientador: Carlos Francisco Pecapedra de Souza

Guarapuava
Dezembro, 2018

LUAN NEGRELLE STRECHAR

**ANÁLISE DE TABULEIROS DE CONCRETO ARMADO PARA
O VIADUTO DE ACESSO A CIDADE DOS LAGOS EM
GUARAPUAVA – PR**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Responsável pela disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Guarapuava, dezembro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. Edson Florentino de Souza (UTFPR) - Orientador/Presidente
Mestre pela Universidade Paulista Julio de Mesquita Filho

Prof. Msc. Carlos Francisco Pecapedra Souza (UTFPR) - Coorientador
Mestre pela Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Msc. Rodrigo Scoczynski Ribeiro (UTFPR)
Mestre pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dedico este trabalho a minha família, sempre presente e
pilar de todas as minhas realizações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar capacidade física e mental de concluir o curso de Engenharia Civil.

Agradeço a minha família, por sempre me apoiar, e mesmo nas horas difíceis em que ausente estive, não se absteve de me trazer apoio e compaixão. A ela devo parcela imensurável de minha formação pessoal e profissional. Saber que minha família sempre esteve comigo fez com que a caminhada sempre fosse mais leve.

Agradeço aos Professores orientadores deste trabalho, que acreditaram no meu potencial e aceitaram me guiar nesta tarefa. Agradeço ao professor Pecapedra por sua dedicação e tempo para passar o conteúdo, livros e materiais para o estudo do dimensionamento das obras de arte. Agradeço ao professor Edson por todo o conteúdo passado nas disciplinas de Concreto Armado que foram indispensáveis para elaboração deste trabalho.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal e seu corpo docente pela formação em mim investida. Não será desperdiçada.

Por fim, agradeço a meus amigos e colegas que comigo não se pesaram a comemorar momentos festivos no decorrer deste curso.

RESUMO

O presente trabalho consiste no comparativo de diferentes tabuleiros de concreto armado dimensionados para um mesmo viaduto. A obra de arte está localizada na cidade de Guarapuava-PR na PRC-466 (trecho urbano). Para o cálculo das lajes é utilizado as Tabelas de Rusch. O cálculo das longarinas é feito embasado no método de Engesser-Courbon. Além das soluções estruturais, como resultado deste trabalho é possível concluir quais são os pontos positivos e negativos de cada uma das soluções analisadas, com foco principal nas taxas de armaduras encontradas. Ao fim do trabalho, é apresentado um comparativo de materiais e serviços utilizados para cada um dos tabuleiros.

Palavras-chave: Concreto Armado. Tabuleiro. Solução Estrutural.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ponte Otávio Frias de Oliveira.....	7
Figura 2 – Ponte Newton Navarro	7
Figura 3 – Viaduto do Chá década de 50.....	13
Figura 4 – Ponte Governador Orestes Quércia.....	16
Figura 5 – Estrutura de uma ponte em Concreto Armado.....	19
Figura 6 – Ponte sobre vigas de um só vão	20
Figura 7 - Pontes sobre vigas contínuas com vigas com curvas de concordância (a) e com perfil retilíneo (b).....	21
Figura 8 - Pontes sobre duas vigas	26
Figura 9 - Disposição do trem-tipo sobre a pista de rodagem.....	34
Figura 10 – Superfícies de Influência.....	37
Figura 11 - Convenção de apoios de lajes Tabelas de Rusch.....	38
Figura 12 -Projeção da Roda no eixo da Laje	40
Figura 13 - Modelo de compatibilização de momentos fletores em lajes centrais.....	42
Figura 14 - Esquema genérico de deformabilidade das transversinas pelo método de Leonhardt.....	46
Figura 15 - Exemplo de Grelha e seus respectivos coeficientes de repartição.....	48
Figura 16 - Esquema de distribuição transversal das cargas em uma transversina	49
Figura 17 – Fluxograma de etapas do projeto	54
Figura 18 - Layout T.Rusch 1.0.....	57
Figura 19 - Layout FTOOL V4.0	58
Figura 20 – Longarinas com seção reduzida com mísulas	62
Figura 21 - Modelo de seções para lajes.....	62
Figura 22 - Tipos de lajes convenção de Rusch Tabuleiro A.....	63
Figura 23 - Planta do Tabuleiro A.....	64
Figura 24 - Corte Longitudinal Longarinas - Tabuleiro A	66
Figura 25 - Seção Transversal Tabuleiro A.....	69
Figura 26 — Tipos de lajes convenção de Rusch Tabuleiro B	70
Figura 27 - Planta do Tabuleiro B	71
Figura 28 - Corte Longitudinal Longarinas - Tabuleiro B	73

Figura 29 - Seção Transversal Tabuleiro B	78
Figura 30 — Tipos de lajes convenção de Rusch Tabuleiro C	79
Figura 31 - Planta do Tabuleiro C	81
Figura 32 - Corte Longitudinal Longarinas - Tabuleiro C	83
Figura 33 - Seção Transversal Tabuleiro C	86
Figura 34 — Tipos de lajes convenção de Rusch Tabuleiro D.....	87
Figura 35 - Planta do Tabuleiro D.....	89
Figura 36 - Corte Longitudinal Longarinas - Tabuleiro D	91
Figura 37 - Seção Transversal Tabuleiro D.....	97
Figura 38 - Tipos de lajes convenção de Rusch Tabuleiro E	98
Figura 39 - Planta do Tabuleiro E	99
Figura 40 - Seção Transversal Tabuleiro E	100
Figura 41 - Seção Longitudinal Tabuleiro E	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Pórticos.....	22
Quadro 2 – Recomendações para pórticos de Pontes	25
Quadro 3 – Coeficiente de Impacto Vertical	32
Quadro 4 - Valores de Taguti (2002) para o Coeficiente α_0	44
Quadro 5 - Coeficiente k método de Leonhardt	47
Quadro 6 - Coeficientes de combinação de ações	52
Quadro 7 - Tabuleiro A - Coeficientes de majoração cargas móveis Tabuleiro A	64
Quadro 8 - Entradas Tabelas de Rusch Tabuleiro A	65
Quadro 9 - Resumo de resultados lajes - Tabuleiro A.....	65
Quadro 10 - Coeficiente de majoração das cargas móveis para longarinas- Tabuleiro A.....	66
Quadro 11 -Resumo de resultados longitudinais Longarinas $V_1=V_2$ - Tabuleiro A.....	67
Quadro 12 - Armadura Transversal Longarinas - Tabuleiro A	68
Quadro 13 - Quantitativo de aço Longarinas - Tabuleiro A.....	69
Quadro 14 - Coeficientes de majoração cargas móveis Tabuleiro B	70
Quadro 15 - Entradas Tabelas de Rusch - Tabuleiro B	71
Quadro 16 - Resumo de resultados lajes tabuleiro B.....	72
Quadro 17 - Coeficiente de majoração das cargas móveis para longarinas- Tabuleiro B.....	72
Quadro 18 -Resumo de resultados longitudinais Longarinas - Tabuleiro B	74
Quadro 19 - Armadura Transversal Longarinas - Tabuleiro B	76
Quadro 20 - Quantitativo de aço Longarinas - Tabuleiro B.....	78
Quadro 21 - Coeficientes de majoração cargas móveis Tabuleiro C	80
Quadro 22 - Entradas Tabelas de Rusch - Tabuleiro C	81
Quadro 23 - Resumo de resultados lajes tabuleiro C.....	82
Quadro 24 - Coeficiente de majoração das cargas móveis para longarinas- Tabuleiro C.....	82
Quadro 25 -Resumo de resultados longitudinais Longarinas - Tabuleiro C	84
Quadro 26 - Armadura Transversal Longarinas - Tabuleiro C	85
Quadro 27 - Quantitativo de aço Longarinas - Tabuleiro C.....	86
Quadro 28 - Coeficientes de majoração cargas móveis Tabuleiro D	88
Quadro 29 - Entradas Tabelas de Rusch - Tabuleiro D.....	89
Quadro 30 - Resumo de resultados lajes tabuleiro D	90

Quadro 31 - Coeficiente de majoração das cargas móveis para longarinas- Tabuleiro D.....	90
Quadro 32 -Resumo de resultados longitudinais Longarinas - Tabuleiro D.....	92
Quadro 33 - Armadura Transversal Longarinas - Tabuleiro D.....	94
Quadro 34 - Quantitativo de aço Longarinas - Tabuleiro D.....	96
Quadro 35 - Coeficientes de majoração cargas móveis Tabuleiro E.....	98
Quadro 36 - Entradas Tabelas de Rusch - Tabuleiro E.....	99
Quadro 37 - Resumo de resultados lajes tabuleiro E.....	100
Quadro 38 - Orçamento para tabuleiros.....	101
Quadro 39 - Análise de armaduras VIGAS/LAJES.....	107
Quadro 40 – Peso Próprio das estruturas.....	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Aparelhos de apoio
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Bonificação de despesas indiretas
CIA	Coefficiente de impacto adicional
CIV	Coefficiente de Impacto Vertical
CNF	Coefficiente do número de faixas
CREA-PR	Conselho Nacional de Engenharia e Agronomia do Paraná
C.P.U.	Composição de preços unitários
DER-PR	Departamento de Estradas de Rodagens do Paraná
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
OAE	Obra de Arte Especial
RH	Recursos Humanos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
1.1	PONTES E VIADUTOS	6
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO	10
1.2.1	Objetivo principal.....	10
1.2.2	Objetivos secundários.....	10
1.3	JUSTIFICATIVA.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1	RECOMENDAÇÕES AO PROJETO DE OBRAS DE PONTES	12
2.1.1	CONSTRUÇÕES DE PONTES NO BRASIL	12
2.1.2	ESTADO DA ARTE	14
2.1.3	CONCEPÇÃO DE PONTES	15
2.1.4	ANTEPROJETO	17
2.1.5	SISTEMAS ESTRUTURAIS	19
2.1.6	PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO	23
2.1.7	ALTURA CONSTRUTIVA	24
2.1.8	SEÇÃO TRANSVERSAL.....	25
2.1.9	DETALHES DE ACABAMENTOS DE PONTES.....	27
2.1.10	TIPOS DE APOIOS - PILARES	27
2.1.11	APARELHOS DE APOIO	28
2.2	COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS E ORÇAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS	29
3	PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE PONTES	30
3.1	ESFORÇOS EM PONTES	30
3.1.1	Ações Permanentes	31
3.1.2	Ações Variáveis: Cargas móveis.....	31
3.1.3	Cargas móveis: Efeitos dinâmicos	35
3.1.4	Cargas móveis: Forças horizontais.....	35
3.1.5	Ações excepcionais	36
3.2	MECÂNICA ESTRUTURAL	36
3.2.1	Cálculo das lajes.....	37
3.2.2	Tabelas de Rusch.....	38
3.2.3	Cálculo das vigas longarinas.....	44
3.2.4	Cálculo das vigas transversinas.....	49
3.3	NORMAS	50
3.4	MATERIAIS E MÉTODOS	53
3.5	ETAPAS DO DIMENSIONAMENTO.....	55
3.6	SOFTWARES UTILIZADOS	55
3.6.1	T.Rusch 1.0.....	56
3.6.2	FTOOL V4.0.....	57
3.6.3	Planilhas eletrônicas	58

4	ESTUDO DE CASO.....	60
4.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	60
4.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	60
4.3	PARÂMETROS COMUNS A TODOS OS TABULEIROS	60
4.4	TABULEIRO A	63
4.4.1	Cálculo das lajes.....	63
4.4.2	Cálculo das Longarinas	66
4.5	TABULEIRO B.....	69
4.5.1	Cálculo das lajes.....	69
4.5.2	Cálculo das Longarinas	72
4.6	TABULEIRO C.....	78
4.6.1	Cálculo das lajes.....	78
4.6.2	Cálculo das Longarinas	82
4.7	TABULEIRO D	87
4.7.1	Cálculo das lajes.....	87
4.7.2	Cálculo das Longarinas	90
4.8	TABULEIRO E.....	97
4.8.1	Cálculo das lajes.....	97
5	RESULTADOS	101
6	CONCLUSÕES	108
	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	108
	REFERÊNCIAS	110
	ANEXOS	112
	ANEXO A – Projeto arquitetônico de OAE licitado pelo DER-PR	113
	ANEXO B – C.P.U. de OAE	116
	APÊNDICES.....	118
	APÊNDICE A – MEMÓRIA DE CÁLCULO.....	119
	MATERIAS	119
	TABULEIRO A.....	120
	Cálculo das lajes	120
	Cálculo das Longarinas.....	141
	TABULEIRO B.....	154
	Cálculo das lajes	154
	Cálculo das Longarinas.....	176
	TABULEIRO C.....	187
	Cálculo das lajes	187
	Cálculo das Longarinas.....	202
	TABULEIRO D.....	211
	Cálculo das lajes	211
	Cálculo das Longarinas.....	229
	TABULEIRO E	243
	Cálculo das lajes	243

APÊNDICE B – MODELO TAXA ARMADURA LAJES	247
APÊNDICE C – MODELO QUANTITATIVO AÇO LAJES	248
APÊNDICE D – MODELO TAXA ARMADURA LONGITUDUDINAL DAS LONGARINAS.....	249
APÊNDICE E – MODELO TAXA DE ARMADURA TRANSVERSAL NAS LONGARINAS	253

1 INTRODUÇÃO

1.1 PONTES E VIADUTOS

O projeto de uma ponte ou grande estrutura é o produto de um processo criativo constituído de uma sequência de alternativas, onde cada uma procura melhorar a anterior, até que se atinja uma solução suficientemente boa para ser construída (STUCCHI, 2006). Denomina-se Ponte a obra destinada a permitir a transposição de obstáculos, a continuidade de uma via de comunicação qualquer. Os obstáculos podem ser: rios, braços de mar, vales profundos, outras vias etc. As pontes são as obras que tem por objetivo superar rios, braços de mares, córregos, ou seja, obstáculos que com água. Os viadutos são obras semelhantes às pontes, mas que tem por objetivo vencer obstáculos sem água, bem como outras vias ou vales.

Devido ao processo criativo, intuitivo e da sequência de alternativas para se atingir um produto final adequado às pontes são usualmente chamadas de “Obras de Arte”. A quantidade de materiais e técnicas construtivas que podem ser empregadas na construção de uma ponte são parte da complexidade envolvida em um projeto satisfatório. O projetista de uma ponte deve ter grande conhecimento técnico dos materiais e técnicas construtivas, analisando todas as possíveis soluções que esta poderá ter.

Quando as obras mudam completamente o cenário que são alocadas, a sua estética é apontada como fator relevante para escolha do projeto. Algumas obras são consideradas cartões postais das cidades, bem como a ponte estaiada Octávio Frias de Oliveira (Figura 1) sobre o rio Pinheiros em São Paulo e a ponte estaiada Newton Navarro (Figura 2) na cidade de Natal – RN. Sobretudo, deve-se levar em consideração o quanto o financiador da obra está disposto a elevar os custos da obra em função da beleza proporcionada por uma solução arquitetônica e estrutural espetacular. Existem vezes em que a solução estrutural adequada para a obra já não é considerada como um aspecto da concepção da obra, mas sim como fator preponderante na escolha. Dá-se exemplo disso obras de pontes rurais com pequeno fluxo de veículos e que proporcionam custos de transporte de materiais industrializados alto.

Figura 1 - Ponte Otávio Frias de Oliveira



(Fonte: TRIP TIMES¹)

Figura 2 – Ponte Newton Navarro



¹ Disponível em: < <https://www.triptimes.com/sao-paulo/> >. Acesso em 12/11/2018.

Ao projetista dá-se o trabalho de levantar como será a utilização da obra. Para tanto, deve-se determinar qual é a carga rodoviária que a ponte ou viaduto vai suportar, e se essa carga irá aumentar na vida útil na obra. O DNIT, órgão federal que rege a construção de rodovias brasileiras oferece um manual e normas para cargas dinâmicas e estáticas que as pontes em geral estão sujeitas. Entretanto cabe ao projetista o trabalho de estudar qual é a influência das cargas de utilização na obra que está projetando. Como exemplos podem ser dadas as pontes urbanas, construídas no interior das cidades que tendem a possuir um trânsito mais denso e de automóveis de pequeno porte, ao oposto, por exemplo, de pontes rodoviárias que possuem um fluxo de veículos maior que transitam em maior velocidade e que podem estar sujeitas a vários tamanhos e pesos de veículos.

Os princípios básicos urbanísticos também devem ser levados em consideração para a construção da obra, haja vista a possibilidade não só do modal rodoviário, mas também de possíveis ciclistas e pedestres que possam utilizar a ponte. A segurança dos pedestres e ciclistas deve ser de extrema importância para o projeto, o que gerará ao projetista possíveis escolhas para a implantação das faixas não rodoviárias. Essas escolhas poderão influenciar diretamente na estrutura da obra. A escolha de uma área de passeio construída em concreto armado e em balanço, por exemplo, pode gerar momentos fletores negativos no tabuleiro da ponte. Já escolha de um sistema construtivo alternativo, bem como a construção da área de passeio em estrutura metálica pode reduzir o peso próprio da estrutura e pode até acelerar o cronograma da obra, haja vista, a não necessidade de cura das lajes ou preparação de formas de madeira para o lançamento do concreto.

Os custos das construções de obras de arte são assunto de muitas discussões públicas. A análise de custos das construções das obras de interesse público, como são as obras de arte, é complexa e possui inúmeras variáveis. Um dos aspectos de relevância no custo de vida útil da obra é o quanto está irá demandar de manutenção, e consequentemente, quanto esta

² Disponível em: < <http://www.versatilnews.com.br/2018/05/natal-tem-atividades-dentro-da-campanha-maio-amarelo/> > Acesso em 12/11/2018.

manutenção custará ao responsável pela conservação da mesma. Soluções como a de concreto armado devem ser regularmente periciadas quanto à despassivação das armaduras a fim de garantir a integridade estrutural da obra.

A comparação de soluções estruturais é fator preponderante para elaboração de soluções mais eficientes que visam diminuir as solicitações estruturais. Segundo O'Connor (1976) um bom projeto estrutural é baseado no conhecimento profundo da teoria estrutural, na imaginação e na coragem em desenvolver novas ideias e na disposição para se beneficiar da experiência alheia. A escolha de um bom projeto não deve se basear apenas no custo mínimo, mas deve levar em consideração fatores como aparência e funcionalidade. É interessante notar projetistas terceiros poderão analisar uma ponte sem que analisem o custo. O autor cita ainda que devem estudadas alternativas ao projeto original e estas deverão ser consideradas associadas a outros fatores.

Sabendo que o projetista deve analisar tantas variáveis e escolher a mais adequada para sua obra, este deve possuir criticidade e assertividade nas escolhas do projeto. A escolha ideal não é fácil para de ser elaborada, mas deve ser ao máximo buscada, verificando o mais elevado número de soluções. Segundo Stucchi (2006), para a concepção de pontes e grandes estruturas é preciso boa formação, isto é, todos esses dados devem ser interiorizados, compreendidos na sua essência e interligados entre si de forma a dar ao engenheiro capacidade crítica. Interiorizar o comportamento da estrutura corresponde a desenvolver o que se chama de sensibilidade estrutural. Sabendo-se que concepção estrutural demanda de criatividade e intuição, quanto mais esta for trabalhada, maior será a chance de uma boa concepção estrutural.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é elaborar uma análise estrutural e quantitativa de soluções para o tabuleiro (conjunto de vigas e lajes) de um viaduto comparando estruturas em grelha e pontes em laje.

1.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- Analisar taxas de armaduras longitudinais e transversais encontradas para elementos de concreto armado em combinações diferentes;
- Analisar os quantitativos de materiais para diversas soluções de tabuleiro em concreto armado;
- Analisar o custo de cada uma das estruturas com base nas composições unitárias do DER-PR;
- Analisar a viabilidade de pontes sobre vigas para o viaduto problema.

1.3 JUSTIFICATIVA

O estudo consiste no dimensionamento de um viaduto de acesso a um novo bairro da cidade de Guarapuava-PR, nomeado por “Cidade dos Lagos”. O bairro possui contempla a Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Guarapuava, um Shopping, no momento de apresentação deste trabalho um hospital Regional em construção. A obra servirá como acesso para o novo bairro e como conexão para bairros vizinhos. A obra faz parte de uma revitalização do trecho urbano da PRC-466 que estará sendo ampliada e duplicada a fim de atender ao crescente volume de tráfego.

A grande quantidade de recursos empregados nas obras de concreto armado faz com que os projetos sejam cada vez mais questionados quanto a sua eficiência. Neste trabalho, é analisado se o tabuleiro dimensionado para a obra de arte do estudo de caso é o mais econômico comparado a outras soluções também em concreto armado. O CREA-PR (2010) afirma que a engenharia, a arquitetura e a agronomia são profissões caracterizadas pelas realizações de interesse social e humano, através de ações técnicas específicas. Dá-se aí a importância de obter-se sempre as soluções mais adequadas para obras públicas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O dimensionamento estrutural de viadutos é feito com os mesmos conceitos do dimensionamento de pontes conforme normativas e recomendações da literatura. Portanto, no presente trabalho todo o dimensionamento do viaduto irá se embasar nas normativas e literaturas de pontes. Denomina-se Viaduto, *Viaduct* ou *Valley bridge* uma ponte sobre um vale (LEONHARDT, 1982).

2.1 RECOMENDAÇÕES AO PROJETO DE OBRAS DE PONTES

2.1.1 CONSTRUÇÕES DE PONTES NO BRASIL

As primeiras pontes registradas na história são de madeira, e até hoje esse tipo de solução é utilizada na Europa e nos Estados Unidos foram construídas pontes que duraram séculos. Até o presente momento destaca-se a importância e viabilidade econômica de pontes mistas de concreto e madeira para estradas vicinais. No Brasil, na Amazônia, devido a fartura de madeira para matéria prima, muitas pontes são construídas deste material, algumas atingindo vãos de até 50m (VITÓRIO, 2002; SORIANO e MASCIA, 2009).

As estruturas mistas podem proporcionar soluções mais viáveis em muitos casos, a solução mista de madeira-concreto para pontes diminui os efeitos permanentes na estrutura, já que a madeira possui um peso próprio mais baixo do que o concreto, isso implica na redução de cargas sobre a infraestrutura, admitindo assim, fundações menos robustas e com maior exequibilidade. A construção de pontes em estradas vicinais demanda de soluções mais simples com baixo custo. Isso é proporcionado com a construção de soluções mistas de madeira-concreto, a confecção do tabuleiro de madeira é bem mais simples do que a construção um tabuleiro de concreto armado. Também, o tabuleiro de madeira não necessita de madeiramento para formas. A madeira também é um material que possui uma manutenção mais fácil de ser executada do que o concreto, haja vista, que basta apenas trocar as peças para manutenção (SORIANO e MASCIA, 2009).

Apesar da grande quantidade de madeira disponível no Brasil, as pontes são utilizadas apenas para estradas vicinais. Destaca-se no Brasil as obras realizadas em concreto armado e concreto protendido, além das pontes estaiadas que são em menor quantidade, mas não menos importantes já que garantem as mais belas soluções do ponto de vista estético da obra.

Algumas obras brasileiras merecem destaque pela importância histórica, bem como o “Viaduto do Chá” (figura 3) no vale do Anhangabaú em São Paulo-SP, que foi inicialmente construído em estrutura metálica e 36 anos depois foi substituído por uma estrutura de concreto, e que foi de extrema importância durante o crescimento da cidade de São Paulo conectando dois hemisférios da cidade de São Paulo. Outra construção importante é a “Ponte Grande” sobre o Rio Tietê que futuramente iria se chamar “Ponte das Bandeiras”. Também instalada em São Paulo, a obra é parte de um plano de estruturação da cidade e chegou a ser chamada pelo engenheiro responsável de *memorial bridge* e “Principal entrada da cidade” (MENDONÇA, 2012).

Figura 3 – Viaduto do Chá década de 50



Novo viaduto do Chá, com projeto de Elisário Bahiana, inaugurado em 1938. Foto c.1950

(Fonte:Mendonça, 2012, p.45)

Outras construções brasileiras devem ser reconhecidas pelo aspecto estético e espetaculoso que apresentam, bem como a Ponte Juscelino Kubitschek em Brasília. Esta recebeu em 2003 a Medalha Gustav Lindenthal da Sociedade dos Engenheiros do Estado da Pensilvânia (Estados Unidos). A obra é formada por três arcos metálicos que tem por objetivo representar o movimento de uma pedra quicando sobre a água. O projeto arquitetônico faz com

que a estrutura tenha um caráter harmônico com o meio e ao mesmo tempo monumental como toda a cidade de Brasília.

2.1.2 ESTADO DA ARTE

O estudo de diferentes técnicas construtivas para pontes cria uma demanda por aplicativos de dimensionamento estrutural, que visam acelerar o tempo de projeto dedicado ao dimensionamento da estrutura. Além disso, os softwares são elaborados para oferecer gráficos de envoltória mais completos que possibilitam analisar uma enorme quantidade de solicitações que a estrutura possa estar sujeita.

Diversos estudos surgem a partir desta demanda, o aplicativo Dualong e foi criado por Souza (2011) com o objetivo de encontrar os momentos fletores em vigas. Forte (2014) elaborou um estudo comparativo de diferentes longarinas para pontes de concreto armado através do aplicativo, dimensionando as armaduras de flexão e avaliando o consumo de materiais para diferentes soluções construtivas de pontes.

O Sistema SALT-UFRJ é um software elaborado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e proporciona dados, diagramas e envoltórias para o dimensionamento de estruturas 3D (espaciais) estáticas e dinâmicas. O software é utilizado por vários engenheiros e também é base de dados para trabalhos acadêmicos. Souza e Mota (2004) utilizaram como base de dados os resultados obtidos do SALT-UFRJ para o dimensionamento de uma ponte em concreto armado de vão total de 38 metros com seção caixão de três células. Os autores utilizaram as informações do sistema para encontrar os diagramas de solicitações axial, cortante e momento fletor. Também utilizaram para encontrar as linhas de influência da estrutura e envoltória dos esforços.

Além da utilização de softwares e construção de aplicativos para dimensionamento de estruturas, também muitas rotinas de cálculo são elaboradas em diferentes linguagens. Souza (2015) estudou a distribuição de momentos fletores em pontes bi-apoiadas obtendo gráficos de envoltória através de procedimentos computacionais em linguagem de programação XJOJO. A rotina computacional elaborada pelo autor permitiu a entrada de dados paramétrica, o que diminuiu quantidade de dados necessários para o modelamento de diversos casos. O autor cita ainda a relevância das rotinas computacionais para aproximar os modelos estudados da

realidade e que diversos métodos analíticos e numéricos foram adaptados para utilização computacional, bem como o método dos elementos finitos e método dos deslocamentos que são fruto da era digital.

2.1.3 CONCEPÇÃO DE PONTES

A concepção de pontes é demasiadamente complexa e existem artigos que se delimitam ao assunto, tendo isto em vista, neste trabalho serão trazidos apenas conceitos básicos para a concepção de pontes.

Marchetti (2008) cita cinco requisitos principais para a construção de uma ponte, são eles:

- a) Funcionalidade: deverá a ponte satisfazer de forma perfeita as exigências de tráfego, vazão etc.
- b) Segurança: a ponte deve ter seus materiais constituintes solicitados por esforços que neles provoquem tensões menores que as admissíveis ou que possam provocar ruptura.
- c) Estética: a ponte deve apresentar aspecto agradável e se harmonizar com o ambiente em que se situa.
- d) Economia: deve-se fazer sempre um estudo comparativo de várias soluções, escolhendo-se a mais econômica, desde que atendidos os itens 1, 2, 3, 4 e 5.
- e) Durabilidade: a ponte deve atender às exigências de uso durante certo período previsto.

A grandiosidade das obras de pontes faz com que a estética seja levada em consideração na concepção de pontes no Brasil ao redor do mundo. Mendonça (2012) cita o perigo em se utilizar esse tipo de obra como cartão postal de cidades, em detrimento das necessidades básicas de urbanidade, ou seja, quando se colocam os olhos apenas na estética e não analisam-se os outros fatores ligados a concepção de pontes. O autor cita ainda as pontes de Octávio Frias de Oliveira, sobre o rio Pinheiros, e a Ponte Governador Orestes Quércia (Figura 4), sobre o rio Tietê, que são obras de intenso apelo estético e alteram o cenário local completamente, entretanto, as pontes não dão condições a pedestres e ciclistas de circularem. O autor cita ainda que os gastos gigantescos da construção da obra foram justificados pela estética do formato arquitetônico espetaculoso escolhido.

Figura 4 – Ponte Governador Orestes Quércia



(Fonte: Flickr³)

Uma ponte que se destina exclusivamente ao modal rodoviário pode ser classificada como “rodoviarista”, em contraposição com pontes que oferecem o usuário a opção da multimodalidade, estas por sua vez podem ser chamadas de pontes “urbanas”. As pontes urbanas concretizam uma efetiva articulação entre os tecidos urbanos nas duas margens do rio, ou nos dois lados do obstáculo que estão ligando. As pontes urbanas dão suporte a vida cotidiana da cidade: vias públicas, praças passarelas, postes de iluminação pública e os demais serviços de abastecimento. Uma ponte não deixa de ser rodoviarista por oferecer condições precárias de passagem ao pedestre, é preciso que a ponte não privilegie o modal rodoviário mas que proporcione ao usuário conforto e segurança (MENDONÇA, 2012).

O custo de uma ponte compreende o custo inicial, distribuído sobre sua vida útil, e o custo anual de manutenção. Este é o mais evidente ônus em projetos de ponte e deve sempre ser estimado com detalhe e cuidado. Entretanto, é errôneo considerar o custo como o único fator

³ Disponível em: < <https://www.flickr.com/photos/daiailiver/6415893625> >. Acesso em: 12/11/2018.

importante que afeta a convivência de um projeto. O projeto de custo mínimo não é necessariamente o melhor. Ao contrário, a escolha do melhor projeto deve levar em conta fatores como funcionalidade e aparência. Comparado com esses fatores, o custo inicial é uma desvantagem temporária e intermitente. Além disso, para o usuário da ponte o custo é um ônus que não aparece. É interessante notar que mesmo um projetista julgará uma ponte projetada por outro sem conhecer seu custo. A um projetista pode ser perfeitamente razoável recomendar a aceitação de um ônus de 20% do custo em benefício da funcionalidade e da aparência, mas seria incorreto recomendar um projeto baseado na aparência, sem primeiro estimar o ônus que possa correr (FERNANDES e CORREIA, 2017).

Conforme Stucchi (2006) o processo criativo, ou de concepção, exige do engenheiro boa informação ao nível dos materiais e técnicas construtivas, bem como dos tipos estruturais e suas teorias. O autor também cita que devem ser analisadas quais são as qualidades e limitações de diferentes materiais e técnicas construtivas diferentes. De forma que, o essencial para estruturas não é sua geometria, mas o seu comportamento, isto é, como ela trabalha. Sabe-se que a estrutura deforma sob a atuação de um determinado carregamento, e conhecendo que as cargas caminham ao longo da estrutura, qualquer parcela esquecida do caminhamento das cargas pode representar um elo fraco.

2.1.4 ANTEPROJETO

No caso de grandes pontes, deve-se mudar as variantes do projeto, estudar diferentes vãos e analisar mais de um tipo de estrutura, para fazer comparações e confirmar a melhor solução (LEONHARDT, 1982). Para a elaboração de um projeto surge a necessidade de uma grande quantidade de dados. Leonhardt (1982) cita o seguintes dados para elaboração de um projeto de ponte:

- a) Planta de Situação, contendo indicações dos obstáculos a serem transpostos, como cursos d'água, estradas, caminhos, ferrovias (e, em vales, as curvas de nível). É desejável que se tenha o alinhamento vertical da nova via de tráfego.
- b) Seção longitudinal, ao longo do eixo projetado da ponte, com indicação das exigências quanto a gabaritos e seção de vão. É desejável que se tenha o perfil longitudinal da via de tráfego a ser construída.
- c) Largura da ponte, com indicações da largura das faixas de tráfego, acostamentos, passeios, etc.
- d) Condições de fundações, sondagens, se possível com relatórios geológicos e de mecânica dos solos. Indicação dos valores característicos das camadas do

solo. O grau de dificuldade das fundações tem uma enorme influência sobre o sistema estrutural e sobre o valor econômico do vão.

- e) Condições locais, tais como vias de acesso para o transporte de equipamentos, materiais e componentes; quais os materiais que – tendo em vista a localização da obra – podem ser conseguidos em condições vantajosas, tanto técnica como economicamente? Existe suprimento de força e de água pura? Existem, à disposição, técnicas de execução altamente desenvolvidas ou a obra deve ser executada com métodos primitivos e com poucos operários especializados?
- f) Condições meteorológicas e ambientais, como cheias, marés, níveis d'água, períodos de seca, temperaturas médias e extremas, períodos de congelamento.
- g) Estética e meio ambiente: paisagem livre, terreno plano, suavemente ondulado ou montanhoso. Cidades com prédios antigos de pequenas dimensões ou grandes prédios modernos. A escala do meio ambiente desempenha um importante papel no projeto.
- h) Exigências relativas ao ambiente, tais como qualidades relacionadas à beleza: pontes em regiões urbanas que influenciam a vista da cidade e que frequentemente são vistas de perto – especialmente pontes para pedestres – exigem um tratamento estético mais refinado do que pontes situadas em um ambiente com grandes espaços abertos. É necessário que haja proteção dos pedestres contra respingos e ruídos? É necessário proteger os vizinhos contra ruídos?

Spernau⁴ (2013) salienta a importância dos levantamentos geométricos, topográficos, hidrológicos, geotécnicos e complementares para o projeto de pontes. Destacam-se os seguintes pontos que ainda não foram abordados neste trabalho:

- Geométricos: os elementos geométricos dependem das condições técnicas estabelecidas pelo órgão público a cuja jurisdição pertence a obra, DNIT, DEINFRA, DER, Prefeituras, etc.
- Topográficos: Deve-se obter uma planta do terreno que exceda 30m de cada extremidade do comprimento provável da obra, com curvas de nível de metro em metro, contendo o eixo locado e a indicação da esconsidade da estrutura. Nos trechos submersos deve-se obter as cotas de fundo em intervalos não superiores a 5m.
- Hidrológicos: Indicação das cotas dos níveis de máxima cheia e de estiagem do curso d'água, das épocas de duração dessas ocorrências. Dados de vazão da seção a fim de saber a velocidade máxima da água no local. Informações sobre pontes vizinhas e seus tipos de fundações assim como a possibilidade de águas agressivas.

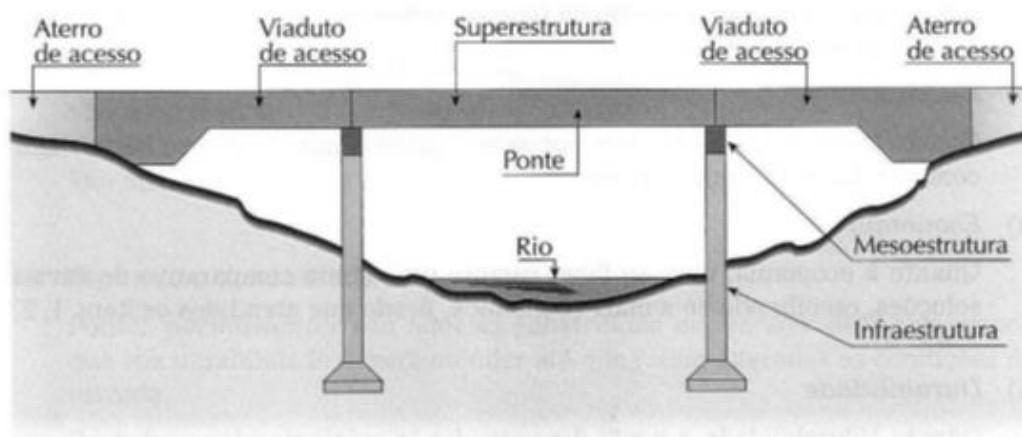
⁴ SPERNAU, W. (2013). Notas de Aula: Pontes ECV-5260. *Disciplina do Curso de graduação de Engenharia Civil*. ECV/CTV/UFSC. Arquivo cedido pelo Professor C. F. Pecapedra de Souza.

- Geotécnicos: sondagens de reconhecimento do subsolo, pelo menos no centro de cada apoio, com precisão das camadas atravessadas e com referência de nível. Também estudos específicos do solo sempre que os aterros de acesso possam comprometer a estabilidade da estrutura.
- Complementares: Possíveis jazidas de materiais que possam ser empregados na execução da obra. E a indicação da época mais favorável para execução dos serviços, considerando as épocas de chuva e regime do rio analisado.

2.1.5 SISTEMAS ESTRUTURAIS

Marchetti (2008) separa as pontes em concreto armado em três partes, Superestrutura, Mesoestrutura e Infraestrutura conforme ilustrado na figura 5. Segundo o autor, superestrutura é a parte útil da obra, onde trafegam os veículos e pessoas, e é constituída pelo tabuleiro de vigas e lajes. Mesoestrutura é o conjunto de pilares que tem por finalidade transmitir as cargas da Superestrutura para a Infraestrutura. Infraestrutura é o conjunto de fundações, blocos, estacas, tubulões, que destinam a apoiar a obra no solo. Tanto Mesoestrutura quanto Infraestrutura podem estar em contato com a água. A infraestrutura pode estar em contato com a água já que o solo está saturado e dessa maneira a cota piezométrica é maior do que a cota das fundações. A mesoestrutura comumente está em contato direto com a água, haja vista a ação de direta de empuxo da água nos pilares.

Figura 5 – Estrutura de uma ponte em Concreto Armado



(Fonte: MARCHETTI, 2008)

O conceito de superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura pode ser extrapolado para qualquer tipo de ponte, não somente de concreto armado, mas também para pontes de estrutura metálica, estrutura de madeira ou estrutura mista.

Cinco sistemas estruturais são destacados pela literatura para projetos de pontes, Leonhardt (1982) destaca as pontes em viga, pontes em pórtico, pontes em arco, pontes pênses e pontes estaiadas. O autor cita que as pontes pênses são interessantes no caso de cargas móveis leves, como no caso de pontes para pedestres, o que não é o caso deste projeto. As pontes em arco e pontes estaiadas são recomendadas para grandes vãos e possuem custos instalação altos, desta forma, não serão aqui analisadas para o projeto haja vista que o vão estudado possui ordem de grandeza menor do que 25m. Portanto, o presente trabalho irá se ater nas soluções de pontes sobre vigas e pontes em pórtico.

Usualmente a superestrutura das pontes sobre vigas é formada pelas vigas longarinas, vigas transversinas e laje (tabuleiro). As principais pontes sobre vigas são as pontes sobre dois apoios (único vão), pontes sobre vigas contínuas e pontes sobre balanços sucessivos ou pontes sobre vigas Gerber também chamadas (LEONHARDT, 1982).

As vigas sobre dois apoios devem ser dimensionadas para um momento máximo M_0 e exigem juntas em cada extremidade. A melhor forma para as vigas desse tipo de ponte é a de “banzos paralelos”, isto é, o bordo inferior se desenvolve paralelamente à linha do greide e a altura estrutural é constante. Isto também se aplica quando o greide for inclinado ou quando estiver em uma curva de concordância vertical (LEONHARDT, 1982). A figura 6 representa uma ponte com viga sobre um só vão.

Figura 6 – Ponte sobre vigas de um só vão

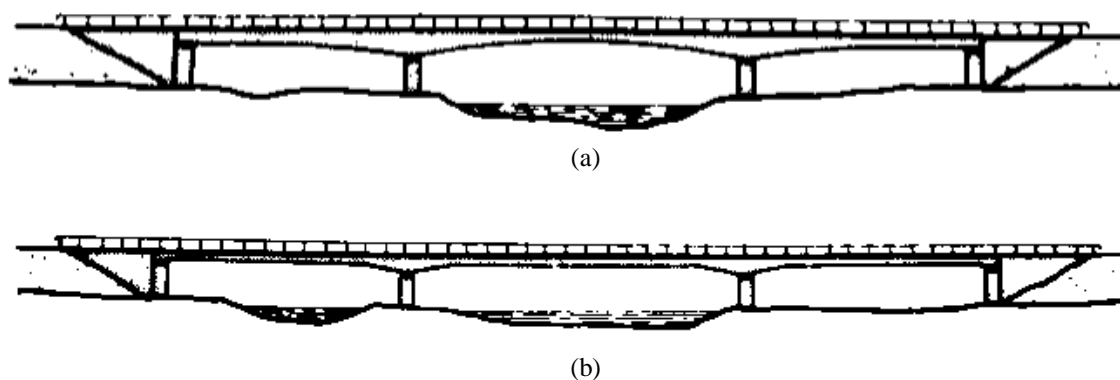


(Fonte: Adaptado de Leonhardt, 1982)

Os projetos de pontes sobre vigas contínuas devem atentar-se para os deslocamentos horizontais, via de regra, reúnem-se 3 a 4 vãos sem juntas. No caso das pontes com vigas

continuas as vigas preferencialmente são de banzos paralelos, principalmente quando tem-se vãos aproximadamente iguais. Entretanto, podem ser utilizadas outras soluções como vigas convexas para baixo para acompanhar o relevo de grandes vales a fim de diminuir altura e seção dos pilares. No caso de pontes de três vãos, em que o vão central possui alta solicitação, utiliza-se a diminuição da altura estrutural a fim de diminuir o peso próprio, para tanto, lança-se mão das mísulas. A figura 7 ilustra dois tipos de mísulas que podem ser aplicadas, uma com perfil com curvas de concordância (a) e outra com perfil retilíneo (b) (LEONHARDT, 1982).

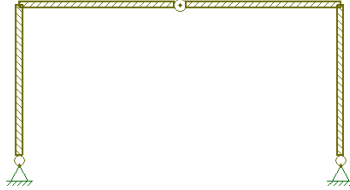
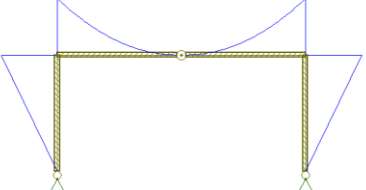

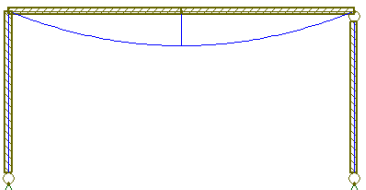

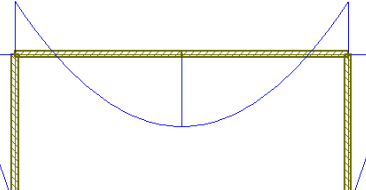
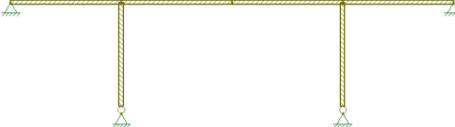
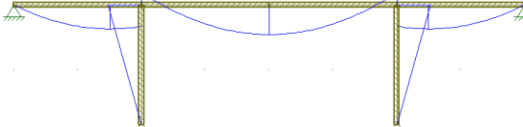

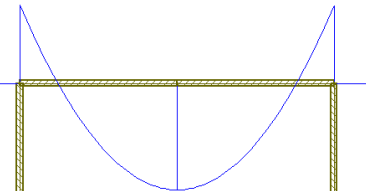
Figura 7 - Pontes sobre vigas contínuas com vigas com curvas de concordância (a) e com perfil retilíneo (b).


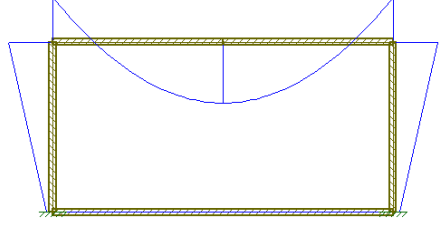

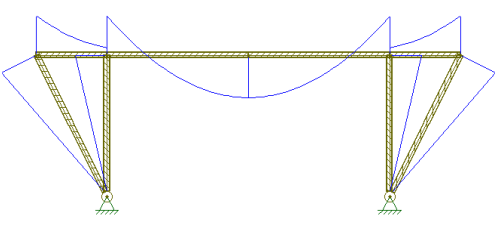
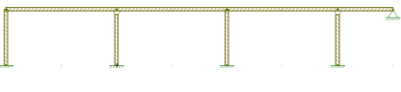
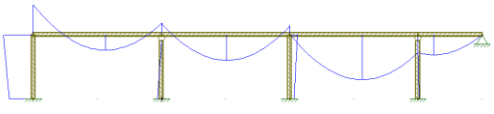


(Fonte: adaptado de Leonhardt, 1982)

Afim de diminuir uma parcela do momento fletor no centro do vão são utilizadas as pontes em pórticos, em que as vigas são engastadas nos pilares, aumentando assim o momento negativo nas extremidades da viga e diminuindo o momento positivo no centro da viga. Existem vários tipos de combinações de apoios para os pórticos, cada uma delas irá resultar em uma envoltória de momentos fletores diferentes. Leonhardt (1982) cita oito tipos de combinações para pórticos visando abranger o máximo de combinações. O quadro 1 ilustra os oito possíveis pórticos trazidos pelo autor e diagramas ilustrativos de momento fletor para as cargas predominantes de peso próprio e sobrecarga. O quadro elaborado no FTOOL tem por objetivo demonstrar grosseiramente o comportamento dos pórticos analisando apenas as solicitações de Momento Fletor, o que não exige ao projetista de analisar as outras solicitações inerentes a estrutura de uma ponte, bem como esforços axiais, cortantes e momento de torção quando a estrutura é analisada espacialmente.

Quadro 1 - Tipos de Pórticos

Pórtico e observações importantes ao cálculo	Modelo de cálculo	Diagrama ilustrativo de Momento Fletor para as cargas predominantes de Peso Próprio e Sobrecarga
Triarticulado (isostático)		
Triarticulado com pilar tipo pêndulo (isostático). É preciso tomar cuidado com a deslocabilidade e horizontal do pêndulo		
Biarticulado, com ou sem tirante protendido		
Biarticulado, providos de tramos adjacentes apoiados, com montantes verticais ou inclinados		
Engastado, indicados para pequenas travessias e viadutos		

Pórtico e observações importantes ao cálculo	Modelo de cálculo	Diagrama ilustrativo de Momento Fletor para as cargas predominantes de Peso Próprio e Sobrecarga
Fechado, adequado para passagens inferiores com terrenos de má qualidade		
Biarticulados com montantes concorrentes, articulados ou engastados. Adequados para viadutos sobre rodovias.		
De vários vãos, os montantes podem ser engastados ou não, conforme rigidez desejada		

(Fonte: Adaptado de Leonhardt, 1982)

2.1.6 PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO

Os processos de construção têm enorme influência sobre a escolha da seção transversal da ponte (LEONHARDT, 1982). Existem vários tipos de processos construtivos para pontes, para as pontes em concreto, a escolha deverá partir inicialmente se a ponte será com concreto moldado *in situ* ou concreto pré-moldado. Para as pontes em concreto moldado *in situ* os principais processos construtivos são:

- Formas sobre escoramentos fixos;
- Fôrmas sobre escoramentos deslizantes;
- Concretagem sobre escoramentos;

- Balanços sucessivos com concreto moldado *in situ*;

Para as pontes em concreto pré-moldado, os principais processos construtivos são:

- Elementos pré-moldados de vão inteiro;
- Seguimentos Pré-moldados.

Quando o Engenheiro Construtor opta pela construção em Concreto pré-moldado, a mesma deve ser dimensionada por suportar o transporte até o local de uso. Para tanto, faz lançamento das armaduras de içamento a fim de suportar os esforços oriundos do transporte vertical da estrutura.

Para as pontes em estrutura metálica deve-se analisar qual será o tipo de concreto utilizado no tabuleiro da ponte, se este será moldado *in situ* ou pré-moldado.

2.1.7 ALTURA CONSTRUTIVA

Spernau (2013) cita três fatores como sendo os principais para a altura construtiva da superestrutura, para o autor são fatores determinantes o tamanho dos vãos a vencer, o tipo estrutural adotado e o material que será empregado na construção das pontes. O autor ainda traz algumas recomendações para pontes em concreto sobre as dimensões dos elementos. As recomendações são brevemente resumidas no Quadro 2.

Quadro 2 – Recomendações para pórticos de Pontes

Sistema Estrutural	Recomendação sobre dimensões	Observações Relevantes ao projeto
Pontes formadas por duas longarinas enrijecidas por transversinas	Altura construtiva na ordem de 1/10 a 1/12 do vão quando isostáticas	Se a superestrutura não for isostática, ou seja, for contínua, poderão ser utilizados 1/12 a 1/15 como altura construtiva
Superestrutura em seção celular simples ou múltipla (vigas caixão) em concreto armado	Altura construtiva na ordem de 1/10 a 1/12 do vão quando isostáticas	Se a superestrutura não for isostática, ou seja, for contínua, poderão ser utilizados 1/12 a 1/18 como altura construtiva
Superestrutura em seção celular simples ou múltipla (vigas caixão) em concreto protendido	Altura construtiva na ordem de 1/12 a 1/15 do vão quando isostáticas	Se a superestrutura não for isostática, ou seja, for contínua, poderão ser utilizados 1/15 a 1/20 como altura construtiva
Superestrutura em longarinas pré-moldadas protendidas, com ou sem transversinas	Altura construtiva na ordem de 1/12 a 1/18 do vão quando isostáticas	

(Fonte: Adaptado de Spernau, 2013)

2.1.8 SEÇÃO TRANSVERSAL

Para a escolha da seção transversal, o autor Leonhardt (1982) cita cinco fatores principais:

- I. Tamanho do vão referido ao sistema estrutural adotado;
- II. Altura estrutural disponível ou esbeltez desejada, expressa por $l:h$ ou por $l_i:h$, no caso de continuidade, sendo l_i = distância aproximada entre os pontos de momento nulo (Mg);
- III. Processo de construção, meios disponíveis, equipamento, etc;
- IV. Economia de processo construtivo escolhido. Estruturas esbeltas exigem um consumo maior de aço do que as menos esbeltas; por outro lado, deve-se levar em consideração as consequências sobre as rampas de acesso;
- V. Relação $q:g$ = carga móvel : peso próprio. Valores grandes de $q:g$ implicam, no caso de vigas de concreto protendido, em quantidades adicionais de concreto no banzo tracionado como, por exemplo, na adoção de seções em duplo T ou em caixão.

Para as lajes, devem ser utilizadas espessuras na ordem de 1/20 do vão quando o sistema construtivo for de pontes em laje (sem transversinas e longarinas). Se as lajes forem sobre longarinas e transversinas poderão ser adotadas lajes de $0,015 \cdot l + 12$ cm onde l é o vão entre longarinas (em centímetros), para lajes em balanço deve-se tomar l o dobro do vão entre

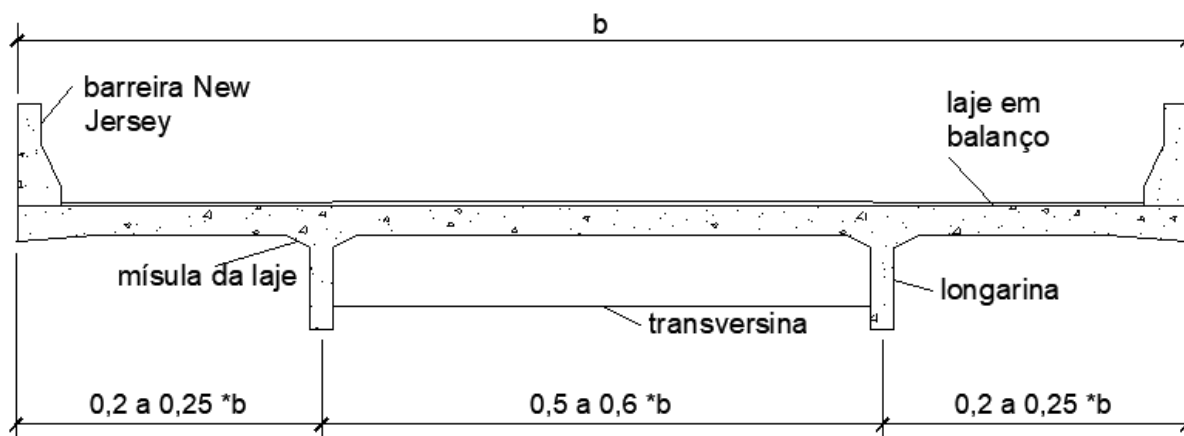
longarinas. Não deverão ser adotadas lajes com espessura inferior a 15 cm. Quando forem adotadas mísulas, estas devem ser estendidas até 20 a 25% do vão e ter espessura de aproximadamente 10% da dimensão do vão, se as mísulas forem aplicadas em lajes em balanço, devem ser estendidas até o bordo livre (SPERNAU, 2013).

Para os tabuleiros em longarinas e transversina devem ser adotadas longarinas de espessura na ordem de 25% de sua altura construtiva, porém no mínimo 30 cm e no máximo 50 cm. As transversinas deverão possuir largura de 20 a 30 cm e possuir altura de pelo menos 75% da altura das vigas principais (SPERNAU, 2013).

Conforme Leonhardt (1982) são indicadas pontes de laje maciça para vãos de até 20 m, aproximadamente; ou para pontes contínuas de até 30 m ou 36 m, quando dotadas de mísulas e lajes não superando 25 a 70 cm.

Pontes sobre duas vigas é uma solução muito utilizada para diferentes vãos e objeto de inúmeros estudos. O uso das transversinas enrijece a estrutura e faz com que a mesma seja mais resistente ao efeito da torção (SOUZA, 2015). Para obter-se as menores solicitações de momento fletor nas pontes, deve-se dispor as longarinas em $0,2*b$ a $0,25*b$ da borda do vão transversal, como ilustra a figura 8 (SPERNAU, 2013). Devido a esta recomendação da literatura, só se utilizaram vigas nas extremidades quando a quantidade de vigas do tabuleiro é de 5 ou mais vigas.

Figura 8 - Pontes sobre duas vigas



(Fonte: Adaptado de Spernau, 2013)

2.1.9 DETALHES DE ACABAMENTOS DE PONTES

Os detalhes de acabamento do projeto consistem em vigas de acabamento, guarda rodas, guarda corpos, proteção contra vento, proteção contra ruídos, faixas centrais. As barreiras laterais devem ser suficientemente capazes de absorver choques de laterais de veículos desgovernados e devem atender as recomendações do órgão vigente da obra (DER, DNIT). O meio-fio deve suportar uma carga horizontal de 100 kN aplicada perpendicularmente a direção do tráfego. O guarda corpo deve ser dimensionado para uma carga distribuída transversal de 2,0 kN/m e deve atender uma altura mínima para a segurança dos pedestres, além de apresentar boa estética ABNT (2013) n° 7188.

2.1.10 TIPOS DE APOIOS - PILARES

A escolha dos pilares vai interferir diretamente nas solicitações da estrutura. Dependendo da rigidez escolhida para a ligação viga-pilar os esforços podem ser diminuídos ou acrescidos. Como representado no Quadro 1, ligações rígidas provocam maiores momentos fletores negativos, que aumentam a armadura na parte superior das vigas, entretanto diminui a armadura positiva já que diminui os momentos atuantes no meio do vão. Dois tipos de pilares são mais destacados pelos autores para pontes, os pilares comuns e pilares-parede.

Os pilares-parede são mais recomendados para pontes fluviais por razões hidráulicas, e também por possuírem a capacidade de suportar impactos de navegações. Leonhardt (1982) ressalta as vantagens da escolha de pilares comuns em relação a pilares-parede, são elas:

- I. Menor consumo de material;
- II. Visibilidade praticamente desobstruída embaixo da ponte;
- III. Melhores possibilidades para cruzamentos esconsos;
- IV. Aspecto mais leve (estética);

A ABNT (2013) n°7188 faz considerações sobre ações excepcionais (colisões) no item 5.2.3 determinando verificações no estado-limite último e de estabilidade global. A norma traz considerações sobre colisões em pilares e colisões ao nível do tabuleiro. A norma não garante a eliminação do colapso da estrutura total ou parcial devido a magnitude da colisão.

Os pilares situados junto a faixas rodoviárias devem ser verificados para uma carga horizontal de colisão de 1000 kN na direção do tráfego e 500 kN na direção perpendicular ao

tráfego, não ocorrendo ao mesmo tempo e aplicadas a uma altura de 1,25 do terreno ou pavimento. As colisões no nível do pavimento são prevenidas com os dispositivos de proteção meio-fio, guarda corpo, dispositivos de contenção e dispositivos de contenção do tipo cortina. Os dispositivos de contenção gerais devem ser dimensionados a suportar uma carga de 100 kN e carga concomitante de 100 kN, já os dispositivos de contenção do tipo cortina devem ser dimensionados para uma força horizontal perpendicular do tráfego de 450 kN e carga concomitante de 100 kN aplicada a 1,5m acima do pavimento.

2.1.11 APARELHOS DE APOIO

O aparelho de apoio (AA) é um dos elementos que deve ser dimensionados no projeto de uma ponte. Segundo Marchetti (2008, p. 219) “um aparelho de apoio é um elemento de ligação disposto entre uma estrutura e seu suporte, destinado a transmitir reações, sem impedir rotações”. Já Cordeiro (2014) enumera cinco diferentes funções para os AA, são elas:

- a) Estabelecer a ligação da superestrutura com a subestrutura, acomodando a transferência das forças dinâmicas e vibrações que podem causar a instabilidade da ponte ou mesmo a sua destruição;
- b) Permitir movimentos de translação horizontais e de rotação;
- c) Garantir que as deformações, que ocorrem na superestrutura da ponte, não geram elevadas forças e movimentos na subestrutura;
- d) Reduzir o corte entre o tabuleiro e a cabeça dos pilares;
- e) AA mais recentes protegem ainda das ações sísmicas, dissipando a energia;

Os AA são imprescindíveis para o bom funcionamento de uma obra de arte especial (OAE), e para que o AA tenha o melhor funcionamento possível se faz necessário determinar os esforços e deslocamentos presentes na estrutura. Também a escolha correta do AA é essencial para a segurança da estrutura, por mais difícil que pareça devido a grande variedade no mercado. O Neoprene e Pot-Bearings são os AA mais utilizados atualmente e possuem uma vida útil de 12,5 anos, o que é inferior a vida útil média dos AA que é de 23,6 anos, período que pode ser aumentado caso haja manutenção correta dos aparelhos (CORDEIRO, 2014).

2.2 COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS E ORÇAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS

Com o fim de estabelecer regras e critérios para elaboração de orçamentos de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos orçamentários da União, com base no Decreto 7983/2013 e na lei 13.303/2016, foram criadas fontes referenciais de preços de insumos e de custos de composições (SINAPI⁵). Cada órgão possui o seu referencial, as obras de rodovias federais utilizam as composições do SICRO publicados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), as obras de construção civil federais utilizam as composições do SINAPI publicado pela CAIXA ECONÔMICA FEDERAL e as obras das rodovias estaduais do Estado do Paraná utilizam as composições do DER-PR publicado pelo próprio Departamento de estradas de rodagens do Paraná.

O SINAPI (2014) define que a formação dos custos de um serviço é subdividida em duas partes: Custos diretos e indiretos. Os custos diretos são referentes a materiais, mão de obra, equipamentos, ferramentas, E.P.I., Construção de canteiro, entre outros. Já os custos indiretos são referentes a RH gestão técnica, RH administrativo, manutenção de canteiro, veículos, mobilização, entre outros.

A formação de preços de uma obra, que é a informação empresas utilizam para orçar uma obra, depende da estimativa de custos e despesas, e da definição de margem de lucro que se espera obter sobre uma obra. O valor que a empresa será onerada que representa tributos, despesas financeiras, risco, administração central e lucro é compreendido no BDI (Bonificação e Despesas Indiretas) (SINAPI, 2014)

O BDI é balizado pelo tribunal de contas da união pelo acórdão 2622/2013. O acórdão apresenta planilhas diferenciadas por tipo de obra alíquotas médias, além daquelas localizadas no primeiro e no terceiro quartil da amostra estudada. As obras do DER-PR possuem um cálculo de BDI específico para suas obras que é disponibilizado em cada uma de suas licitações no portal de compras do Paraná (DER-PR⁶).

⁵ Disponível em: < <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx> >. Acesso em 14/11/2018.

⁶ Disponível em: < <http://www.comprasparana.pr.gov.br/> >. Acesso em 14/11/2018.

3 PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE PONTES

Concepção e anteprojeto da ponte, todos os parâmetros descritos na revisão bibliográfica deste trabalho e outros aqui não citados que possam envolver o projeto específico. Aqui deve-se pensar em todos os fatores externos que possam afetar na obra da ponte, desde aspectos urbanísticos e paisagísticos até fontes de materiais e possibilidades de execução;

Primeiramente deve-se analisar qual Trem-Tipo irá se utilizar, que dependerá do tamanho dos vãos e grau de classificação da ponte quanto ao uso, segue os parâmetros da ABNT NBR 7188 (2013);

Cálculo das lajes, que segue a teoria das placas conforme Spernau (2013) e pode ser calculado através de métodos clássicos com o as Tabelas de Rusch ou por modelagens complexas em softwares baseados na teoria dos elementos finitos, bem como no software SAP 2000;

Cálculo das Transversinas, esta etapa demanda de decidir qual será a influência das transversinas no tabuleiro, isto é, qual será o engastamento das transversinas com as lajes centrais. Basicamente, podem ser ligadas ou desligadas das lajes centrais, e isso irá determinar seu comportamento elástico na estrutura e suas consequentes taxas de materiais (SPERNAU, 2013);

Cálculo das Longarinas, que pode ser calculado por métodos clássicos e métodos computacionais. Os métodos clássicos que são utilizados neste trabalho são Método de Engesser-Courbon e Método de Leonhardt (SPERNAU, 2013).

3.1 ESFORÇOS EM PONTES

De acordo com a ABNT NBR 7188 (2014) são carregamentos a ser considerados no projeto de uma ponte:

- Peso próprio dos elementos estruturais e não estruturais;
- Ações variáveis: São ações variáveis em pontes, as cargas móveis, as provenientes de condições específicas de construção e as cargas provenientes de ações de frenagem e aceleração;

- Ações excepcionais: São em chamadas de cargas acidentais e provenientes de colisões de veículos, com pouca probabilidade de acontecer e de duração extremamente curta;

3.1.1 Ações Permanentes

O peso próprio dos elementos estruturais dependerá do material empregado na construção da obra. Para os elementos em concreto simples deve-se tomar 22 kN/m^3 e para concreto armado 25 kN/m^3 (ABNT, 2003).

Segundo Souza (2015) são elementos não estruturais que agem no tabuleiro de uma ponte:

- Pavimentação: pode-se adotar o valor de 24 kN/m^3 para pavimentação, sendo que o projetista tem a possibilidade de utilizar ou não o adicional de 2 kN/m^3 para recapeamento do pavimento;
- Elementos de Proteção: Barreiras New Jersey, guarda-rodas, guarda-corpos. Esses elementos devem ser capazes de suportar as ações excepcionais provenientes de colisões de veículos, portanto, normalmente são de concreto armado e, se assim forem, possuem como peso próprio 25 kN/m^3 .

Ainda segundo Souza (2015) são ações permanentes que devem ser levadas em consideração no tabuleiro de uma ponte:

- Força de protensão: em todas as estruturas que são protendidas, a força de protensão deve ser determinada pela ANBT (2014) nº 6118;
- Deslocamentos de fundações: Deslocamentos provenientes da natureza do terreno que induzam a efeitos apreciáveis na estrutura devem ser levados em consideração;
- Fluência: a ABNT (2014) nº 6118 determina que as estruturas devem ser calculadas para suportar o estado limite de deformações excessivas. Isso para que suportem as deformações provenientes de cargas de longa duração sobre a estrutura, que é o fenômeno da fluência;
- Retração: a ABNT (2014) nº 6118 estabelece parâmetros para a retração do concreto. A Norma também cita que a retração do concreto depende da umidade relativa do ambiente, consistência do concreto no lançamento e espessura fictícia da peça.

3.1.2 Ações Variáveis: Cargas móveis

A ABNT (2013) nº 7188 define três coeficientes de majoração para cargas as cargas móveis. São ele o coeficiente de impacto vertical (CIV), coeficiente do número de faixas (CNF), e o coeficiente de impacto adicional (CIA). O CIV deve ser aplicado a qualquer carga aplicada

na estrutura que possua vão menor do que 200m, se este for o caso, então um estudo específico deverá ser feito para a amplificação dinâmica e definição do coeficiente. O CNF deve ser aplicado nas cargas das estruturas que estão paralelas ao sentido de tráfego, ou seja, não deve ser aplicado a lajes e transversinas. Apenas os esforços das cargas móveis na região das juntas estruturais e extremidades da obra deverão ser majorados pelo CIA, a região será delimitada por uma distância horizontal de 5,0m para cada lado da junta ou descontinuidade estrutural.

3.1.2.1 Coeficiente de Impacto Vertical:

O Coeficiente de impacto vertical depende do tipo de estrutura projetada. O quadro 3 contém as informações estabelecidas pela ABNT (2013) n°7188.

Quadro 3 – Coeficiente de Impacto Vertical

Tipo de estrutura	CIV
Estruturas com vão menor do que 10 m	1,35
Estruturas com vão entre 10 m e 200 m	$1+1,06*(20/(LIV+50))$

(Fonte: Adaptado de ABNT n°7188, 2013)

Onde, LIV é o vão em metros para o cálculo CIV, conforme o tipo da estrutura. Para estruturas de vão isostático o LIV é a média aritmética dos vãos nos casos de vãos contínuos. Para estruturas em balanço, o LIV é o comprimento do próprio balanço.

3.1.2.2 Coeficiente do número de faixas:

O CNF deve ser aplicado apenas nas estruturas paralelas à estrutura, e é definido pela equação 1.

$$CNF = 1 - 0,05 * (n - 2) > 0,9 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde, n é o número (inteiro) de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo. Acostamento e faixas de segurança não são faixas de tráfego da rodovia.

3.1.2.3 Coeficiente de Impacto adicional:

O CIA deve ser adotado como 1,25 para obras de concreto ou obras mistas (concreto-aço). Para obras em aço o CIA deve ser adotado como 1,15. A ABNT (2013) nº7188 não determina um coeficiente de impacto adicional para obras confeccionadas em estruturas de madeira.

A carga final da estrutura se dará através do produto dos coeficientes de majoração com as cargas características como apresentado nas equações 2 e 3:

$$Q = P * CIV * CNF * CIA \quad \text{(Equação 2)}$$

$$q = p * CIV * CNF * CIA \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde:

Q é a carga concentrada em kN majorada pelos coeficientes de ponderação.

q é a carga distribuída em kN/m² quadrado majorada pelos coeficientes de ponderação.

3.1.2.4 Trem tipo TB-450

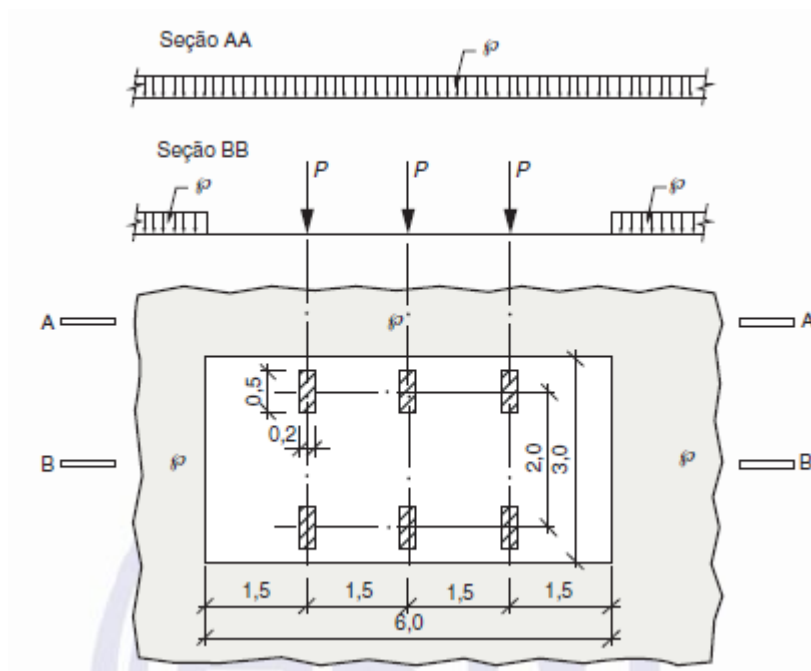
As cargas móveis podem ocupar qualquer posição sobre o tabuleiro, e, portanto, é necessário encontrar a posição que gere as maiores solicitações em cada uma das seções de cálculo para o dimensionamento. Para o levantamento das cargas móveis, a ABNT (2013) nº 7188 item 5.1 estabelece um trem-tipo, que é um modelo de carga móvel, o “TB-450”. O trem-tipo é o carregamento de cálculo levando-se em consideração a geometria da seção transversal da ponte, como, por exemplo, o número e espaçamento das longarinas sobre o tabuleiro (ARAÚJO, 1999).

O trem-tipo teórico considera dois tipos de carregamentos, um proveniente de um veículo teórico, e outro que é chamado de carga de multidão. O trem-tipo suposto, pode ocupar qualquer posição na direção longitudinal da ponte. Lança-se mão de linhas de influência e diagramas que permitam encontrar as solicitações de maior grandeza da estrutura (ARAÚJO, 1999).

Para o levantamento das cargas móveis atuantes em uma ponte deve-se recorrer à recomendação da ABNT (2013) nº7188 item 5.1 que define quais são as cargas que possuem posição variável. Para isso, a norma estabelece um trem-tipo, que é um modelo de carga móvel, o “TB-450”. O trem-tipo estabelecido pela norma é um veículo de 450 kN com seis rodas, três eixos de carga afastados entre si em 1,5m, com área de ocupação de 18 m², esse veículo possui uma carga concentrada característica “P” de 75 kN em cada uma das rodas, e uma carga uniformemente distribuída característica constante “p” de 5 kN/m².

A disposição das cargas do trem-tipo pode ser ilustrada pela figura 9.

Figura 9 - Disposição do trem-tipo sobre a pista de rodagem



(Fonte: ABNT nº7188, 2013)

3.1.3 Cargas móveis: Efeitos dinâmicos

O efeito dinâmico das cargas móveis deve ser analisado pela teoria da dinâmica das estruturas. Entretanto, é possível assimilar o efeito dinâmico através de um coeficiente de Impacto “ φ ” estabelecido pela (ABNT nº 7187, 2003). Para as obras rodoviárias o valor do coeficiente é dado pela Equação 4.

$$\varphi = 1,4 - 0,07 * l \geq 1 \quad (\text{Equação 4})$$

Onde, l é o vão é o comprimento de cada vão teórico do elemento carregado, qualquer que seja o sistema estrutural, em metros. No caso de vãos desiguais, em que o menor vão seja igual ou superior a 70% do maior, permite-se considerar um vão ideal equivalente à média aritmética dos vãos teóricos. No caso de vigas em balanço, l é tomado igual a duas vezes o seu comprimento. Não deve ser considerado o impacto na determinação do empuxo de terra provocado pelas cargas móveis, no cálculo de fundações e nos passeios das pontes rodoviárias.

3.1.4 Cargas móveis: Forças horizontais

A ABNT (2013) nº 7188 define dois tipos de ações horizontais principais a serem analisadas, a primeira é referente às forças provenientes devido a frenagem e aceleração aplicadas no nível do pavimento. A segunda deve ser considerada para obras em curvas horizontais, pois é proveniente da força centrífuga. Ambas devem ser consideradas na posição mais desfavorável sobre o tabuleiro. As Forças horizontais devido a aceleração e frenagem são apresentadas na equação 5.

$$H_f = 0,25 * B * L * CNF \geq 135 \text{ kN} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde, B é a largura efetiva, expressa em metros (m), da carga distribuída de 5 kN/m². L é o comprimento concomitante da carga distribuída, expresso em metros.

As forças horizontais devido a força centrífuga possuem duas recomendações. A ABNT (2013) nº 7188 estabelece que raios menores do que 200m, a força centrífuga (H_{fc}) deve ser $2,4 * P$, para raios maiores do que 1500m H_{fc} deve ser considerada zero, e por fim, para raios entre, ou iguais a, 200m e 1500m a força centrífuga deve ser $H_{fc} = 480 * P / R$, onde R é o raio da

curva horizontal no eixo da obra, expresso em metros. A ABNT (2013) nº 7187 estabelece que o valor característico da força centrífuga deve ser uma fração do trem-tipo escolhido. Esta fração é resultado do produto de um coeficiente “C”, que deve ser tomado como 0,25 para pontes com curva inferior a 300 m de raio e $75/R$ para raios superiores. A NBR 7187 (2003) já inclui o efeito dinâmico das cargas móveis.

3.1.5 Ações excepcionais

As ações excepcionais são caracterizadas por ações de curta duração e com baixíssima probabilidade de ocorrência. Nunes (2017) cita como sendo ações excepcionais em pontes:

- Colisões de veículos;
- Explosões;
- Fenômenos naturais como enchentes, ventos e sismos.

Além dos coeficientes adicionais para as cargas móveis citados no tópico 3.1.2, a ABNT (2013) nº 7188 estabelece cargas acidentais para o impacto de veículos. A norma estabelece que os dispositivos de contenção (guarda-rodas, barreiras New Jersey e meio-fio) devem suportar a uma carga horizontal de 100 kN. Já para os guarda-corpos a norma prevê uma carga horizontal transversal linearmente distribuída de 2 kN/m.

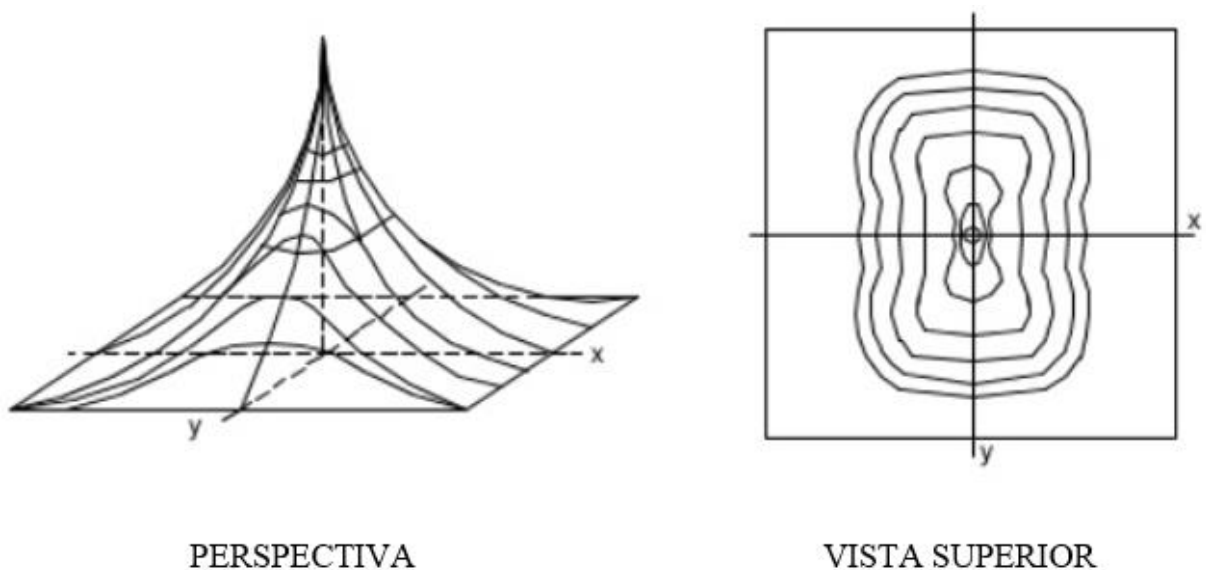
3.2 MECÂNICA ESTRUTURAL

O modelo de cálculo dos tabuleiros pode seguir várias vertentes, desde as mais clássicas como os métodos de Engesser-Courbon, Leonhardt e Guyon-Massonet, como métodos mais sofisticados como os computacionais embasados no método dos deslocamentos, elementos finitos, grelhas planas ou Analogia de Grelhas (NUNES, 2017).

3.2.1 Cálculo das lajes

O cálculo das lajes de uma ponte é baseado na teoria das placas. Em pontes, a principal solicitação é consequente das cargas móveis, ação direta das rodas dos veículos no pavimento da laje. Para se obter as maiores solicitações pode-se utilizar o auxílio das superfícies de influência, que é uma extensão do conceito de linhas influência para um espaço tridimensional. A figura 10 representa a superfície de contato de um carregamento genérico em uma laje (SPERNAU, 2013).

Figura 10 – Superfícies de Influência



(Fonte: Adaptado de Spernau, 2013)

Através das equações de equilíbrio, da teoria da elasticidade, Lei de Hooke, e fazendo as operações matemáticas necessárias, a Teoria das Placas possui uma equação diferencial de quarta ordem que rege a teoria das placas chamada equação de Lagrange (Equação 6) (PINHEIRO, 2007).

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 * \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{p}{D} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

w é a função que representa os deslocamentos verticais;

p é a carga total uniformemente distribuída;

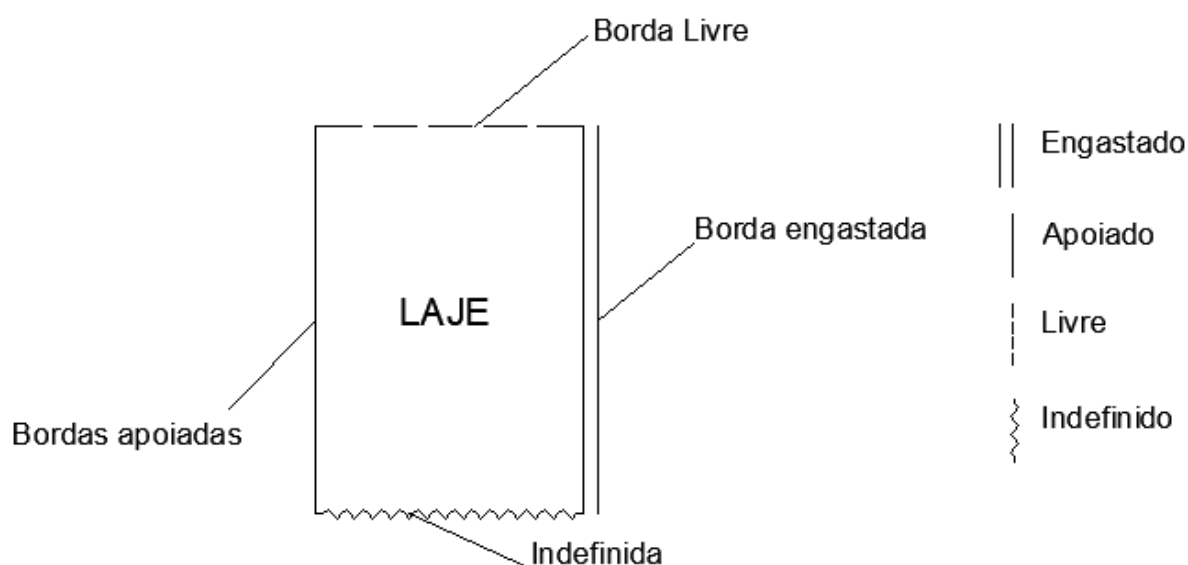
D é a rigidez da placa à flexão;
 E é o módulo de elasticidade;
 h é a espessura da placa;
 ν é o coeficiente de Poisson.

Em geral, não é possível determinar de forma exata, uma solução para tal equação diferencial, ainda que sejam satisfeitas as condições de contorno. Para contornar este problema, lança-se mão de soluções numéricas e tabelas de cálculo. Para pontes, as tabelas mais conhecidas são do alemão Hubert Rusch (SPERNAU, 2013).

3.2.2 Tabelas de Rusch

As tabelas de H. Rusch foram desenvolvidas para o trem-tipo da norma alemã DIN-1072. As normas brasileiras de cargas rodoviárias foram adotadas com carregamentos de mesma geometria da norma alemã para que as tabelas de Rusch pudessem ser utilizadas com as NBR. As tabelas de Rusch permitem determinar as solicitações em lajes através de condições de apoio pré-estabelecidas, são elas apoio simples, engaste perfeito, bordo livre e indefinido. A opção indefinida se aplica quando a relação l_y/l_x é muito grande e uma dimensão da placa é muito maior que a outra. A figura 11 ilustra como são convenções das tabelas de Rusch para os apoios das lajes (ARAÚJO, 1999).

Figura 11 - Convenção de apoios de lajes Tabelas de Rusch



3.2.2.1 Momento Fletor decorrente das cargas móveis

Para o cálculo de momento fletor decorrente das cargas móveis pelas tabelas de Rusch, utiliza-se a equação 7 que leva em consideração o peso da roda do veículo, o carregamento de multidão nas laterais do veículo e o carregamento de multidão na frente e atrás do veículo, além de possuir um coeficiente de majoração de impacto (SPERNAU, 2013).

$$M_q = \emptyset (Q * Ml + q1 * Mp + q2 * Mp') \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

\emptyset é o coeficiente de impacto, que é proveniente do produto dos coeficientes CIV, CNF e CIA;

Q é o peso de uma roda do veículo estabelecido pela norma ABNT (2013) nº 7188 como 75 kN/Roda;

q1 é a carga móvel distribuída na frente e atrás do veículo que preconizado pela norma ABNT (2013) nº 7188 como 5 kN/m²;

q2 é a carga móvel distribuída nas laterais do veículo que preconizado pela norma ABNT (2013) nº 7188 como 5 kN/m²;

Ml, Mp e Mp' são coeficientes retirados das tabelas de Rusch que dependem da geometria da laje e da geometria do carregamento.

Para encontrar os coeficientes Ml, Mp e Mp' é necessário encontrar três relações entre a geometria do carregamento e geometria da laje. As equações 8,9,10 e 11 são as relações utilizadas nas tabelas de Rusch.

$$Ly/Lx \quad (\text{Equação 8})$$

$$Lx/a \quad (\text{Equação 9})$$

$$t/a \quad (\text{Equação 10})$$

$$t = b' + 2.f + h \quad (\text{Equação 11})$$

Em que:

L_y é o vão da laje na direção “y”;

L_x – é o vão da laje na direção “x”;

a é o espaçamento entre o eixo das rodas do veículo tipo, preconizado pela norma ABNT (2013) nº 7188 como $a=2\text{ m}$;

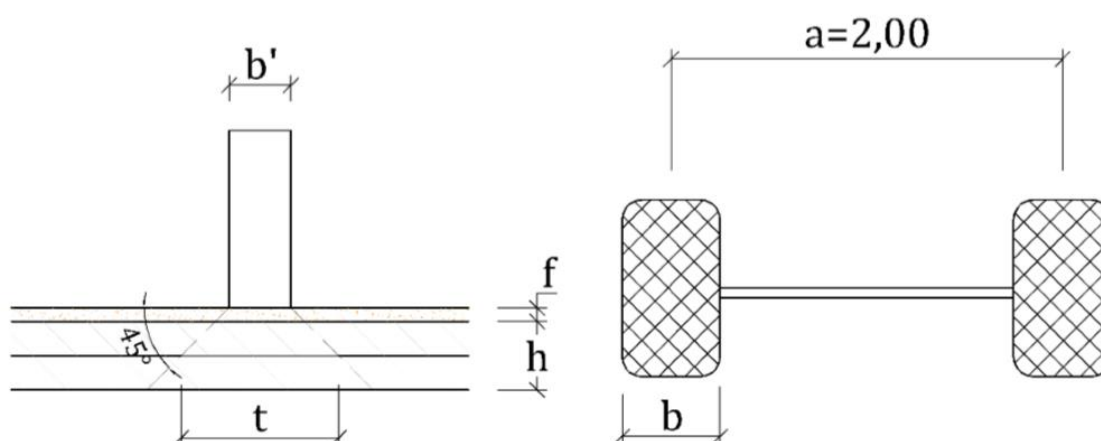
b' é a largura corrigida da roda a ser utilizada nas tabelas de Rüsçh;

f é a espessura média de pavimento sob o eixo geométrico da roda;

h - é a espessura da laje sob o eixo geométrico da roda.

A figura 12 ilustra as geometrias que devem ser encontradas para as relações necessárias às Tabelas de Rusch. Nota-se que t é uma propagação até a superfície média da laje adotando o espalhamento das cargas com 45° .

Figura 12 -Projeção da Roda no eixo da Laje



(Fonte: Nunes, 2017)

3.2.2.2 Momento Fletor decorrente das cargas permanentes

Para o cálculo do momento fletor decorrente das cargas permanentes também é possível utilizar as tabelas de Rusch, conforme a equação 12.

$$Mg = K \cdot g \cdot Lx^2 \quad (\text{Equação 12})$$

Em que:

Lx é o vão da laje na direção “x”;

Mg é o momento fletor devido a carga permanente;

K é um coeficiente obtido pelas tabelas de Rusch;

g é a carga permanente, expressa em kN/m^2 , que vai depender da geometria do tabuleiro escolhido.

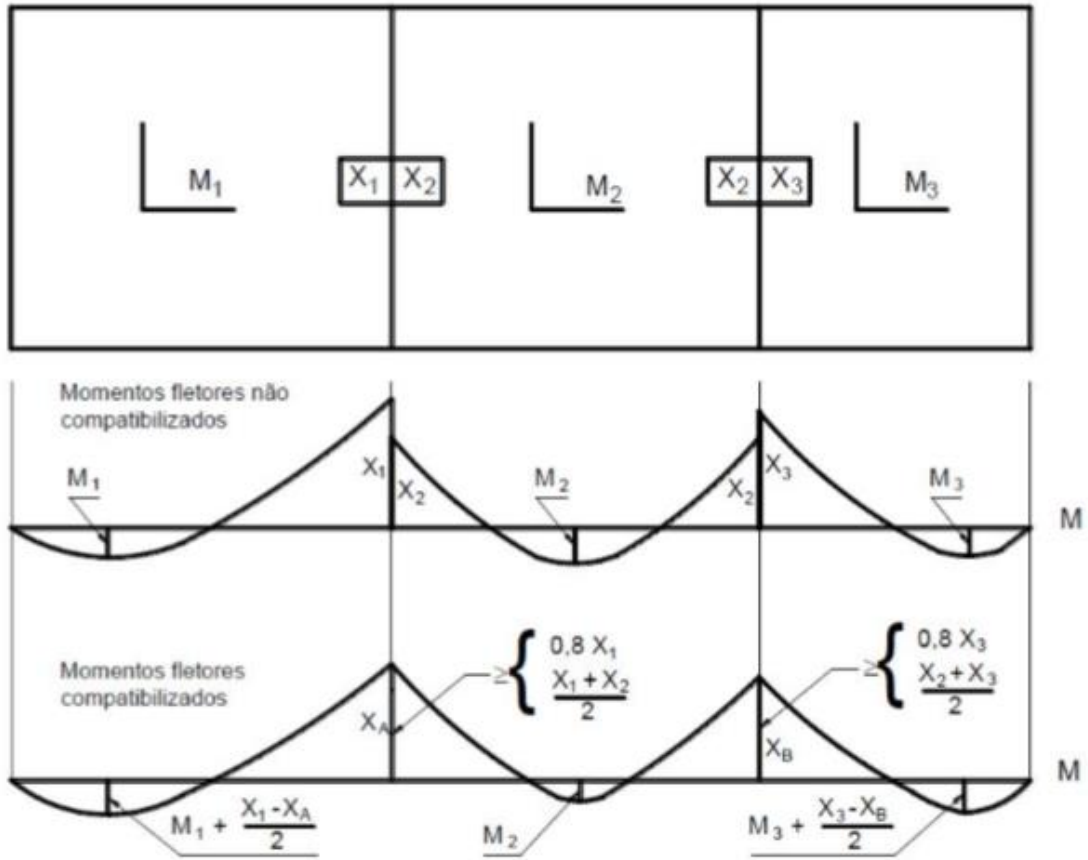
3.2.2.3 Correção do momento fletor para lajes contínuas

As tabelas de Rusch foram elaboradas em esquemas estáticos de lajes isoladas, delimitadas por longarinas e transversinas (NUNES, 2017). Existindo a continuidade das lajes, faz-se necessário corrigir os momentos fletores a fim de evitar a superarmadura dos elementos e compatibilizar as armaduras. Existem várias metodologias para a correção dos momentos fletores em lajes, a ABNT (2014) nº6118 estabelece um modelo de compatibilização de momentos fletores que pode ser utilizado, o modelo segue os seguintes parâmetros:

- Momento fletor negativo: É o máximo entre a média aritmética dos momentos de borda “ M_b ” e $0,8 \cdot X_1$, onde X_1 é o maior dos momentos fletores de borda;
- Momento Fletor positivo: Quando o momento negativo de borda é minimizado, conseqüentemente o momento fletor positivo no centro da placa aumenta, neste caso, o novo momento fletor no centro da placa será $M_f = M_0 + (X_1 + X_2)/2$, onde, M_f é o momento compatibilizado, M_0 é o momento sem a compatibilização e X_1 e X_2 são os momentos de borda das lajes solidarias. Caso, a compatibilização de momentos fletores de borda ocasione na diminuição dos momentos fletores do centro da placa, então, deve-se ser mantido o momento fletor original.

A figura 13 ilustra como é o modelo estabelecido pela ABNT (2014) nº 6118.

Figura 13 - Modelo de compatibilização de momentos fletores em lajes centrais



(Fonte: Souza⁷, 2016)

Spernau (2013) trás um modelo de cálculo embasado na NB2/61 bem mais simples para a compatibilização dos momentos fletores de borda e momentos positivos no centro das lajes. O autor determina para a correção do momento negativo de borda, a equação 13. E para a compatibilização do momento positivo no centro da placa, a equação 14.

$$\frac{1}{2} \text{maior } M_0 \leq M_b \leq \begin{cases} \frac{2}{3} \text{maior } M_0 \\ \frac{3}{4} \text{menor } M_0 \\ \text{mom. armadura simples} \end{cases} \quad (\text{Equação 13})$$

⁷ SOUZA, Edson Florentino de. (2016). Notas de Aula: Concreto Armado I. Disciplina do curso de graduação de Engenharia Civil. COECI/UTFPR.

$$M^+ = M_0 - 0,6 * M_b \quad (\text{Equação 14})$$

Em que:

M_0 como sendo o momento positivo no meio da placa;

M_b o momento negativo de borda;

M^+ o momento positivo no centro da placa compatibilizado.

Taguti (2002) também traz um modelo de correção para a compatibilização dos momentos fletores. O autor, traz para a correção dos momentos, um coeficiente “ α ” para a correção dos momentos decorrentes das cargas móveis, que são os principais carregamentos em pontes. A correção apresentada pelo autor só é válida para vãos abaixo de 20 metros. A equação 15 apresenta o cálculo para o coeficiente “ α ”, e a equação 16 apresenta o cálculo para a correção do momento fletor de cálculo.

$$\alpha = \frac{1,2}{1 + 0,01 * Lx} * \alpha_0 \quad (\text{Equação 15})$$

$$Md = \gamma_g * Mg + \alpha * \gamma_q * Mq \quad (\text{Equação 16})$$

Em que:

α é o coeficiente de continuidade das lajes final;

α_0 é o coeficiente de continuidade das lajes inicial, obtido pelo quadro XX;

Lx é o vão da laje na direção x;

Md é o momento de cálculo;

Mg é o momento fletor devido à carga permanente;

γ_g é o Coeficiente de majoração das ações permanentes;



Mq é o momento fletor devido à carga móvel;

γ_q é o coeficiente de majoração das ações variáveis.

M^+ o momento positivo no centro da placa compatibilizado.

A quadro 4 apresenta os valores de “ α_0 ” para o modelo de compatibilização apresentado por Taguti (2002).

Quadro 4 - Valores de Taguti (2002) para o Coeficiente α_0

Modos de Apoio das lajes isoladas		Extrema ou marginal		Interna		
						
Valores para os Pontos :						
		A	1	B	2	C
Situação	ly'/lx'	MA	α_0			
Placas Vinculadas nos quatro lados (Pontes em Vigas)	$\leq 0,80$	1/2 MB	1,00	1,00	1,05	1,00
	1,00		1,05	0,96	1,13	
	1,20		1,07	0,94	1,18	
	∞	1/3 MB	1,10	0,92	1,23	
Placas Vinculadas em lados opostos (Pontes em lajes)	∞	1/3 MB	1,10	0,92	1,23	1,00
	1		1,14	0,89	1,30	
	0,5		1,22	0,82	1,45	
	0,25	Calculam-se como vigas contínuas				

(Fonte: Adaptado Taguti, 2002)

3.2.3 Cálculo das vigas longarinas

Os métodos de cálculo para o tabuleiro de pontes de divide em dois conjuntos, que são métodos simplificados e métodos computacionais. Souza (2015) cita três métodos simplificados para o cálculo de tabuleiros:

- Método de Engesser-Courbon;
- Método de Leonhardt;
- Método de Guyon-Massonet;

Para métodos computacionais, Souza (2015) cita:

- Método de Grelhas Planas;
- Método de Analogia de Grelhas;
- Método dos Deslocamentos;

- Método dos elementos finitos;

3.2.3.1 Método de Engesser-Courbon

O método de Engesser-Courbon é baseado na teoria das gralhas e permite determinar, de forma aproximada, o modo como as cargas se distribuem sobre um tabuleiro monolítico (SOUZA, 2015). O método considera que as transversinas possuem rigidez infinita, uma vez que o vão da transversina é muito pequeno em relação ao vão das vigas principais, e que as transversinas possuem mesma ordem de grandeza das longarinas. Dessa forma, as flechas das vigas principais ficam condicionadas a uma relação linear, idêntica à da hipótese de seção deformada plana usada na teoria técnica da flexão composta (SPERNAU, 2013).

Respeitando o comportamento elástico-linear das estruturas, pequenas deformações, seções planas e princípio de Saint-Venant, segundo Souza (2015) é possível:

- Transformar o tabuleiro monolítico em uma malha ortogonal constituída por longarinas, vigas longitudinais, e transversinas, vigas perpendiculares ao eixo da ponte;
- Considerar as que transversinas estão simplesmente apoiadas nas longarinas e são consideradas infinitamente rígidas à flexão;
- Desprezar a resistência à torção das transversinas e longarinas;

O princípio matemático da teoria de Engesser-Courbon é embasado na equação XX (SPERNAU, 2013). Considerando-se uma carga concentrada “P”, aplicada com excentricidade “e”, em relação ao centro de gravidade da grelha, a carga atuante sobre uma viga qualquer (i) segue equação 17:

$$P_i = \frac{P}{n} \pm \frac{P * e}{\sum x^2} * x_i \quad (\text{Equação 17})$$

Em que:

P_i é a carga atuante na viga genérica;

P é o valor da carga concentrada atuante na grelha;

n é a quantidade de vigas principais;

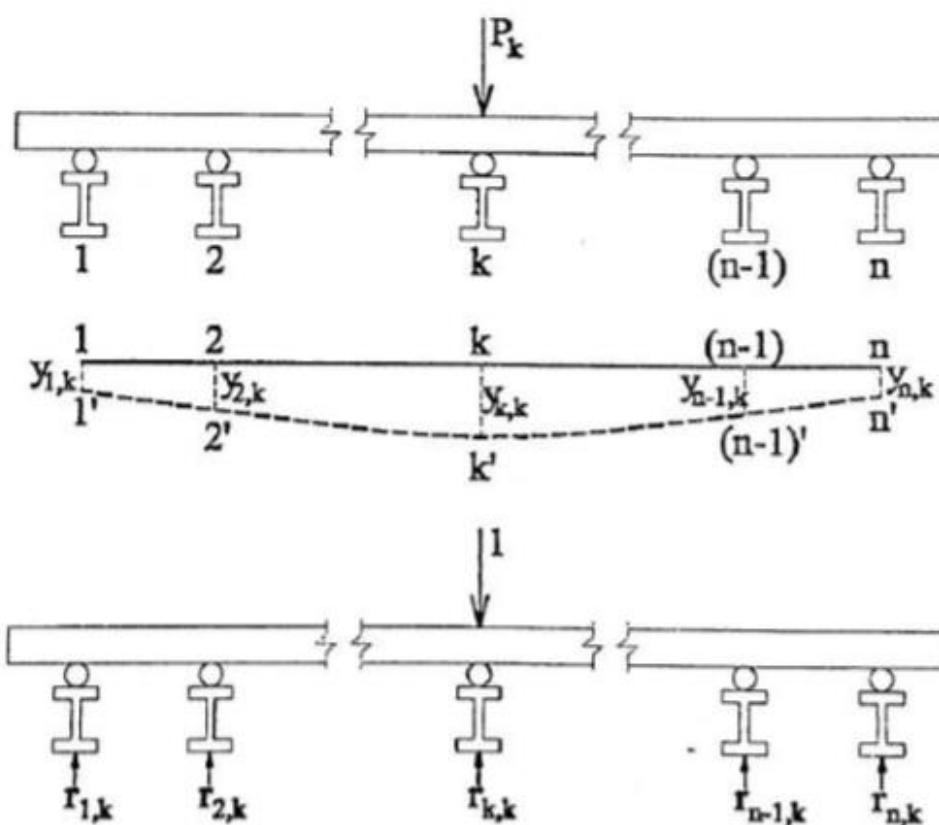
e é a excentricidade da carga, medida a partir do centro de gravidade das vigas principais;

x_i é a distância de uma viga principal genérica ao centro de gravidade das vigas principais;

3.2.3.2 Método de Leonhardt

Existem casos que as transversinas não podem ser consideradas de rigidez infinita, dada a sua deformabilidade. Nestes casos, Leonhardt em 1940 elaborou um método que se baseia nas deformações elásticas para se obter as linhas de influência da reação das longarinas. O esquema estático das cargas pode ser ilustrado pela figura 14.

Figura 14 - Esquema genérico de deformabilidade das transversinas pelo método de Leonhardt



(Fonte: Spernau, 2013)

Nota-se no esquema a não linearidade das deformações $y_{i,j}$ das vigas principais e das transversinas. Leonhardt elaborou tabelas com coeficientes de distribuição transversal de cargas em grelhas planas. O método só é válido se seguir as hipóteses:

- Longarinas com momento de inércia constante em toda sua extensão;

- Longarinas simplesmente apoiadas em toda sua extensão;
- Transversinas são apoiadas nas longarinas;
- Despreza-se o efeito de torção das longarinas;
- Transversinas igualmente espaçadas.

Inicialmente, as tabelas de Leonhardt foram desenvolvidas para uma transversina no meio do vão. Caso a longarina possua mais de uma transversina sobre ela apoiada, então deve-se utilizar um coeficiente “k” apresentado para corrigir a inércia da transversina no quadro 5. A correção da inércia se dá pela equação 18 (SPERNAU, 2013).

Quadro 5 - Coeficiente k método de Leonhardt

Nº de transversinas igualmente espaçadas	Coeficiente k
1 a 2	1
3 a 4	1,6
5 ou mais	2

(Fonte: Adaptado Spernau, 2013)

$$\bar{J}_{eq} = k * \bar{J} \quad \text{(Equação 18)}$$

Em que:

\bar{J}_{eq} é a inércia equivalente da transversina corrigida;

k é o coeficiente adimensional de correção;

\bar{J} é a inércia de cada transversina calculada como seção T. Pode ser calculada também como seção retangular, mas, neste caso, fornece valores mais conservadores.

Um dos parâmetros de entrada das tabelas de Leonhardt é o grau de rigidez da grelha, conforme a equação 19. O grau de rigidez da grelha determina a eficiência do conjunto das transversinas na direção transversal das cargas (NUNES, 2017).

$$\zeta = \frac{\bar{J}_{eq}}{\bar{J}} * \left(\frac{l}{2 * a} \right)^3 \quad (\text{Equação 19})$$

Onde:

\bar{J}_{eq} é a inércia equivalente da transversina corrigida;

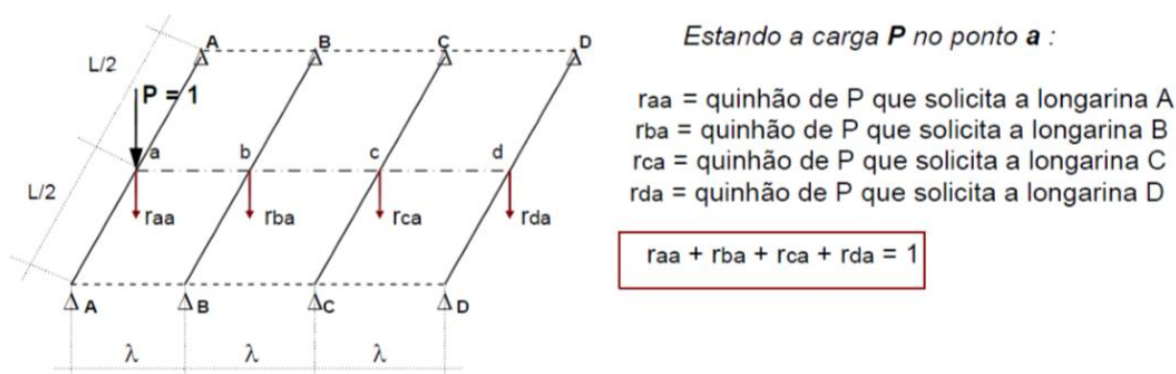
\bar{J} é a inércia de cada transversina;

l é o vão das vigas principais, consideradas simplesmente apoiadas;

a é a distância do espaçamento entre centros de vigas principais.

Leonhardt elaborou várias tabelas em função do número de longarinas e do grau de rigidez das grelhas para se obter os coeficientes de repartição transversal $r_{i,j}$, onde “i” corresponde a viga da seção de cálculo e “j” a posição da carga “P” aplicada. A figura 15 representa um exemplo de grelha e seus respectivos coeficientes de repartição.

Figura 15 - Exemplo de Grelha e seus respectivos coeficientes de repartição



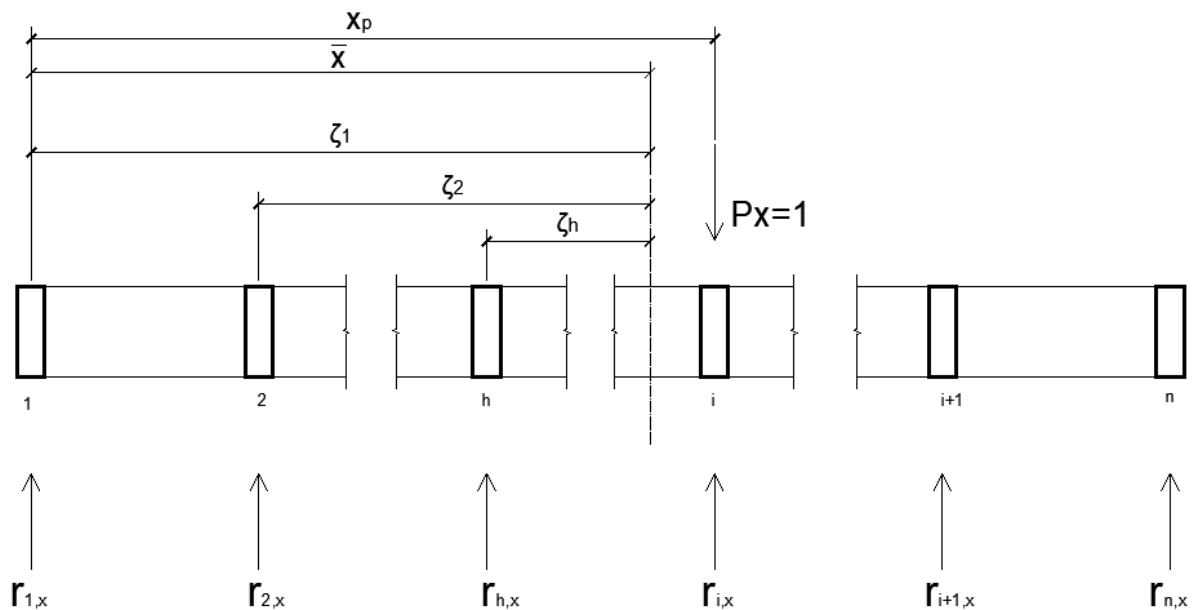
(Fonte: Nunes [2017] apud Antonio Neto [20--])

De posse das tabelas de Leonhardt, e sabendo obter os coeficientes $r_{i,j}$ deve-se elaborar as linhas de influência transversais (LIT) para cada uma das vigas. Nota-se que as linhas de influência transversais não são lineares como no método de Engesser-Courbon, sendo esta a principal diferença entre os métodos.

3.2.4 Cálculo das vigas transversinas

É possível calcular as vigas transversinas do tabuleiro através dos coeficientes de distribuição transversal obtidos da solução de uma grelha plana das tabelas de Leonhardt. Para se determinar as linhas de influência da viga transversina, Spernau (2013) apresenta um modelo de cálculo, que é utilizado neste trabalho. Considera-se uma seção transversal genérica $S_i(x)$ apresentada na figura 16.

Figura 16 - Esquema de distribuição transversal das cargas em uma transversina



(Fonte: Adaptado de Spernau, 2013)

Considere:

P_x como sendo uma carga unitária atuando em x_p ;

ζ_i forças atuantes até a seção analisada;

\bar{x} distância do início até o centro geométrico da grelha na seção $S_i(x)$;

$r_{i,j}$ coeficientes de distribuição transversal.

Os coeficientes de distribuição transversal determinam a ordenada em x da linha do esforço correspondente a seção. Para encontrar os coeficientes finais de cálculo de momento fletor, basta utilizar as equações XX e XX. Para encontrar os coeficientes finais de cálculo de esforço cortante, basta utilizar as equações XX e XX.

Equações dos coeficientes finais de momento fletor 20 e 21:

$$\text{Se } P_x \text{ à direita} \rightarrow M_{\bar{x}x} = \sum_1^i r_{h,x} * \zeta_h \quad (\text{Equação 20})$$

$$\text{Se } P_x \text{ à esquerda} \rightarrow M_{\bar{x}x} = \sum_1^i r_{h,x} * \zeta_h - (\bar{x} - x_p) \quad (\text{Equação 21})$$

Onde:

$M_{\bar{x}x}$ é o coeficiente que multiplicado pelo carregamento irá gerar o carregamento de esforço de momento fletor;

$r_{h,x}$ é o coeficiente de distribuição transversal obtido das tabelas de Leonhardt;

ζ_h é o carregamento à esquerda da seção analisada;

\bar{x} é a distância do início até o centro geométrico da grelha na seção Si(x);

x_p é a distância do início até o ponto de aplicação de P_x .

Equações dos coeficientes finais esforço cortante 22 e 23:

$$\text{Se } P_x \text{ à direita} \rightarrow V_{\bar{x}x} = \sum_1^i r_{h,x} \quad (\text{Equação 22})$$

$$\text{Se } P_x \text{ à esquerda} \rightarrow V_{\bar{x}x} = \sum_1^i r_{h,x} - 1 \quad (\text{Equação 23})$$

Onde:

$V_{\bar{x}x}$ é o coeficiente que multiplicado pelo carregamento irá gerar o carregamento de esforço cortante;

$r_{h,x}$ é o coeficiente de distribuição transversal obtido das tabelas de Leonhardt;

3.3 NORMAS

São normas vigentes a serem consultados no dimensionamento de Obras de Arte construídas nas rodovias estaduais do Paraná:

- ABNT NBR 12655/2015 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento;
- ABNT NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- ABNT NBR 7188/2013 – Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas;
- ABNT NBR 6122/2010 – Projeto e execução de fundações;
- ABNT NBR 7480/2007 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação;
- ABNT NBR 7187/2003 – Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento;
- ABNT NBR 8681/2003 – Ações e segurança nas estruturas;
- ABNT NBR 6123/1988 – Forças devido ao vento em edificações – Procedimento (versão corrigida 2:2013);
- ABNT NBR 10839/1989 – Execução de obras de arte especiais em concreto armado e protendido – Procedimento;

A ABNT (2013) nº 8681 estabelece combinações de cálculo para encontrar as solicitações de maior grandeza em que a estrutura possa estar sujeita. A segurança da estrutura deve ser verificada em duas situações diferentes, são eles o estado limite último e estado limite de serviço.

As combinações de estado limite de serviço (ELS) são utilizadas para verificação do uso normal da construção. Nas combinações de serviço são consideradas todas as ações permanentes, inclusive as deformações impostas permanentes, e as ações variáveis correspondentes a cada um dos tipos de combinações. As combinações de serviço são separadas em quase permanentes, raras e frequentes.

As combinações de estado limite último (ELU) é utilizada para verificar a segurança quanto a paralização total ou parcial da construção. As combinações de estado limite último são divididas em normais, especiais ou de construção, e excepcionais.

Os coeficientes utilizados para as combinações de cálculo no dimensionamento estrutural dos elementos de uma AOE são apresentados no quadro 6.

Quadro 6 - Coeficientes de combinação de ações

Coeficiente	Tipo	Valor
γ_g	Ações Permanentes (Grandes Pontes)	1,35 – Favorável 1,0 – Desfavorável
γ_q	Ações variáveis em geral	1,5
γ_q	Ação do vento	1,4
Ψ_0	Ação do vento	0,6
Ψ_1	Ação do vento	0,3
Ψ_2	Ação do vento	0
Ψ_0	Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos (pontes rodoviárias)	0,7
Ψ_1	Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos (pontes rodoviárias)	0,5
Ψ_2	Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos (pontes rodoviárias)	0,3

(Fonte: Adaptado de ABNT (2003) nº8681)

3.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho tem como premissa o comparativo de resultados de soluções estruturais em concreto armado para um projeto. O projeto escolhido é referente a obra de arte especial que está inserida na licitação do tipo Concorrência Pública 265/2017. A obra total possui valor estimado em R\$36.717.085,54 (trinta e seis milhões setecentos e dezessete mil e oitenta e cinco reais e cinquenta e quatro centavos) segundo o órgão⁸, e o subitem 5 “OBRA DE ARTE ESPECIAIS - TRINCHEIRA (C=24,00, L=19,50, H=5,50)” possui um valor estimado de R\$2.642.525,11 (dois milhões seiscentos e quarenta e dois mil quinhentos e vinte e cinco reais e onze centavos). A obra consiste em execução dos serviços para ampliação da capacidade de tráfego da rodovia PRC 466, trecho: entroncamento PR 460 - BR 277 (Guarapuava); subtrecho: entroncamento Rod. Mun. Palmeirinha - entroncamento BR 277 (Guarapuava), numa extensão de 3,467 km.

Será utilizado para este os cálculos deste trabalho, o projeto arquitetônico da OAE publicado para a licitação (ANEXO A). Sendo assim este trabalho não irá discutir questões como quantidade faixas de rolamento, fluxo de veículos e pessoas ou mesmo a estética da OAE escolhida.

O trabalho exige um estudo inicial do comportamento das estruturas em concreto armado e estruturas de obras de arte especiais. Portanto é parte integrante deste trabalho uma revisão bibliográfica pautada nos conhecimentos do dimensionamento de pontes, projetos de pontes e composições unitárias de preços.

Os estudos necessários para o anteprojeto, bem como os estudos geométricos, geotécnicos, hidrológicos, topográficos e complementares não são contemplados neste projeto, pois é utilizado o projeto arquitetônico já idealizado pelo projetista desta OAE.

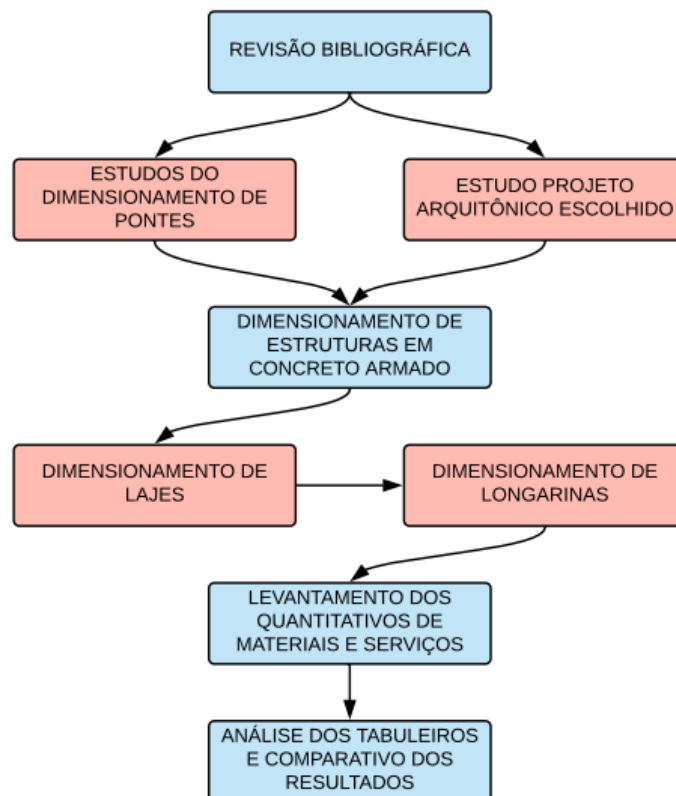
Este trabalho tem como objetivos a comparação de resultados de diferentes soluções estruturais para o tabuleiro de uma ponte em concreto armado. Para tanto, segue quatro etapas principais, são elas:

⁸ Disponível em < <http://www.comprasparana.pr.gov.br/> >. Acesso em 31/11/2018.

- I. Revisão Bibliográfica: com foco em obras conhecimentos do dimensionamento de pontes, projetos de pontes e composições unitárias de preços;
- II. Dimensionamento de Estruturas (Tabuleiros) compatíveis com o projeto arquitetônico;
- III. Levantamento dos quantitativos de materiais e serviços necessário para execução de cada um dos tabuleiros dimensionados;
- IV. Comparativo de resultados encontrados no item III para encontrar qual é o tabuleiro mais econômico.

O fluxograma apresentado na figura 17 ilustra de maneira mais detalhada as etapas do projeto.

Figura 17 – Fluxograma de etapas do projeto



(Fonte: o autor)

Os preços unitários dos serviços utilizados para os estudos deste trabalho, foram retirados do orçamento da licitação do DER-PR para a obra (ANEXO B)

3.5 ETAPAS DO DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento das estruturas em concreto será dimensionado conforme a seguir:

Lajes:

- I. Levantamentos dos carregamentos permanentes através de planilhas eletrônicas e do software FTOOL para lajes em balanço;
- II. Levantamento das solicitações de momento fletor devido as cargas móveis e permanentes através do software T.Rusch 1.0;
- III. Cálculo de armaduras e seções através de planilhas eletrônicas;
- IV. Cálculo do quantitativo de materiais através de planilhas eletrônicas com base nas C.P.U. do DER-PR;
- V. Análise de resultados através de planilhas eletrônicas;

Longarinas:

- I. Levantamentos dos carregamentos permanentes do método de Engesser-Courbon;
- II. Levantamento dos carregamentos devido a cargas móveis através do método de Engesser-Courbon;
- III. Cálculo de armaduras e seções através de planilhas eletrônicas;
- IV. Cálculo do quantitativo de materiais através de planilhas eletrônicas com base nas C.P.U. do DER-PR;
- V. Análise de resultados através de planilhas eletrônicas;

3.6 SOFTWARES UTILIZADOS

Neste trabalho, foram utilizados os seguintes softwares listados:

- Microsoft Excel 2018 - Planilhas eletrônicas de cálculo;
- AutoCAD 2018 – Para elaboração de gráficos e desenhos técnicos;
- FOOL 2017 – Para obter resultados e diagramas de cálculo;
- Aplicativo DUALONG – Para obter os Momentos Fletores de tabuleiros com duas longarinas;

- T. Rusch 1.0 – Para obter os coeficientes das tabelas de Rusch e diagramas de lajes.

Os softwares Microsoft Excel e AutoCAD são ferramentas muito difundidas entre os pesquisadores de Engenharia Civil, portanto não é necessária uma descrição sobre suas aplicações.

3.6.1 T.Rusch 1.0

O software T. Rusch 1.0 é um aplicativo *freeware* para o cálculo de esforços em lajes de pontes pelo método de Rusch. O software permite:

- Exibição da tabela de Rüsç e interpolação de suas constantes utilizadas;
- Cálculo dos esforços a partir do trem-tipo TB-450 ou TB-240 de acordo com a NBR 7188:2013;
- Diagramas de momentos;
- Memória de cálculo em formato HTML;
- Opção para consultar todas as tabelas presentes no livro de Rüsç.

Para utilizar o software é necessário configurar unidades das dimensões, esforços e cargas e selecionar o Trem-Tipo. É necessário também inserir as incógnitas L_x , L_y , t , Direção do tráfego, Vinculações e coeficiente de impacto e carga permanente. A figura 18 apresenta o Layout do software.

Figura 18 - Layout T.Rusch 1.0

Dimensões: $l_x = 5,000$ m, $l_y = \infty$ m, $t = 0,796$ m, $a = 2$ m

Vinculações: Borda superior: Indefinida, Borda inferior: Indefinida, Borda esquerda: Livre, Borda direita: Engastada

Direção do tráfego:

Coefficiente de Impacto (ϕ): 1,688

l_x/a	t/a				Para todos os valores de t/a	
	0,125	0,250	0,5	1,0	p	p'
0,125	0,046	0,013	0,007	0,001	0,0	0,0
0,25	0,074	0,024	0,015	0,001	0,0	0,0
0,375	0,092	0,035	0,02	0,001	0,0	0,0
0,5	0,102	0,048	0,027	0,002	0,0	0,0
0,625	0,11	0,061	0,033	0,003	0,0	0,0
0,75	0,114	0,075	0,038	0,012	0,0	0,0
1,0	0,124	0,094	0,051	0,026	0,0	0,01
1,25	0,133	0,11	0,065	0,04	0,0	0,02
1,5	0,155	0,133	0,092	0,062	0,0	0,03
1,75	0,179	0,158	0,121	0,084	0,0	0,04
2,0	0,208	0,185	0,154	0,109	0,0	0,05
2,25	0,24	0,214	0,189	0,133	0,0	0,06
2,5	0,274	0,245	0,225	0,158	0,0	0,07

Resultados:
Tabela Utilizada: 98
Cargas Móveis:
ML=0,23
Mp=0,00
Mp=0,07
Mxm=30,11 kN.m/m
Cargas Permanentes:
Não é possível calcular pelo método de Rusch

(Fonte: print screen da tela do Layout do software T.Rusch 1.0)

3.6.2 FTOOL V4.0

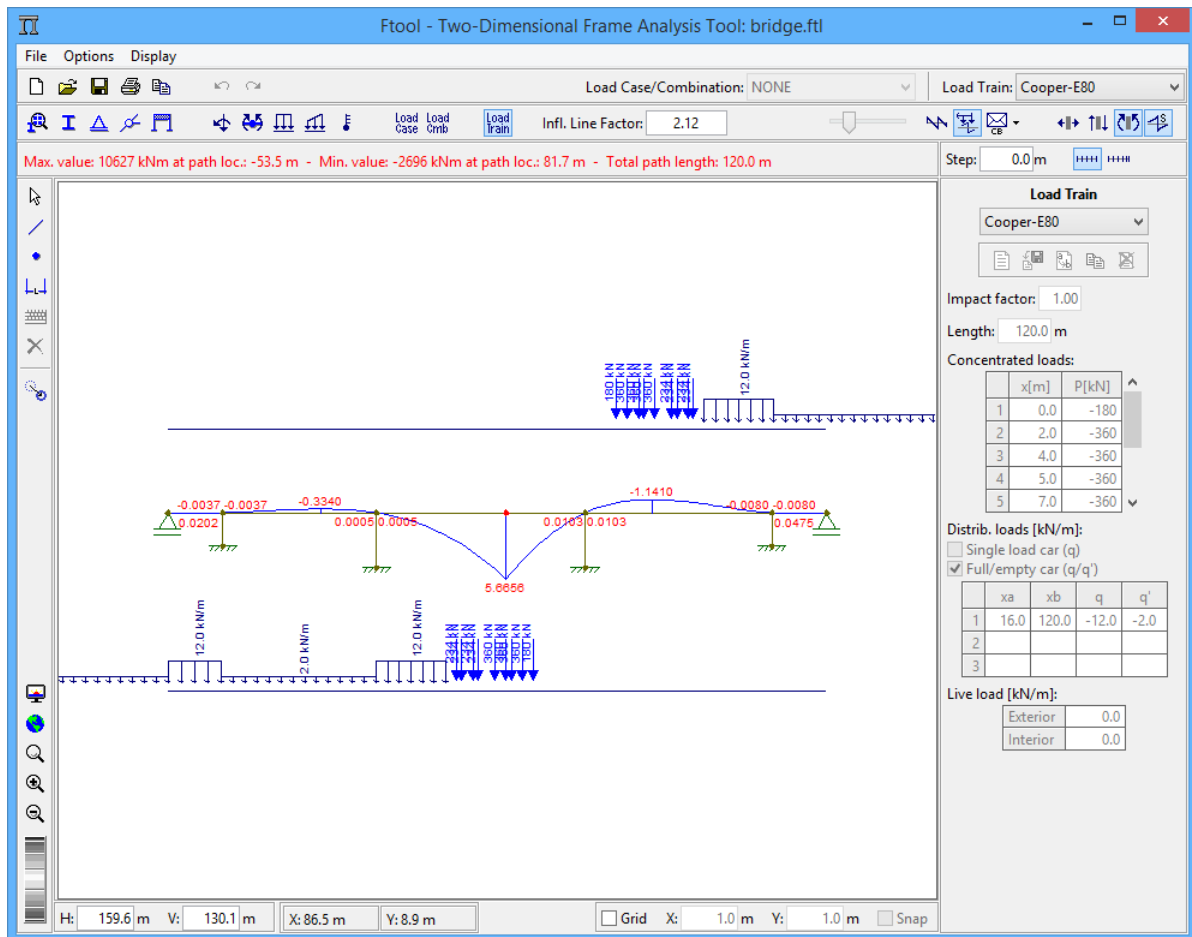
O software FTOOL é bem difundido para fins educacionais nos cursos de Engenharia Civil. Sua última versão permite encontrar as linhas de influência de esforços de diversos trens tipos, e por isso foi uma ferramenta extremamente útil para este trabalho.

O software FTOOL foi desenvolvido pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Inicialmente desenvolvido para uso em sala de aula, mas evoluiu para uma ferramenta frequentemente utilizada em projetos estruturais profissionais. Uma edição avançada, com uma licença comercial, foi, portanto, liberada para satisfazer as necessidades dos projetistas estruturais, mantendo a edição básica gratuita (FTOOL⁹). O software permite encontrar diagramas de esforços axiais, cortantes, momento fletor, linhas de influência e deformações de diversos tipos de estruturas.

⁹ Disponível em < <https://www.ftool.com.br/Ftool/site/about> >. Acesso em 12/11/2018

Para este trabalho, o software foi utilizado para verificar os diagramas de esforços cortante, momento fletor e linhas de influência das estruturas. A figura 19 apresenta um layout do software.

Figura 19 - Layout FTOOL V4.0



(Fonte: FTOOL⁶)

3.6.3 Planilhas eletrônicas

As planilhas eletrônicas foram desenvolvidas pelo autor de forma a absorver as informações coletadas dos softwares FTOOL V4.0 e T.Rusch 1.0. Dessa formas foram elaboradas para calcular as taxas de armadura com base em parâmetros que deviam ser inseridos pelo usuário, bem como o seção do elemento e diâmetro do vergalhão a ser utilizado.

Foram elaboradas duas planilhas para o cálculo de lajes. A primeira (APÊNDICE B) é responsável pela taxa de armadura pela seção. Leva em consideração todos os parâmetros estabelecidos pelas normas vigentes. A planilha foi elaborada para possuir uma tolerância da armadura efetiva entre 95 e 110% da armadura calculada, isto para que barras de mesmo diâmetro fossem reutilizadas de uma seção para outra, diminuindo assim a taxa de armadura.

A segunda planilha (APÊNDICE C) foi elaborada para o cálculo de armaduras totais. Esta planilha leva em consideração se existe compatibilização de armaduras entre seções e a ancoragem das armaduras. Também, leva em consideração quais são as maiores taxas de armaduras em uma mesma seção, como por exemplo nos bordos em que há momento resultante de m_{yr} e m_{ye} .

Para o cálculo das longarinas foram elaboradas duas planilhas que calculam taxa de armadura por seção e calcula quantidade de aço. A primeira planilha calcula a armadura longitudinal das longarinas (APÊNDICE D). Esta planilha foi subdividida para calcular 22 seções de 1 metro, haja visto que todas as longarinas de todos os tabuleiros são longarinas do tipo viga contínua. Para utilização desta planilha basta apenas inserir as solicitações que são geradas pelo software FTOOL e inserir qual o diâmetro do vergalhão deve ser utilizado.

A segunda planilha (APÊNDICE E) calcula a armadura transversal das vigas longarinas. Basta inserir qual o diâmetro e espaçamento das barras que serão utilizadas. Além de inserir os esforços que são resultados dos diagramas do software FTOOL V4.0.

A planilhas levam em consideração:

- Contribuição da seção T de concreto conforme estabelece a normativa ABNT (2014) nº6118;
- Utilização de apenas um diâmetro de barras para o cálculo de taxa de armaduras longitudinais;
- Bielas de concreto comprimidas com 38°;
- Armadura transversal calculada com estribos simples (2 ramos) ou dupla (4 ramos);
- Armadura efetiva entre 95 e 110% da armadura calculada.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Encontrar a solução estrutural mais econômica e mais adequada para diferentes obras é umas das dificuldades dos projetistas de OAE. Este trabalho consiste no comparativo de soluções estruturais. Entretanto, irá se limitar a calcular o tabuleiro (lajes e vigas) da ponte. O trabalho prioriza o comparativo de diferentes soluções estruturais de tabuleiro para uma mesma ponte. Portanto, não serão analisadas a mesoestrutura e infraestrutura da ponte.

4.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho se limitou a:

- Dimensionamento de diferentes soluções estruturais para o tabuleiro de um projeto de ponte, não analisando mesoestrutura e infraestrutura.
- Dimensionamento de lajes através do método das Tabelas de Rusch;
- Dimensionamento das vigas longarinas através do método de Engesser-Courbon;
- Dimensionamento de estruturas de concreto armado através de planilhas eletrônicas;
- Dimensionamento estático do comportamento das estruturas quanto as solicitações de cargas permanentes e móveis. Não sendo analisado o dimensionamento dinâmico da estrutura quanto a ventos, e deformações de terreno;
- Utilizou o banco de dados do DER-PR para análise dos valores totais das obras.

4.3 PARÂMETROS COMUNS A TODOS OS TABULEIROS

No dimensionamento de estruturas, faz-se necessário a escolha de alguns parâmetros por conta do projetista, bem como o arranjo das armaduras ou a seção de uma viga. Esses parâmetros irão influenciar diretamente no resultado final dos elementos dimensionados.

Para todas as lajes foram adotados os seguintes parâmetros comuns a todas as lajes dimensionadas deste projeto.

- Espessura pavimento $e = 11,50$ cm. Parâmetro adotado conforme projeto de pavimentação do projeto original;
- Superfície de contato do pneu $A = 20$ cm e $B = 50$ cm. Parâmetro adotado conforme ABNT (2013) nº7188;
- Distância dos eixos das rodas dos veículos do trem-tipo $a = 2$ m. Parâmetro adotado conforme ABNT (2013) nº7188;
- Carga móvel por roda $P = 75$ kN. Parâmetro adotado conforme ABNT (2013) nº7188;
- Carga móvel distribuída (carga de multidão) $Q = 5$ kN/m². Parâmetro adotado conforme ABNT (2013) nº7188;

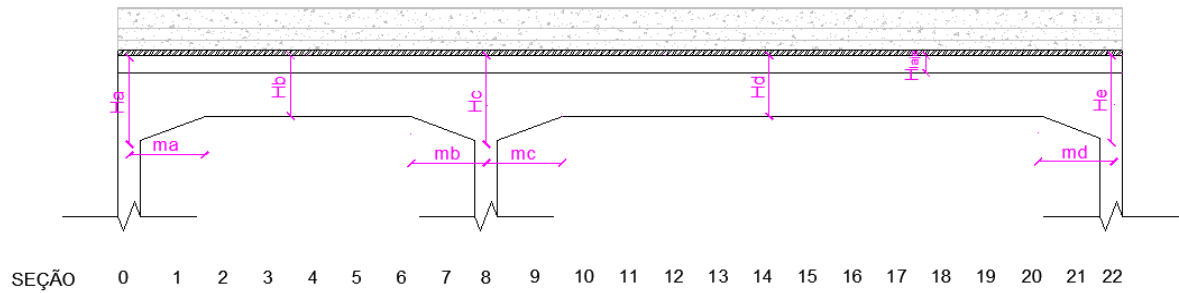
São também listados os materiais utilizados para o dimensionamento dos elementos:

- Resistência característica do concreto: $C30 = f_{ck} 30$ MPa;
- Coeficiente de minoração da resistência do concreto $\gamma_d = 1,4$;
- Agregado graúdo de maior dimensão: Brita 1 com diâmetro máximo de 19 mm e do tipo *gnaisse* ($\alpha_e = 1,00$);
- Resistência característica do aço: $CA-50 = 500$ Mpa;
- Coeficiente de minoração da resistência do aço $\gamma_d = 1,15$;

Para a compatibilização dos momentos fletores foi utilizado o método apresentado pela ABNT (2014) nº 6118. Haja visto que o mesmo é o mais conservador entre os três métodos pesquisados neste trabalho.

Para encontrar uma solução mais econômica das vigas dimensionadas, foi utilizado a redução da seção transversal das vigas no centro dos tramos. Isto é possível devido ao comportamento das vigas T mediante as solicitações de momento fletor positivo, que é preponderante nos vãos intermediários. A figura 20 ilustra a redução da seção das longarinas em um corte longitudinal fictício.

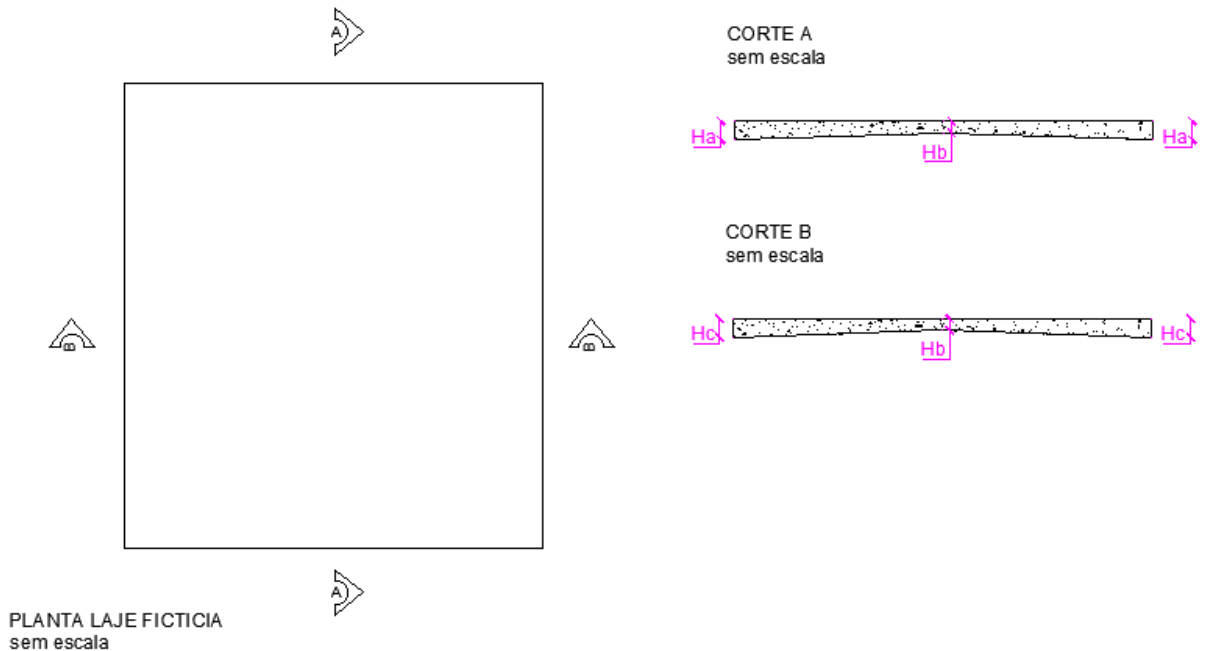
Figura 20 – Longarinas com seção reduzida com mísulas



(Fonte: o autor)

Também foi utilizado o artifício da redução das seções para as lajes. Em geral os maiores esforços se apresentam nos engastes das lajes, e portanto, este foi o local de aumento das seções. Como a laje possui 4 bordas e 4 possíveis espessuras para os engastes, foi padronizado um valor de espessura para o centro da placa e outro para as bordas que são paralelas, isso facilita a compreensão do projeto. A figura 21 ilustra o modelo de seções das lajes utilizados nos tabuleiros.

Figura 21 - Modelo de seções para lajes



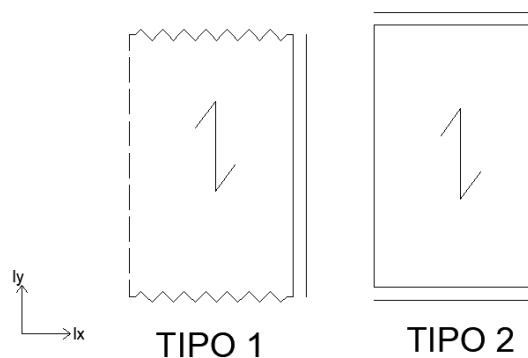
(Fonte: o autor)

4.4 TABULEIRO A

4.4.1 Cálculo das lajes

A primeira solução a ser dimensionada é de um tabuleiro com duas longarinas. Para o cálculo das solicitações das lajes foi utilizado o software T.Rusch e o software FTOOL. Para o levantar o carregamento das longarinas foi utilizado o método de Engesser-Courbon, e para as solicitações foram utilizados os diagramas do software FTOOL. O dimensionamento das seções e das taxas de armadura foi feito através de planilhas eletrônicas. As lajes desta solução foram divididas em dois tipos, a figura 22 ilustra como os dois tipos de lajes podem ser encontradas nas tabelas de Rusch.

Figura 22 - Tipos de lajes convenção de Rusch Tabuleiro A



(Fonte: o autor)

O coeficiente de adicional de impacto, CIA, influencia consideravelmente no dimensionamento das armaduras longitudinais. Portanto, nas lajes que não são afetadas por esse coeficiente, ele foi dispensado. Entretanto, para o tabuleiro A, devido o projeto geométrico de estradas dividir as pistas de rolamento com duas com barreiras *New Jersey*, todas as lajes são influenciadas pelo CIA. São listados os tipos de lajes para esta solução:

- Tipo 1: Possui 2 bordos indefinidos em ly. Em lx, possui 1 bordo engastado na laje central e 1 bordo livre. Direção de fluxo em ly e **possui** influência do CIA;
- Tipo 2: Possui 2 bordos engastados em ly e duas bordas apoiadas nas longarinas em lx. Direção de fluxo em ly e **possui** influência do CIA.

Os coeficientes adicionais para os carregamentos móveis são mostrados no quadro 7.

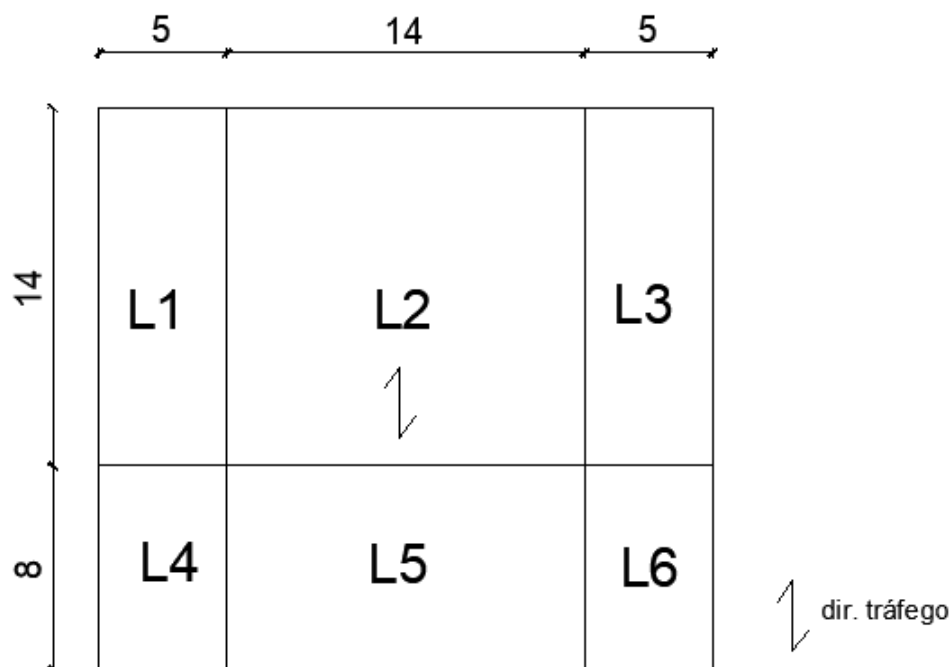
Quadro 7 - Tabuleiro A - Coeficientes de majoração cargas móveis Tabuleiro A

Coeficiente majoração		
Laje Tipo 1 e 2		
Coeficiente	φ	Observação
CIV	1,350	= $1 + 1,06 * (20 / (LIV + 50))$
CIA	1,250	= 1,25 (p/ C.A)
CNF	-	Não se aplca p/ lajes e transversinas
$\varphi = CIA * CIV * CNF$	1,688	

(Fonte: o autor)

A figura 23 apresenta a planta do tabuleiro, a separação é feita com base nas dimensões l_x e l_y e no tipo da laje. As lajes L1, L3, L4 e L6 são do tipo 1, e as lajes L2 e L5 são lajes do tipo 2. Como o tabuleiro é simétrico e possui carregamentos simétricos, $L1=L3$ e $L4=L6$.

Figura 23 - Planta do Tabuleiro A



(Fonte: o autor)

Os dados de entrada utilizados nas tabelas de Rusch são apresentados no quadro 8.

Quadro 8 - Entradas Tabelas de Rusch Tabuleiro A

ENTRADAS SOFTWARE T RUSCH							
LAJE	Dimensões			Lin. Média	Parâmetros		Direção fluxo
	Ly (m)	Lx (m)	Ly / Lx	t (cm)	t/a	Lx/a	lx ou ly
L1=L3	14,000	5,000	2,800	79,623	39,811	2,500	ly
L2	14,000	14,000	1,000	79,623	39,811	7,000	ly
L4=L6	8,000	5,000	1,600	79,623	39,811	2,500	ly
L5	8,000	14,000	0,571	79,623	39,811	7,000	ly

(Fonte: o autor)

Os resultados encontrados, e apresentados no memorial de cálculo deste trabalho, das incógnitas: seção de concreto (espessura da laje), tipo (por tabelas de Rusch) e armadura total são apresentados no quadro 9. Para o cálculo das solicitações permanentes nas lajes do TIPO 1, foi utilizado o software FTOOL, para as outras solicitações tanto permanentes quanto variáveis, foram utilizadas as Tabelas de Rusch através do T. Rusch 1.0.

Quadro 9 - Resumo de resultados lajes - Tabuleiro A

Laje	Tipo	h laje					A _{sw,adot}
		Sup	Inf	Dir	Esq	Meio	TOTAL
		cm	cm	cm	cm	cm	kg
L1	TIPO 1	40,0	40,0	40,0	25,0	25,0	5622,4
L2	TIPO 2	40,0	40,0	40,0	40,0	30,0	12007,35
L3	TIPO 1	40,0	40,0	40,0	25,0	25,0	5622,4
L4	TIPO 1	40,0	40,0	40,0	25,0	32,5	3082,2
L5	TIPO 2	40,0	40,0	40,0	40,0	30,0	4378,7
L6	TIPO 1	40,0	40,0	40,0	25,0	32,5	3082,2
Total aço (kg)							33795,2

(Fonte: o autor)

4.4.2 Cálculo das Longarinas

Para o cálculo das longarinas do tabuleiro A, foi utilizada a teoria de Engesser-Courbon conforme recomendação de Spernau (2013). O trem tipo foi posicionado sobre as vigas de forma a encontrar as maiores solicitações das vigas.

Os coeficientes adicionais para os carregamentos móveis são mostrados no quadro 10.

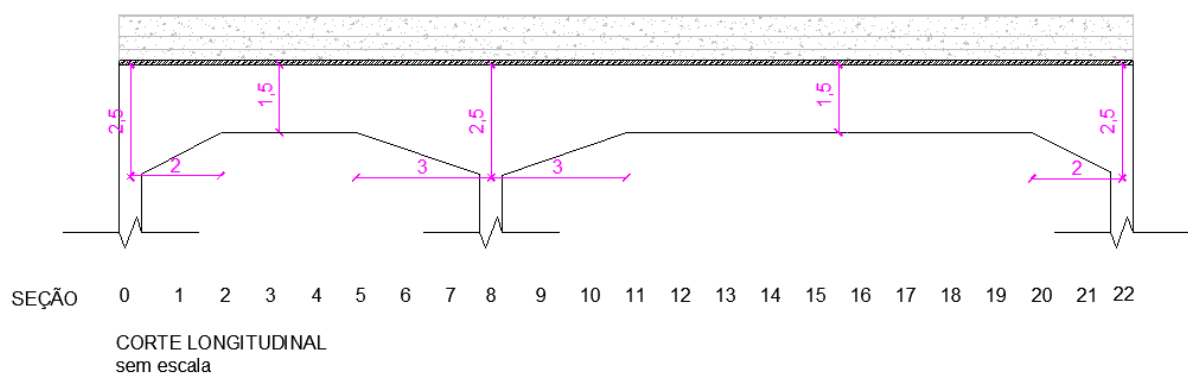
Quadro 10 - Coeficiente de majoração das cargas móveis para longarinas- Tabuleiro A

Coeficiente majoração		
VIGAS		
Coeficiente	φ	Observação
CIV	1,350	$= 1 + 1,06 * (20 / (LIV + 50))$
CIA	1,250	$= 1,25 (p / C.A)$
CNF	0,900	$= 1 - 0,05 * (n - 2) > 0,9$
$\varphi = CIA * CIV * CNF$	1,519	

(Fonte: o autor)

O corte longitudinal das longarinas V1 e V2 é representado pela figura 24.

Figura 24 - Corte Longitudinal Longarinas - Tabuleiro A



(Fonte: o autor)

O resumo das solicitações e armaduras longitudinais está apresentado no quadro 11 e os resultados transversais estão expostos no quadro 12.

Quadro 11 -Resumo de resultados longitudinais Longarinas V1=V2 - Tabuleiro A

ARMADURA CALCULADA								
LONGITUDINAL								
seção	positiva				negativa			
	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm
0	1004109,0	108,0	22,0	25,0	125513,6	-14,7	3,0	25,0
1	642629,7	88,4	18,0	25,0	80328,7	-9,8	2,0	25,0
2	361479,2	63,8	13,0	25,0	127288,0	-24,5	5,0	25,0
3	361479,2	63,8	13,0	25,0	191519,7	-34,4	7,0	25,0
4	361479,2	63,8	13,0	25,0	282006,1	-54,0	11,0	25,0
5	361479,2	63,8	13,0	25,0	406271,9	-78,5	16,0	25,0
6	539987,5	78,5	16,0	25,0	551913,5	-83,4	17,0	25,0
7	754197,4	93,3	19,0	25,0	720466,9	-93,3	19,0	25,0
8	1004109,0	108,0	22,0	25,0	944161,7	-103,1	21,0	25,0
9	754197,4	96,5	12,0	32,0	558685,4	-68,7	14,0	25,0
10	539987,5	80,4	10,0	32,0	237852,5	-34,4	7,0	25,0
11	361479,2	64,3	8,0	32,0	107949,0	-19,6	4,0	25,0
12	508092,0	96,5	12,0	32,0	95205,1	-16,1	8,0	16,0
13	707630,4	128,7	16,0	32,0	85630,2	-14,1	7,0	16,0
14	642629,7	152,8	18,0	25,0	76057,5	-12,1	6,0	16,0
15	956994,6	176,9	22,0	32,0	66484,8	-12,1	6,0	16,0
16	998720,2	185,0	23,0	32,0	56912,1	-10,1	5,0	16,0
17	980411,1	176,9	22,0	32,0	47337,2	-8,0	4,0	16,0
18	899224,1	160,8	20,0	32,0	45184,9	-8,0	4,0	16,0
19	769973,9	136,7	17,0	32,0	45184,9	-8,0	4,0	16,0
20	580274,4	104,6	13,0	32,0	45184,9	-8,0	4,0	16,0
21	642629,7	88,5	11,0	32,0	80328,7	-10,1	5,0	16,0
22	1004109,0	104,6	13,0	32,0	125513,6	-12,1	6,0	16,0

(Fonte: o autor)

Quadro 12 - Armadura Transversal Longarinas - Tabuleiro A

ARMADURA CALCULADA							
ESTRIBOS							
seção	Vsd	Asw	Arranjo				
	kN	cm ² /m	ramos	Φ	mm	c/	cm
0,0	2378,5	20,1	4,0	Φ	16,0	c/	18,0
1,0	1890,2	20,1	4,0	Φ	16,0	c/	18,0
2,0	1332,6	18,3	2,0	Φ	16,0	c/	11,0
3,0	1197,6	18,3	2,0	Φ	16,0	c/	11,0
4,0	1612,3	24,1	4,0	Φ	16,0	c/	15,0
5,0	2105,4	30,2	4,0	Φ	16,0	c/	12,0
6,0	2735,1	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
7,0	3291,4	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
8,0	4688,8	40,2	4,0	Φ	16,0	c/	9,0
9,0	4264,6	40,2	4,0	Φ	16,0	c/	9,0
10,0	3829,8	45,2	4,0	Φ	16,0	c/	8,0
11,0	3387,4	51,7	4,0	Φ	16,0	c/	7,0
12,0	2937,2	40,2	4,0	Φ	16,0	c/	9,0
13,0	2483,0	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
14,0	2027,0	30,2	4,0	Φ	16,0	c/	12,0
15,0	1692,8	25,9	4,0	Φ	16,0	c/	14,0
16,0	1117,9	16,8	2,0	Φ	16,0	c/	12,0
17,0	1251,6	18,3	2,0	Φ	16,0	c/	11,0
18,0	1699,9	24,1	4,0	Φ	16,0	c/	15,0
19,0	2166,7	30,2	4,0	Φ	16,0	c/	12,0
20,0	2650,9	40,2	4,0	Φ	16,0	c/	9,0
21,0	3151,4	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
22,0	3666,8	30,2	4,0	Φ	16,0	c/	12,0

(Fonte: o autor)

O quantitativo total de aço das vigas está apresentado no quadro 13.

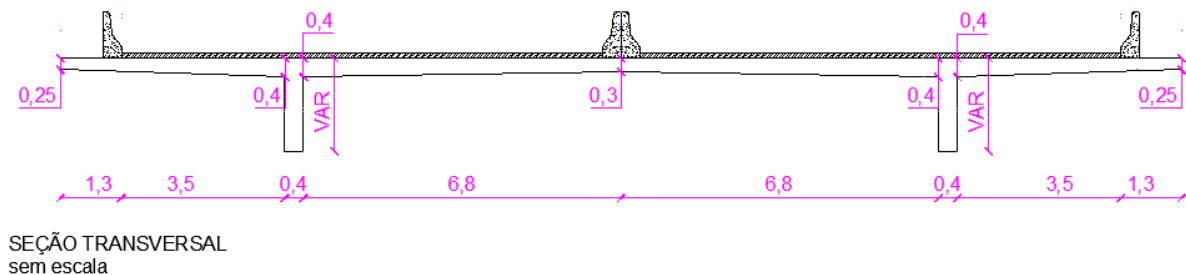
Quadro 13 - Quantitativo de aço Longarinas - Tabuleiro A

QUANTITATIVO AÇO		
ARMADURA LONGITUDINAL	3.800,5	kg
ARMADURA TRANSVERSAL	379,94	kg
TOTAL / VIGA	4180,42	kg
TOTAL	8360,83	kg

(Fonte: o autor)

A seção transversal adotada após os cálculos de lajes e vigas está representada na figura 25.

Figura 25 - Seção Transversal Tabuleiro A



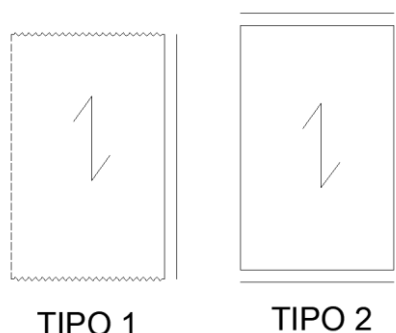
(Fonte: o autor)

4.5 TABULEIRO B

4.5.1 Cálculo das lajes

A solução dada pelo tabuleiro B é de ponte sobre três longarinas sem transversinas. Para o cálculo das solicitações das lajes foi utilizado o software T.Rusch e o software FTOOL. Para o levantar o carregamento das longarinas foi utilizado o método de Engesser-Courbon, e para as solicitações foram utilizados os diagramas do software FTOOL. O dimensionamento das seções e das taxas de armadura foi feito através de planilhas eletrônicas. As lajes desta solução foram divididas em dois tipos, a figura 27 ilustra como os dois tipos de lajes podem ser encontradas nas tabelas de Rusch.

Figura 26 — Tipos de lajes convenção de Rusch Tabuleiro B



(Fonte: o autor)

O coeficiente de adicional de impacto, CIA, influencia consideravelmente no dimensionamento das armaduras longitudinais. Portanto, nas lajes que não são afetadas por esse coeficiente, ele foi dispensado. Entretanto, para o tabuleiro A, devido o projeto geométrico de estradas dividir as pistas de rolamento com duas com barreiras *New Jersey*, todas as lajes são influenciadas pelo CIA. São listados os tipos de lajes para esta solução:

- Tipo 1: Possui 2 bordos indefinidos em l_y . Em l_x , possui 1 bordo engastado na laje central e 1 bordo livre. Direção de fluxo em l_y e **possui** influência do CIA;
- Tipo 2: Possui 2 bordos engastados em l_y , 1 borda engastada em l_x e 1 borda apoiada em l_x . Direção de fluxo em l_y e **possui** influência do CIA.

Os coeficientes adicionais para os carregamentos móveis são mostrados no quadro **XX**.

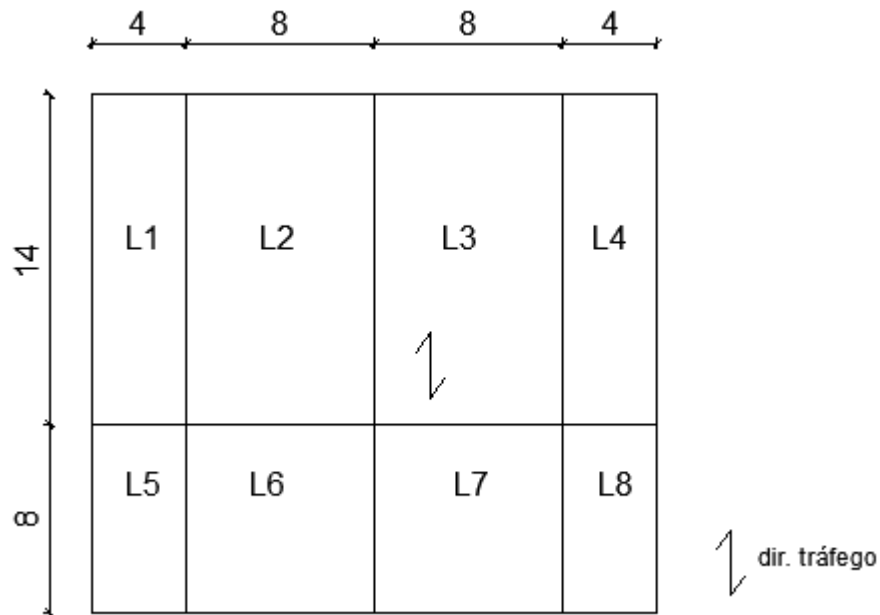
Quadro 14 - Coeficientes de majoração cargas móveis Tabuleiro B

Coeficiente majoração		
Laje Tipo 1 e 2		
Coeficiente	φ	Observação
CIV	1,350	$= 1 + 1,06 * (20 / (LIV + 50))$
CIA	1,250	$= 1,25 (p / C.A)$
CNF	-	Não se aplica p/ lajes e transversinas
$\varphi = CIA * CIV * CNF$	1,688	

(Fonte: o autor)

A figura XX apresenta a planta do tabuleiro, a separação é feita com base nas dimensões l_x e l_y e no tipo da laje. As lajes L1, L4, L5 e L8 são do tipo 1, e as lajes L2, L3, L6 e L7 são lajes do tipo 2. Como o tabuleiro é simétrico e possui carregamentos simétricos, $L1=L4$, $L5=L8$, $L2=L3$ e $L6=L7$.

Figura 27 - Planta do Tabuleiro B



(Fonte: o autor)

Os dados de entrada utilizados nas tabelas de Rusch são apresentados no quadro XX.

Quadro 15 - Entradas Tabelas de Rusch - Tabuleiro B

ENTRADAS SOFTWARE T RUSCH							
LAJE	Dimensões			Lin. Média	Parâmetros		Direção fluxo
	l_y (m)	l_x (m)	l_y / l_x	\dagger (cm)	t/a	l_x/a	l_x ou l_y
L1=L4	14,000	4,000	3,500	79,623	39,811	2,000	l_y
L2=L3	14,000	8,000	1,750	79,623	39,811	4,000	l_y
L5=L8	8,000	4,000	2,000	79,623	39,811	2,000	l_y
L6=L7	8,000	8,000	1,000	79,623	39,811	4,000	l_y

(Fonte: o autor)

Os resultados encontrados, e apresentados no memorial de cálculo deste trabalho, das incógnitas: seção de concreto (espessura da laje), tipo (por tabelas de Rusch) e armadura total são apresentados no quadro 16. Para o cálculo das solicitações permanentes nas lajes do TIPO 1, foi utilizado o software FTOOL, para as outras solicitações tanto permanentes quanto variáveis, foram utilizadas as Tabelas de Rusch através do software T. Rusch 1.0.

Quadro 16 - Resumo de resultados lajes tabuleiro B

Laje	Tipo	h laje					Asw,adot TOTAL
		Sup	Inf	Dir	Esq	Meio	
		cm	cm	cm	cm	cm	kg
L1	TIPO 1	30,0	30,0	40,0	25,0	32,5	3331,1
L2	TIPO 2	30,0	30,0	30,0	30,0	25,0	1741,89
L3	TIPO 1	30,0	30,0	30,0	30,0	25,0	1741,9
L4	TIPO 1	30,0	30,0	40,0	25,0	32,5	3331,1
L5	TIPO 2	30,0	30,0	40,0	25,0	32,5	1864,5
L6	TIPO 2	30,0	30,0	30,0	30,0	25,0	1083,2
L7	TIPO 2	30,0	30,0	30,0	30,0	25,0	1083,2
L8	TIPO 2	30,0	30,0	40,0	25,0	32,5	1864,5
Total aço (kg)							16041,3

(Fonte: o autor)

4.5.2 Cálculo das Longarinas

Para o cálculo das longarinas do tabuleiro B, foi utilizada a teoria de Engesser-Courbon conforme recomendação de Spernau (2013). O trem tipo foi posicionado sobre as vigas de forma a encontrar as maiores solicitações das vigas.

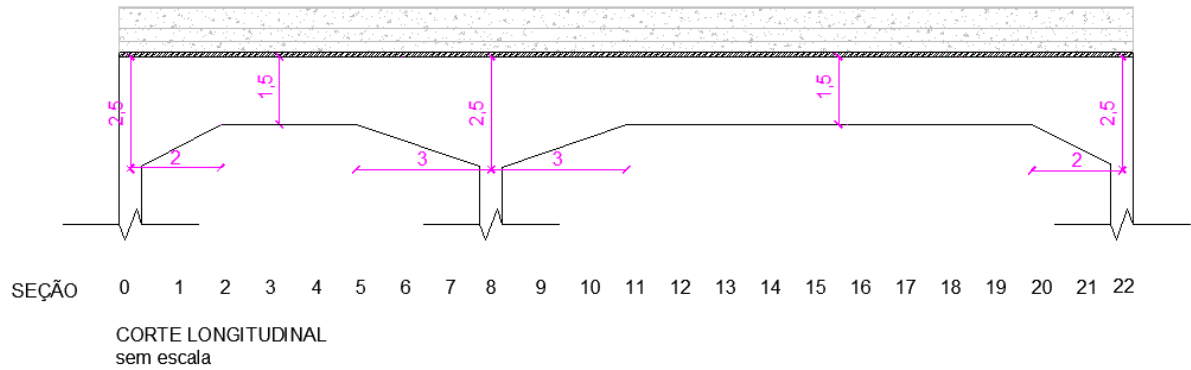
Os coeficientes adicionais para os carregamentos móveis são mostrados no quadro 17.

Quadro 17 - Coeficiente de majoração das cargas móveis para longarinas- Tabuleiro B

Coeficiente majoração		
VIGAS		
Coeficiente	φ	Observação
CIV	1,350	$= 1 + 1,06 * (20 / (LIV + 50))$
CIA	1,250	$= 1,25 (p / C.A)$
CNF	0,900	$= 1 - 0,05 * (n - 2) > 0,9$
$\varphi = CIA * CIV * CNF$	1,519	

O corte longitudinal das longarinas é representado pela figura 28.

Figura 28 - Corte Longitudinal Longarinas - Tabuleiro B



(Fonte: o autor)

O resumo das solicitações e armaduras longitudinais está apresentado no quadro 18 e os resultados transversais estão expostos no quadro 19.

Quadro 18 -Resumo de resultados longitudinais Longarinas - Tabuleiro B

ARMADURA CALCULADA V1=V3								
LONGITUDINAL								
seção	positiva				negativa			
	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm
0	988419,8	103,1	21,0	25,0	109824,4	-11,0	9,0	12,5
1	632588,6	83,4	17,0	25,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5
2	355831,1	63,8	13,0	25,0	50178,0	-8,6	7,0	12,5
3	355831,1	63,8	13,0	25,0	116106,9	-19,6	16,0	12,5
4	355831,1	63,8	13,0	25,0	221220,9	-40,2	5,0	32,0
5	355831,1	63,8	13,0	25,0	375191,2	-72,4	9,0	32,0
6	531550,2	78,5	16,0	25,0	567648,8	-96,5	12,0	32,0
7	742413,1	93,3	19,0	25,0	799711,6	-112,6	14,0	32,0
8	988419,8	103,1	21,0	25,0	1094326,3	-128,7	16,0	32,0
9	742413,1	93,3	19,0	25,0	639138,1	-80,4	10,0	32,0
10	531550,2	78,5	16,0	25,0	254429,7	-40,2	5,0	32,0
11	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
12	525522,3	96,5	12,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
13	752757,9	136,7	17,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
14	632588,6	168,9	17,0	25,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
15	1028533,1	185,0	23,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
16	1071192,9	193,0	24,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
17	1047239,9	193,0	24,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
18	954922,5	176,9	22,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
19	802910,0	144,8	18,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
20	586106,1	104,6	13,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
21	632588,6	88,5	11,0	32,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5
22	988419,8	104,6	13,0	32,0	109824,4	-11,0	9,0	12,5

ARMADURA CALCULADA V2								
LONGITUDINAL								
seção	positiva				negativa			
	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm
0	988419,8	103,1	21,0	25,0	109824,4	-11,0	9,0	12,5
1	632588,6	83,4	17,0	25,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5
2	355831,1	63,8	13,0	25,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
3	355831,1	63,8	13,0	25,0	59677,8	-9,8	8,0	12,5
4	355831,1	63,8	13,0	25,0	144844,5	-24,1	3,0	32,0
5	355831,1	63,8	13,0	25,0	278865,3	-48,3	6,0	32,0
6	531550,2	78,5	16,0	25,0	451368,7	-72,4	9,0	32,0
7	742413,1	93,3	19,0	25,0	663370,3	-88,5	11,0	32,0
8	988419,8	103,1	21,0	25,0	935315,4	-104,6	13,0	32,0
9	742413,1	93,3	19,0	25,0	543156,1	-72,4	9,0	32,0
10	531550,2	78,5	16,0	25,0	211038,2	-32,2	4,0	32,0
11	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
12	402433,0	72,4	9,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
13	594159,4	104,6	13,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
14	632588,6	136,7	17,0	25,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
15	823852,7	152,8	19,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
16	859536,9	160,8	20,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
17	841238,2	152,8	19,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
18	768273,4	136,7	17,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
19	643901,4	120,6	15,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
20	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
21	632588,6	88,5	11,0	32,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5
22	988419,8	104,6	13,0	32,0	109824,4	-11,0	9,0	12,5

(Fonte: o autor)

Quadro 19 - Armadura Transversal Longarinas - Tabuleiro B

ARMADURA CALCULADA V1=V3							
ESTRIBOS							
seção	Vsd	Asw	Arranjo				
	kN	cm ² /m	ramos	Φ	mm	c/	cm
0,0	2192,9	20,1	4,0	Φ	16,0	c/	18,0
1,0	1514,8	15,5	2,0	Φ	16,0	c/	13,0
2,0	933,4	13,4	2,0	Φ	16,0	c/	15,0
3,0	1062,5	15,5	2,0	Φ	16,0	c/	13,0
4,0	1705,4	25,1	2,0	Φ	16,0	c/	8,0
5,0	2349,7	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
6,0	2994,4	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
7,0	3635,1	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
8,0	5316,1	45,2	4,0	Φ	16,0	c/	8,0
9,0	4776,9	45,2	4,0	Φ	16,0	c/	8,0
10,0	4227,8	51,7	4,0	Φ	16,0	c/	7,0
11,0	3685,2	51,7	4,0	Φ	16,0	c/	7,0
12,0	3253,8	45,2	4,0	Φ	16,0	c/	8,0
13,0	2689,8	40,2	4,0	Φ	16,0	c/	9,0
14,0	2124,8	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
15,0	1560,4	22,6	4,0	Φ	16,0	c/	16,0
16,0	998,4	14,4	2,0	Φ	16,0	c/	14,0
17,0	1074,1	15,5	2,0	Φ	16,0	c/	13,0
18,0	1574,1	25,1	2,0	Φ	16,0	c/	8,0
19,0	2148,1	33,5	2,0	Φ	16,0	c/	6,0
20,0	2733,4	40,2	4,0	Φ	16,0	c/	9,0
21,0	3328,8	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
22,0	4076,3	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0

ARMADURA CALCULADA V2							
ESTRIBOS							
seção	Vsd	Asw	Arranjo				
	kN	cm ² /m	ramos	Φ	mm	c/	cm
0,0	1430,0	12,6	2,0	Φ	16,0	c/	16,0
1,0	888,2	10,1	2,0	Φ	16,0	c/	20,0
2,0	438,6	6,1	2,0	Φ	12,5	c/	20,0
3,0	833,0	12,3	2,0	Φ	12,5	c/	10,0
4,0	1341,4	18,3	2,0	Φ	16,0	c/	11,0
5,0	1855,2	27,8	4,0	Φ	16,0	c/	13,0
6,0	2376,5	27,8	4,0	Φ	16,0	c/	13,0
7,0	2914,1	27,8	4,0	Φ	16,0	c/	13,0
8,0	4378,3	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
9,0	3888,3	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
10,0	3396,0	40,2	4,0	Φ	16,0	c/	9,0
11,0	2916,7	45,2	4,0	Φ	16,0	c/	8,0
12,0	2554,0	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
13,0	2063,3	30,2	4,0	Φ	16,0	c/	12,0
14,0	1575,2	24,1	4,0	Φ	16,0	c/	15,0
15,0	1068,1	15,5	2,0	Φ	16,0	c/	13,0
16,0	610,9	9,4	2,0	Φ	12,5	c/	13,0
17,0	650,9	9,4	2,0	Φ	12,5	c/	13,0
18,0	1070,7	15,5	2,0	Φ	16,0	c/	13,0
19,0	1560,8	22,3	2,0	Φ	16,0	c/	9,0
20,0	2059,5	28,7	2,0	Φ	16,0	c/	7,0
21,0	2566,1	28,7	2,0	Φ	16,0	c/	7,0
22,0	3223,5	28,7	2,0	Φ	16,0	c/	7,0

(Fonte: o autor)

O quantitativo total de aço das vigas está apresentado no quadro 20.

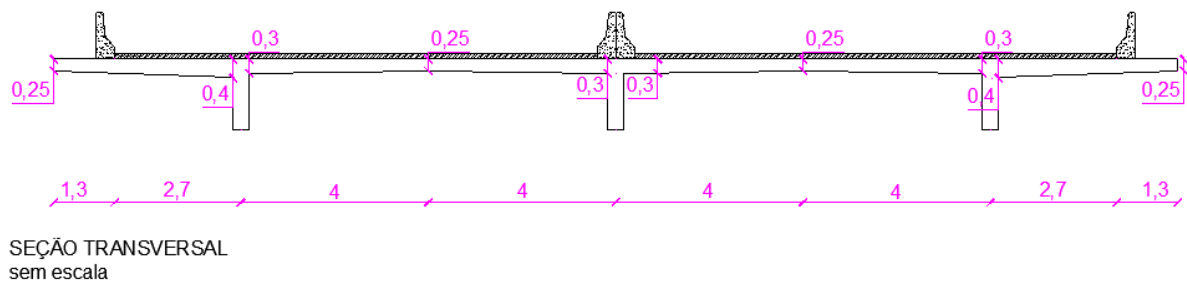
Quadro 20 - Quantitativo de aço Longarinas - Tabuleiro B

QUANTITATIVO AÇO V1=V3		
ARMADURA LONGITUDINAL	3.911,5	kg
ARMADURA TRANSVERSAL	337,46	kg
TOTAL / VIGA	4248,92	kg
TOTAL	8497,85	kg
QUANTITATIVO AÇO V2		
ARMADURA LONGITUDINAL	3.457,9	kg
ARMADURA TRANSVERSAL	284,49	kg
TOTAL / VIGA	3742,39	kg
TOTAL	3742,39	kg
TOTAL	12240,24	kg

(Fonte: o autor)

A seção transversal adotada após os cálculos de lajes e vigas está representada na figura 29.

Figura 29 - Seção Transversal Tabuleiro B



(Fonte: o autor)

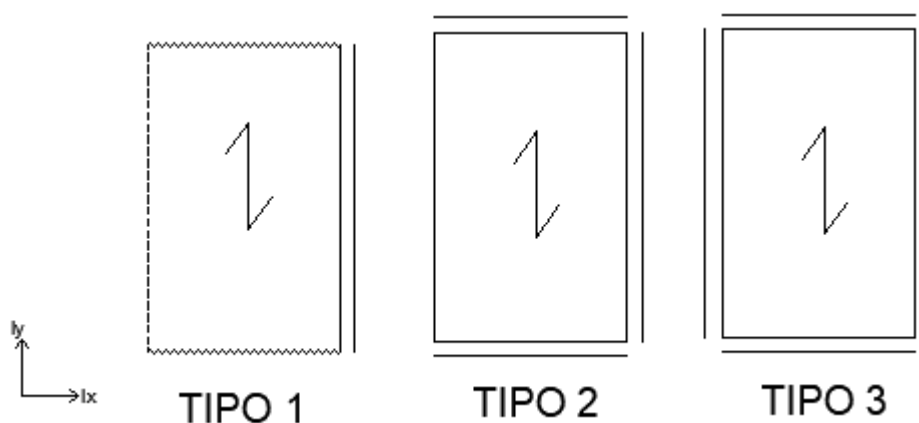
4.6 TABULEIRO C

4.6.1 Cálculo das lajes

A solução escolhida para o tabuleiro C é a de ponte sobre 4 longarinas sem transversinas. Para o cálculo das solicitações das lajes foi utilizado o software T.Rusch e o software FTOOL.

Para o levantar o carregamento das longarinas foi utilizado o método de Engesser-Courbon, e para as solicitações foram utilizados os diagramas do software FTOOL. O dimensionamento das seções e das taxas de armadura foi feito através de planilhas eletrônicas. As lajes desta solução foram divididas em três tipos, a figura 30 ilustra como os dois tipos de lajes podem ser encontradas nas tabelas de Rusch.

Figura 30 — Tipos de lajes convenção de Rusch Tabuleiro C



(Fonte: o autor)

O coeficiente de adicional de impacto, CIA, influencia consideravelmente no dimensionamento das armaduras longitudinais. Portanto, nas lajes que não são afetadas por esse coeficiente, ele foi dispensado. Entretanto, para o tabuleiro A, devido o projeto geométrico de estradas dividir as pistas de rolamento com duas com barreiras *New Jersey*, todas as lajes são influenciadas pelo CIA. São listados os tipos de lajes para esta solução:

- Tipo 1: Possui 2 bordos indefinidos em l_y . Em l_x , possui 1 bordo engastado na laje central e 1 bordo livre. Direção de fluxo em l_y e **possui** influência do CIA;
- Tipo 2: Possui 2 bordos engastados em l_y , 1 borda engastada em l_x e 1 borda apoiada em l_x . Direção de fluxo em l_y e **não possui** influência do CIA;
- Tipo 3: Possui todos os bordos engastados. Direção do fluxo em l_y . **Possui** influência do CIA.

Os coeficientes adicionais para os carregamentos móveis são mostrados no quadro 21.

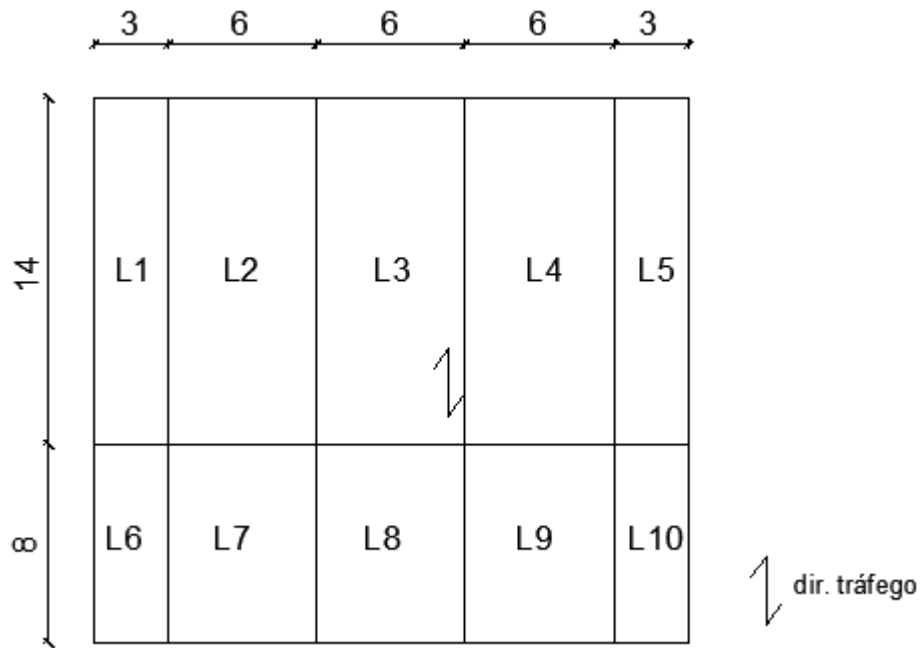
Quadro 21 - Coeficientes de majoração cargas móveis Tabuleiro C

Coeficiente majoração		
Laje Tipo 1 e 3		
Coeficiente	φ	Observação
CIV	1,350	$=1+1,06*(20 / (LIV+50))$
CIA	1,250	$= 1,25 (p/ C.A)$
CNF	-	Não se aplca p/ lajes e transversinas
$\varphi = CIA * CIV * CNF$	1,688	
Laje Tipo 2		
Coeficiente	φ	Observação
CIV	1,350	$=1+1,06*(20 / (LIV+50))$
CIA	0,000	$= 1,25 (p/ C.A)$
CNF	-	Não se aplca p/ lajes e transversinas
$\varphi = CIA * CIV * CNF$	1,350	

(Fonte: o autor)

A figura 31 apresenta a planta do tabuleiro, a separação é feita com base nas dimensões l_x e l_y e no tipo da laje. As lajes L1, L5, L6 e L10 são do tipo 1, as lajes L2, L4, L7 e L9 são lajes do tipo 2 e as lajes L3 e L8 são do tipo 3. Como o tabuleiro é simétrico e possui carregamentos simétricos, $L1=L5$, $L2=L4$, $L6=L10$ e $L7=L9$.

Figura 31 - Planta do Tabuleiro C



(Fonte: o autor)

Os dados de entrada utilizados nas tabelas de Rusch são apresentados no quadro 22.

Quadro 22 - Entradas Tabelas de Rusch - Tabuleiro C

ENTRADAS SOFTWARE T RUSCH							
LAJE	Dimensões			Lin. Média	Parâmetros		Direção fluxo
	Ly (m)	Lx (m)	Ly / Lx	† (cm)	t/a	Lx/a	lx ou ly
L1=L5	14,000	3,000	4,667	79,623	39,811	1,500	ly
L2=L4	14,000	6,000	2,333	79,623	39,811	3,000	ly
L3	14,000	6,000	2,333	79,623	39,811	3,000	ly
L6=L10	8,000	3,000	2,667	79,623	39,811	1,500	ly
L7=L9	8,000	6,000	1,333	79,623	39,811	3,000	ly
L8	8,000	6,000	1,333	79,623	39,811	3,000	ly

(Fonte: o autor)

Os resultados encontrados, e apresentados no memorial de cálculo deste trabalho, das incógnitas: seção de concreto (espessura da laje), tipo (por tabelas de Rusch) e armadura total são apresentados no quadro 23. Para o cálculo das solicitações permanentes nas lajes do TIPO

1, foi utilizado o software FTOOL, para as outras solicitações tanto permanentes quanto variáveis, foram utilizadas as Tabelas de Rusch através do software T. Rusch 1.0.

Quadro 23 - Resumo de resultados lajes tabuleiro C

Laje	Tipo	h laje					Asw,adot TOTAL kg
		Sup	Inf	Dir	Esq	Meio	
		cm	cm	cm	cm	cm	
L1	TIPO 1	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	858,1
L2	TIPO 2	30,0	30,0	30,0	30,0	25,0	3384,60
L3	TIPO 3	30,0	30,0	30,0	30,0	25,0	5159,5
L4	TIPO 2	30,0	30,0	30,0	30,0	25,0	3384,6
L5	TIPO 1	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	858,1
L6	TIPO 1	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	557,3
L7	TIPO 2	30,0	30,0	30,0	30,0	25,0	2208,7
L8	TIPO 3	30,0	30,0	30,0	30,0	25,0	4362,5
L9	TIPO 2	30,0	30,0	30,0	30,0	25,0	2208,7
L10	TIPO 1	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	557,3
Total aço (kg)							23539,5

(Fonte: o autor)

4.6.2 Cálculo das Longarinas

Para o cálculo das longarinas do tabuleiro A, foi utilizada a teoria de Engesser-Courbon conforme recomendação de Spernau (2013). O trem tipo foi posicionado sobre as vigas de forma a encontrar as maiores solicitações das vigas.

Os coeficientes adicionais para os carregamentos móveis são mostrados no quadro 24.

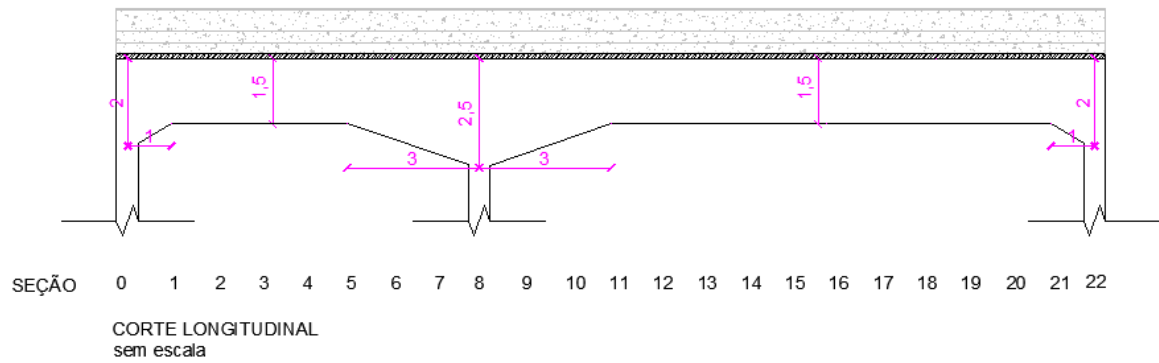
Quadro 24 - Coeficiente de majoração das cargas móveis para longarinas- Tabuleiro C

Coeficiente majoração		
VIGAS		
Coeficiente	φ	Observação
CIV	1,350	= $1+1,06*(20 / (LIV+50))$
CIA	1,250	= 1,25 (p/ C.A)
CNF	0,900	= $1-0,05*(n-2)>0,9$
$\varphi = CIA * CIV * CNF$	1,519	

(Fonte: o autor)

O corte longitudinal das longarinas é representado pela figura 32.

Figura 32 - Corte Longitudinal Longarinas - Tabuleiro C



(Fonte: o autor)

O resumo das solicitações e armaduras longitudinais está apresentado no quadro 25 e os resultados transversais estão expostos no quadro 26.

Quadro 25 -Resumo de resultados longitudinais Longarinas - Tabuleiro C

ARMADURA CALCULADA V1=V4								
LONGITUDINAL								
seção	positiva				negativa			
	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm
0	632588,6	83,4	17,0	25,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5
1	355831,1	63,8	13,0	25,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
2	355831,1	63,8	13,0	25,0	40628,1	-7,4	6,0	12,5
3	355831,1	63,8	13,0	25,0	92646,8	-16,0	13,0	12,5
4	355831,1	63,8	13,0	25,0	175007,8	-32,2	4,0	32,0
5	355831,1	63,8	13,0	25,0	295194,9	-56,3	7,0	32,0
6	439297,7	68,7	14,0	25,0	445159,3	-80,4	10,0	32,0
7	531550,2	78,5	16,0	25,0	625991,3	-112,6	14,0	32,0
8	988419,8	103,1	21,0	25,0	858302,9	-96,5	12,0	32,0
9	742413,1	93,3	19,0	25,0	501396,7	-64,3	8,0	32,0
10	531550,2	78,5	16,0	25,0	200712,2	-32,2	4,0	32,0
11	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
12	410161,4	72,4	9,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
13	587847,0	104,6	13,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
14	355831,1	128,7	13,0	25,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
15	802978,8	144,8	18,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
16	836155,0	152,8	19,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
17	817458,3	152,8	19,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
18	745617,7	136,7	17,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
19	626367,0	112,6	14,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
20	457152,6	80,4	10,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
21	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
22	632588,6	88,5	11,0	32,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5
ARMADURA CALCULADA V2=V3								
LONGITUDINAL								
seção	positiva				negativa			
	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm
0	632588,6	83,4	17,0	25,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5
1	355831,1	63,8	13,0	25,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
2	355831,1	63,8	13,0	25,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
3	355831,1	63,8	13,0	25,0	58206,1	-9,8	8,0	12,5
4	355831,1	63,8	13,0	25,0	128390,5	-24,1	3,0	32,0
5	355831,1	63,8	13,0	25,0	236403,3	-40,2	5,0	32,0
6	439297,7	68,7	14,0	25,0	374213,9	-64,3	8,0	32,0
7	531550,2	78,5	16,0	25,0	542584,6	-88,5	11,0	32,0
8	988419,8	103,1	21,0	25,0	756862,6	-88,5	11,0	32,0
9	742413,1	93,3	19,0	25,0	440356,6	-56,3	7,0	32,0
10	531550,2	78,5	16,0	25,0	172114,9	-24,1	3,0	32,0
11	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
12	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
13	495122,7	88,5	11,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
14	355831,1	112,6	13,0	25,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
15	682994,5	120,6	15,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
16	712181,7	128,7	16,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
17	696783,8	128,7	16,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
18	635994,3	112,6	14,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
19	533756,7	96,5	12,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
20	387781,4	72,4	9,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
21	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-6,1	5,0	12,5
22	632588,6	88,5	11,0	32,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5

Quadro 26 - Armadura Transversal Longarinas - Tabuleiro C

ARMADURA CALCULADA V1=V4							
ESTRIBOS							
seção	Vsd	Asw	Arranjo				
	kN	cm ² /m	ramos	Φ	mm	c/	cm
0,0	1709,9	18,3	2,0	Φ	16,0	c/	11,0
1,0	1180,4	18,3	2,0	Φ	16,0	c/	11,0
2,0	727,2	11,2	2,0	Φ	16,0	c/	18,0
3,0	847,0	12,6	2,0	Φ	16,0	c/	16,0
4,0	1345,6	20,1	2,0	Φ	16,0	c/	10,0
5,0	1845,6	27,8	4,0	Φ	16,0	c/	13,0
6,0	2347,1	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
7,0	2847,1	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
8,0	4169,7	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
9,0	3743,4	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
10,0	3310,0	40,2	4,0	Φ	16,0	c/	9,0
11,0	2871,9	40,2	4,0	Φ	16,0	c/	9,0
12,0	2431,0	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
13,0	1988,8	30,2	4,0	Φ	16,0	c/	12,0
14,0	1546,7	22,3	2,0	Φ	16,0	c/	9,0
15,0	1106,1	16,8	2,0	Φ	16,0	c/	12,0
16,0	668,4	10,1	2,0	Φ	16,0	c/	20,0
17,0	902,5	14,4	2,0	Φ	16,0	c/	14,0
18,0	1340,6	20,1	2,0	Φ	16,0	c/	10,0
19,0	1789,2	25,1	2,0	Φ	16,0	c/	8,0
20,0	2247,5	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
21,0	2714,6	40,2	4,0	Φ	16,0	c/	9,0
22,0	3189,5	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
ARMADURA CALCULADA V2=V3							
ESTRIBOS							
seção	Vsd	Asw	Arranjo				
	kN	cm ² /m	ramos	Φ	mm	c/	cm
0,0	1340,5	14,4	2,0	Φ	16,0	c/	14,0
1,0	858,1	11,8	2,0	Φ	16,0	c/	17,0
2,0	465,3	7,2	2,0	Φ	12,5	c/	17,0
3,0	732,8	11,2	2,0	Φ	12,5	c/	11,0
4,0	1190,7	18,3	2,0	Φ	16,0	c/	11,0
5,0	1651,8	24,1	4,0	Φ	16,0	c/	15,0
6,0	2115,4	25,9	4,0	Φ	16,0	c/	14,0
7,0	2579,3	30,2	4,0	Φ	16,0	c/	12,0
8,0	3857,9	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
9,0	3437,9	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
10,0	3014,1	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
11,0	2601,6	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
12,0	2303,9	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
13,0	1876,5	27,8	4,0	Φ	16,0	c/	13,0
14,0	1449,8	22,6	4,0	Φ	16,0	c/	16,0
15,0	1024,9	15,5	2,0	Φ	16,0	c/	13,0
16,0	602,6	9,4	2,0	Φ	12,5	c/	13,0
17,0	609,1	9,4	2,0	Φ	12,5	c/	13,0
18,0	970,3	13,4	2,0	Φ	16,0	c/	15,0
19,0	1400,4	20,1	2,0	Φ	16,0	c/	10,0
20,0	1837,4	25,1	2,0	Φ	16,0	c/	8,0
21,0	2280,8	33,5	2,0	Φ	16,0	c/	6,0
22,0	2873,2	33,5	2,0	Φ	16,0	c/	6,0

O quantitativo total de aço das vigas está apresentado no quadro 27.

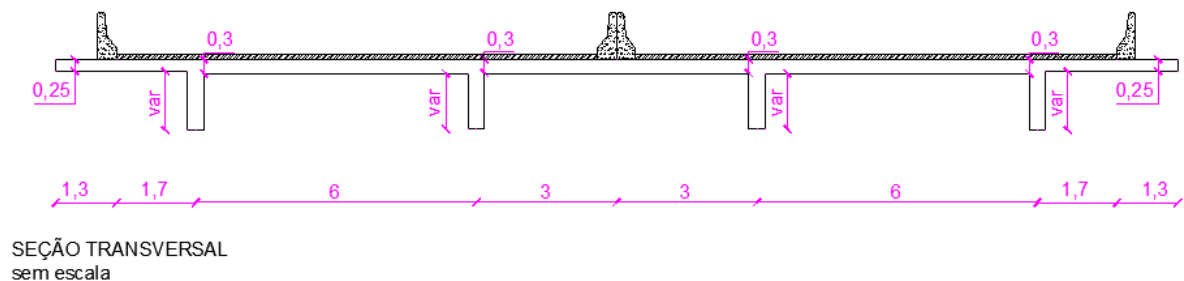
Quadro 27 - Quantitativo de aço Longarinas - Tabuleiro C

QUANTITATIVO AÇO V1=V4		
ARMADURA LONGITUDINAL	3.182,3	kg
ARMADURA TRANSVERSAL	303,35	kg
TOTAL / VIGA	3485,61	kg
TOTAL	6971,22	kg
QUANTITATIVO AÇO V2		
ARMADURA LONGITUDINAL	2.903,6	kg
ARMADURA TRANSVERSAL	275,85	kg
TOTAL / VIGA	3179,48	kg
TOTAL	6358,96	kg
TOTAL	13330,18	kg

(Fonte: o autor)

A seção transversal adotada após os cálculos de lajes e vigas está representada na figura 33.

Figura 33 - Seção Transversal Tabuleiro C



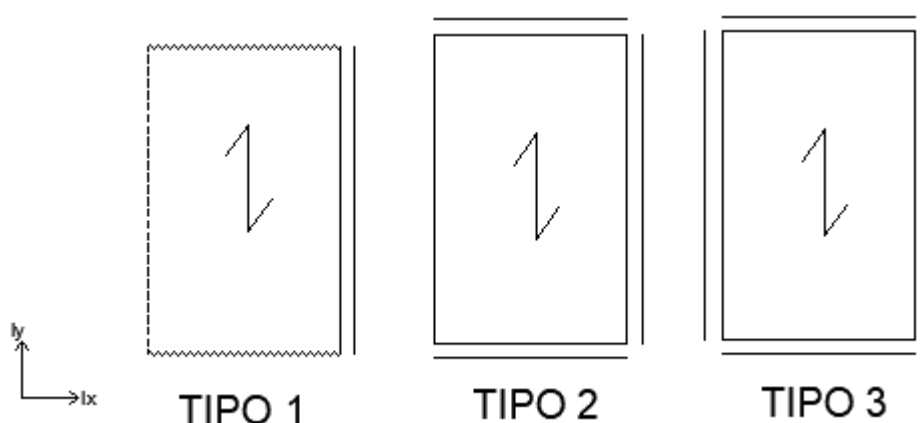
(Fonte: o autor)

4.7 TABULEIRO D

4.7.1 Cálculo das lajes

A última solução de tabuleiro sobre vigas apresentada neste trabalho, é a solução do tabuleiro D. Nesta solução estrutural, o viaduto é dimensionado como ponte sobre cinco vigas longarinas sem transversinas. Para o cálculo das solicitações das lajes foi utilizado o software T.Rusch e o software FTOOL. Para o levantar o carregamento das longarinas foi utilizado o método de Engesser-Courbon, e para as solicitações foram utilizados os diagramas do software FTOOL. O dimensionamento das seções e das taxas de armadura foi feito através de planilhas eletrônicas. As lajes desta solução foram divididas em três tipos, a figura 34 ilustra como os dois tipos de lajes podem ser encontradas nas tabelas de Rusch.

Figura 34 — Tipos de lajes convenção de Rusch Tabuleiro D



(Fonte: o autor)

O coeficiente de adicional de impacto, CIA, influencia consideravelmente no dimensionamento das armaduras longitudinais. Portanto, nas lajes que não são afetadas por esse coeficiente, ele foi dispensado. Entretanto, para o tabuleiro A, devido o projeto geométrico de estradas dividir as pistas de rolamento com duas com barreiras *New Jersey*, todas as lajes são influenciadas pelo CIA. São listados os tipos de lajes para esta solução:

- Tipo 1: Possui 2 bordos indefinidos em l_y . Em l_x , possui 1 bordo engastado na laje central e 1 bordo livre. Direção de fluxo em l_y e **possui** influência do CIA;

- Tipo 2: Possui 2 bordos engastados em l_y , 1 borda engastada em l_x e 1 borda apoiada em l_x . Direção de fluxo em l_y e **não possui** influência do CIA;
- Tipo 3: Possui todos os bordos engastados. Direção do fluxo em l_y . **Possui** influência do CIA.

Os coeficientes adicionais para os carregamentos móveis são mostrados no quadro 28.

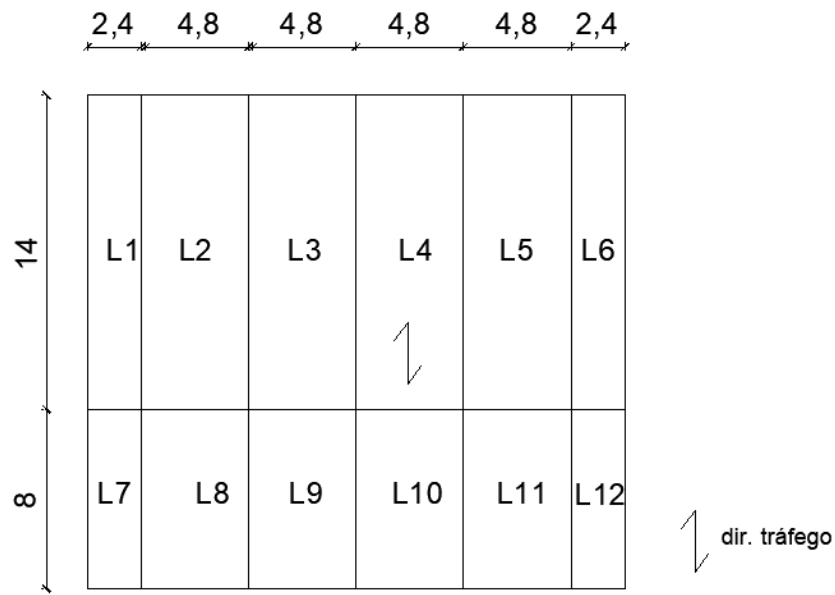
Quadro 28 - Coeficientes de majoração cargas móveis Tabuleiro D

Coeficiente majoração		
Laje Tipo 1 e 3		
Coeficiente	φ	Observação
CIV	1,350	$= 1 + 1,06 * (20 / (LIV + 50))$
CIA	1,250	$= 1,25 (p / C.A)$
CNF	-	Não se aplica p/ lajes e transversinas
$\varphi = CIA * CIV * CNF$	1,688	
Laje Tipo 2		
Coeficiente	φ	Observação
CIV	1,350	$= 1 + 1,06 * (20 / (LIV + 50))$
CIA	0,000	$= 1,25 (p / C.A)$
CNF	-	Não se aplica p/ lajes e transversinas
$\varphi = CIA * CIV * CNF$	1,350	

(Fonte: o autor)

A figura 35 apresenta a planta do tabuleiro, a separação é feita com base nas dimensões l_x e l_y e no tipo da laje. As lajes L1, L6, L7 e L12 são do tipo 1, as lajes L2, L5, L8 e L11 são lajes do tipo 2 e as lajes L3, L4, L9 e L10 são do tipo 3. Como o tabuleiro é simétrico e possui carregamentos simétricos, $L1=L6$, $L2=L5$, $L3=L4$, $L7=L12$, $L8=L11$, $L9=L10$.

Figura 35 - Planta do Tabuleiro D



(Fonte: o autor)

Os dados de entrada utilizados nas tabelas de Rusch são apresentados no quadro 29.

Quadro 29 - Entradas Tabelas de Rusch - Tabuleiro D

ENTRADAS SOFTWARE T RUSCH							
LAJE	Dimensões			Lin. Média	Parâmetros		Direção fluxo
	Ly (m)	Lx (m)	Ly / Lx	† (cm)	t/a	Lx/a	lx ou ly
L1=L6	14,000	2,400	5,833	79,623	39,811	1,200	ly
L2=L5	14,000	4,800	2,917	79,623	39,811	2,400	ly
L3=L4	14,000	4,800	2,917	79,623	39,811	2,400	ly
L7=L12	8,000	2,400	3,333	79,623	39,811	1,200	ly
L8=L11	8,000	4,800	1,667	79,623	39,811	2,400	ly
L9=L10	8,000	4,800	1,667	79,623	39,811	2,400	ly

(Fonte: o autor)

Os resultados encontrados, e apresentados no memorial de cálculo deste trabalho, das incógnitas: seção de concreto (espessura da laje), tipo (por tabelas de Rusch) e armadura total são apresentados no quadro 30. Para o cálculo das solicitações permanentes nas lajes do TIPO 1, foi utilizado o software FTOOL, para as outras solicitações tanto permanentes quanto variáveis, foram utilizadas as Tabelas de Rusch através do software T. Rusch 1.0.

Quadro 30 - Resumo de resultados lajes tabuleiro D

Laje	Tipo	h laje					Asw,adot
		Sup	Inf	Dir	Esq	Meio	TOTAL
		cm	cm	cm	cm	cm	kg
L1	TIPO 1	25,0	25,0	40,0	25,0	32,5	1336,9
L2	TIPO 2	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	1782,22
L3	TIPO 3	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	2053,7
L4	TIPO 3	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	2053,7
L5	TIPO 2	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	1782,2
L6	TIPO 1	25,0	25,0	40,0	25,0	32,5	1336,9
L7	TIPO 1	30,0	30,0	30,0	25,0	27,5	865,5
L8	TIPO 2	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	1062,8
L9	TIPO 3	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	2791,5
L10	TIPO 3	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	2791,5
L11	TIPO 2	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	1062,8
L12	TIPO 1	30,0	30,0	30,0	25,0	27,5	865,5
Total aço (kg)						19785,2	

(Fonte: o autor)

4.7.2 Cálculo das Longarinas

Para o cálculo das longarinas do tabuleiro A, foi utilizada a teoria de Engesser-Courbon conforme recomendação de Spernau (2013). O trem tipo foi posicionado sobre as vigas de forma a encontrar as maiores solicitações das vigas.

Os coeficientes adicionais para os carregamentos móveis são mostrados no quadro 31.

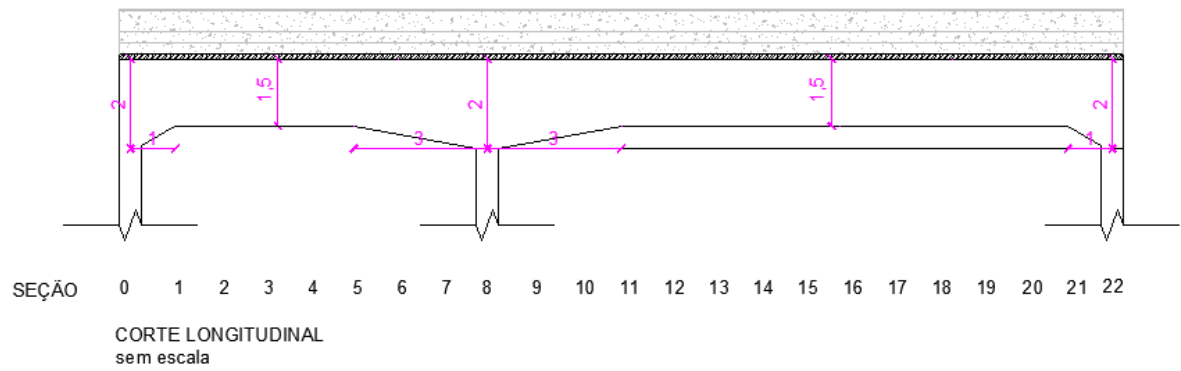
Quadro 31 - Coeficiente de majoração das cargas móveis para longarinas- Tabuleiro D

Coeficiente majoração		
VIGAS		
Coeficiente	φ	Observação
CIV	1,350	= $1+1,06*(20/(LIV+50))$
CIA	1,250	= 1,25 (p/ C.A)
CNF	0,900	= $1-0,05*(n-2)>0,9$
$\varphi = CIA * CIV * CNF$	1,519	

(Fonte: o autor)

O corte longitudinal das longarinas é representado pela figura 36.

Figura 36 - Corte Longitudinal Longarinas - Tabuleiro D



(Fonte: o autor)

O resumo das solicitações e armaduras longitudinais está apresentado no quadro 32 e os resultados transversais estão expostos no quadro 33.

Quadro 32 -Resumo de resultados longitudinais Longarinas - Tabuleiro D

ARMADURA CALCULADA V1=V5								
LONGITUDINAL								
seção	positiva				negativa			
	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm
0	632588,6	83,4	17,0	25,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5
1	355831,1	63,8	13,0	25,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
2	355831,1	63,8	13,0	25,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
3	355831,1	63,8	13,0	25,0	73549,3	-12,3	10,0	12,5
4	355831,1	63,8	13,0	25,0	140380,9	-24,1	3,0	32,0
5	355831,1	63,8	13,0	25,0	238351,4	-48,3	6,0	32,0
6	355831,1	63,8	13,0	25,0	360844,5	-72,4	9,0	32,0
7	484325,7	73,6	15,0	25,0	508575,7	-88,5	11,0	32,0
8	632588,6	83,4	17,0	25,0	695860,5	-104,6	13,0	32,0
9	484325,7	73,6	15,0	25,0	406402,7	-64,3	8,0	32,0
10	355831,1	63,8	13,0	25,0	168513,2	-32,2	4,0	32,0
11	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
12	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
13	478879,8	88,5	11,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
14	355831,1	104,6	13,0	25,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
15	654325,9	120,6	15,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
16	681477,1	120,6	15,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
17	666252,2	120,6	15,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
18	607526,6	112,6	14,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
19	510836,2	96,5	12,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
20	372940,2	72,4	9,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
21	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
22	632588,6	88,5	11,0	32,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5
ARMADURA CALCULADA V2=V4								
LONGITUDINAL								
seção	positiva				negativa			
	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm
0	632588,6	83,4	17,0	25,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5
1	355831,1	63,8	13,0	25,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
2	355831,1	63,8	13,0	25,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
3	355831,1	63,8	13,0	25,0	52524,5	-8,6	7,0	12,5
4	355831,1	63,8	13,0	25,0	111922,6	-19,6	4,0	25,0
5	355831,1	63,8	13,0	25,0	202461,9	-39,3	8,0	25,0
6	355831,1	63,8	13,0	25,0	317521,4	-58,9	12,0	25,0
7	484325,7	73,6	15,0	25,0	457721,1	-73,6	15,0	25,0
8	632588,6	83,4	17,0	25,0	635367,2	-93,3	19,0	25,0
9	484325,7	73,6	15,0	25,0	369975,4	-58,9	12,0	25,0
10	355831,1	63,8	13,0	25,0	144950,5	-29,5	6,0	25,0
11	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
12	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
13	421254,6	80,4	10,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
14	355831,1	96,5	13,0	25,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
15	579772,0	104,6	13,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
16	604410,4	112,6	14,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
17	591263,1	104,6	13,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
18	539556,4	96,5	12,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
19	453097,1	80,4	10,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
20	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
21	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
22	632588,6	88,5	11,0	32,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5

ARMADURA CALCULADA V3								
LONGITUDINAL								
seção	positiva				negativa			
	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm	Msd kNcm	Asw cm ² /m	qnt	Φ mm
0	632588,6	83,4	17,0	25,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5
1	355831,1	63,8	13,0	25,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
2	355831,1	63,8	13,0	25,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
3	355831,1	63,8	13,0	25,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
4	355831,1	63,8	13,0	25,0	83206,8	-14,7	3,0	25,0
5	355831,1	63,8	13,0	25,0	166244,2	-29,5	6,0	25,0
6	355831,1	63,8	13,0	25,0	273804,1	-54,0	11,0	25,0
7	484325,7	73,6	15,0	25,0	406502,0	-63,8	13,0	25,0
8	632588,6	83,4	17,0	25,0	576587,0	-83,4	17,0	25,0
9	484325,7	73,6	15,0	25,0	334541,5	-54,0	11,0	25,0
10	355831,1	63,8	13,0	25,0	129231,5	-24,5	5,0	25,0
11	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
12	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
13	361620,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
14	355831,1	80,4	13,0	25,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
15	502605,1	88,5	11,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
16	524580,4	96,5	12,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
17	513636,0	96,5	12,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
18	469447,1	88,5	11,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
19	393025,2	72,4	9,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
20	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
21	355831,1	64,3	8,0	32,0	39536,8	-7,4	6,0	12,5
22	632588,6	88,5	11,0	32,0	70287,6	-8,6	7,0	12,5

(Fonte: o autor)

Quadro 33 - Armadura Transversal Longarinas - Tabuleiro D

ARMADURA CALCULADA V1=V5							
ESTRIBOS							
seção	Vsd	Asw	Arranjo				
	kN	cm ² /m	ramos	Φ	mm	c/	cm
0,0	1463,7	15,5	2,0	Φ	16,0	c/	13,0
1,0	964,6	13,4	2,0	Φ	16,0	c/	15,0
2,0	594,5	10,1	2,0	Φ	16,0	c/	20,0
3,0	675,1	10,1	2,0	Φ	16,0	c/	20,0
4,0	1084,7	15,5	2,0	Φ	16,0	c/	13,0
5,0	1495,1	22,3	2,0	Φ	16,0	c/	9,0
6,0	1905,6	25,1	2,0	Φ	16,0	c/	8,0
7,0	2313,3	25,9	4,0	Φ	16,0	c/	14,0
8,0	3382,0	27,8	4,0	Φ	16,0	c/	13,0
9,0	3039,3	30,2	4,0	Φ	16,0	c/	12,0
10,0	2690,2	30,2	4,0	Φ	16,0	c/	12,0
11,0	2336,6	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
12,0	1979,8	27,8	4,0	Φ	16,0	c/	13,0
13,0	1621,0	25,1	2,0	Φ	16,0	c/	8,0
14,0	1261,5	18,3	2,0	Φ	16,0	c/	11,0
15,0	902,2	13,4	2,0	Φ	16,0	c/	15,0
16,0	544,4	10,1	2,0	Φ	16,0	c/	20,0
17,0	735,8	10,6	2,0	Φ	16,0	c/	19,0
18,0	1093,2	16,8	2,0	Φ	16,0	c/	12,0
19,0	1458,5	20,1	2,0	Φ	16,0	c/	10,0
20,0	1831,0	25,9	4,0	Φ	16,0	c/	14,0
21,0	2209,8	32,9	4,0	Φ	16,0	c/	11,0
22,0	1917,5	20,1	4,0	Φ	16,0	c/	18,0
ARMADURA CALCULADA V2=V4							
ESTRIBOS							
seção	Vsd	Asw	Arranjo				
	kN	cm ² /m	ramos	Φ	mm	c/	cm
0,0	1218,3	13,4	2,0	Φ	16,0	c/	15,0
1,0	783,8	11,8	2,0	Φ	16,0	c/	17,0
2,0	437,1	6,8	2,0	Φ	12,5	c/	18,0
3,0	653,5	10,2	2,0	Φ	12,5	c/	12,0
4,0	1068,6	16,8	2,0	Φ	16,0	c/	12,0
5,0	1485,6	22,6	4,0	Φ	16,0	c/	16,0
6,0	1903,8	27,8	4,0	Φ	16,0	c/	13,0
7,0	2321,1	27,8	4,0	Φ	16,0	c/	13,0
8,0	3462,5	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
9,0	3088,6	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
10,0	2710,7	40,2	4,0	Φ	16,0	c/	9,0
11,0	2343,7	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
12,0	2091,1	30,2	4,0	Φ	16,0	c/	12,0
13,0	1708,1	24,1	4,0	Φ	16,0	c/	15,0
14,0	1325,2	20,1	4,0	Φ	16,0	c/	18,0
15,0	943,3	13,4	2,0	Φ	16,0	c/	15,0
16,0	563,1	8,2	2,0	Φ	12,5	c/	15,0
17,0	546,1	8,2	2,0	Φ	12,5	c/	15,0
18,0	864,9	13,4	2,0	Φ	16,0	c/	15,0
19,0	1251,4	18,3	2,0	Φ	16,0	c/	11,0
20,0	1643,7	25,1	2,0	Φ	16,0	c/	8,0
21,0	2041,3	27,8	4,0	Φ	16,0	c/	13,0
22,0	2586,7	27,8	4,0	Φ	16,0	c/	13,0

ARMADURA CALCULADA V3							
ESTRIBOS							
seção	Vsd	A _{sw}	Arranjo				
	kN	cm ² /m	ramos	Φ	mm	c/	cm
0,0	937,7	10,2	2,0	Φ	12,5	c/	12,0
1,0	553,4	8,2	2,0	Φ	12,5	c/	15,0
2,0	255,3	6,1	2,0	Φ	12,5	c/	20,0
3,0	576,9	8,8	2,0	Φ	12,5	c/	14,0
4,0	942,7	14,4	2,0	Φ	16,0	c/	14,0
5,0	1310,9	20,1	2,0	Φ	16,0	c/	10,0
6,0	1682,6	25,1	2,0	Φ	16,0	c/	8,0
7,0	2056,6	25,1	2,0	Φ	16,0	c/	8,0
8,0	3124,9	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
9,0	2767,5	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
10,0	2408,9	36,2	4,0	Φ	16,0	c/	10,0
11,0	2063,8	30,2	4,0	Φ	16,0	c/	12,0
12,0	1835,4	25,9	4,0	Φ	16,0	c/	14,0
13,0	1478,6	20,1	2,0	Φ	16,0	c/	10,0
14,0	1123,6	15,5	2,0	Φ	16,0	c/	13,0
15,0	770,9	11,2	2,0	Φ	16,0	c/	18,0
16,0	421,1	6,1	2,0	Φ	12,5	c/	20,0
17,0	390,7	6,1	2,0	Φ	12,5	c/	20,0
18,0	680,3	9,4	2,0	Φ	12,5	c/	13,0
19,0	1036,5	15,5	2,0	Φ	16,0	c/	13,0
20,0	1397,7	20,1	2,0	Φ	16,0	c/	10,0
21,0	1763,4	25,1	2,0	Φ	16,0	c/	8,0
22,0	2276,9	25,1	2,0	Φ	16,0	c/	8,0

(Fonte: o autor)

O quantitativo total de aço das vigas está apresentado no quadro 34.

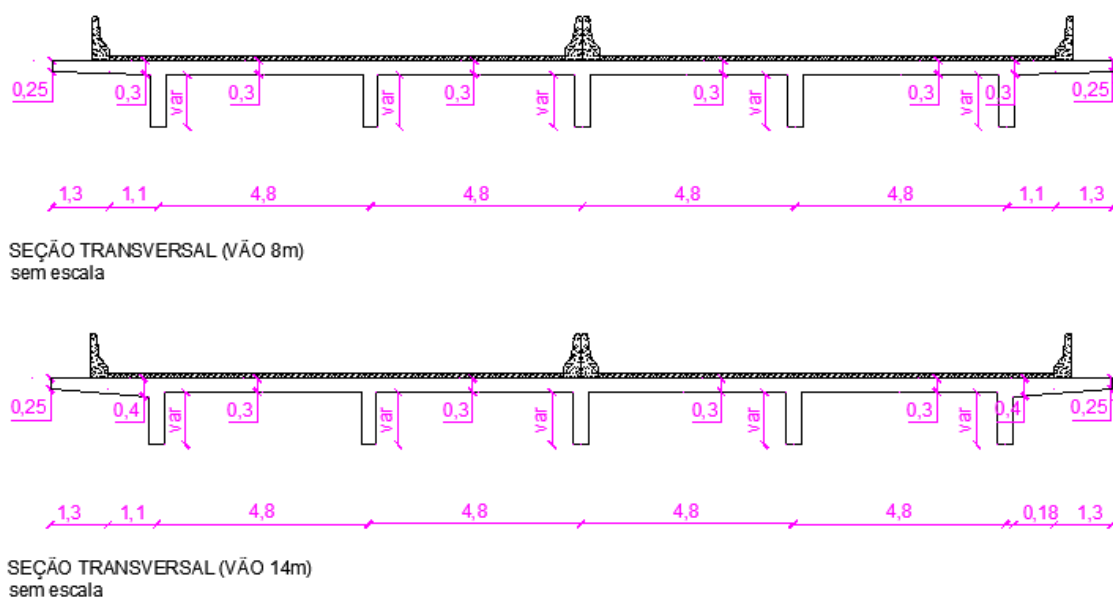
Quadro 34 - Quantitativo de aço Longarinas - Tabuleiro D

ARMADURA CALCULADA V1=V5		
ARMADURA LONGITUDINAL	2.892,9	kg
ARMADURA TRANSVERSAL	267,60	kg
TOTAL / VIGA	3160,49	kg
TOTAL	6320,99	kg
ARMADURA CALCULADA V2=V4		
ARMADURA LONGITUDINAL	2.690,8	kg
ARMADURA TRANSVERSAL	279,05	kg
TOTAL / VIGA	2969,83	kg
TOTAL	5939,67	kg
ARMADURA CALCULADA V3		
ARMADURA LONGITUDINAL	2.526,2	kg
ARMADURA TRANSVERSAL	213,28	kg
TOTAL / VIGA	3179,48	kg
TOTAL	3179,48	kg
TOTAL	15440,14	kg

(Fonte: o autor)

A seção transversal adotada após os cálculos de lajes e vigas está representada na figura 37.

Figura 37 - Seção Transversal Tabuleiro D



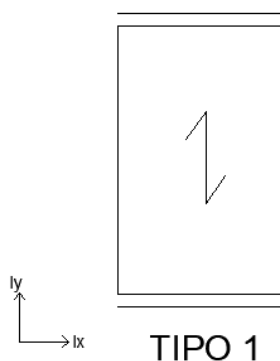
(Fonte: o autor)

4.8 TABULEIRO E

4.8.1 Cálculo das lajes

A solução do tabuleiro E é de ponte sobre lajes e sem vigas, conforme recomendação de Leonhardt (1982) para pontes com menos de 20 metros. Para o cálculo das solicitações das lajes foi utilizado o software T.Rusch e o software FTOOL. O dimensionamento das seções e das taxas de armadura foi feito através de planilhas eletrônicas. As duas lajes desta solução são de um tipo, a figura 38 ilustra com a laje pode ser encontrada nas tabelas de Rusch.

Figura 38 - Tipos de lajes convenção de Rusch Tabuleiro E



(Fonte: o autor)

O coeficiente de adicional de impacto, CIA, influencia consideravelmente no dimensionamento das armaduras longitudinais. Portanto, nas lajes que não são afetadas por esse coeficiente, ele foi dispensado. Entretanto, para o tabuleiro A, devido o projeto geométrico de estradas dividir as pistas de rolamento com duas com barreiras *New Jersey*, todas as lajes são influenciadas pelo CIA. São listados os tipos de lajes para esta solução:

- Tipo 1: Possui 2 bordos livres em ly e dois bordos engastados em lx . Direção de fluxo em ly e **possui** influência do CIA;

Os coeficientes adicionais para os carregamentos móveis são mostrados no quadro 35.

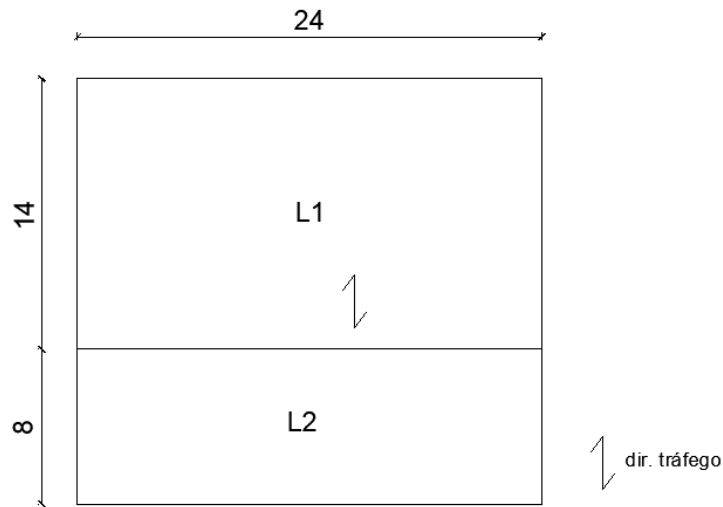
Quadro 35 - Coeficientes de majoração cargas móveis Tabuleiro E

Coeficiente majoração		
Coeficiente	φ	Observação
CIV	1,350	$= 1 + 1,06 * (20 / (LIV + 50))$
CIA	1,250	$= 1,25 (p / C.A)$
CNF	-	Não se aplica p/ lajes e transversinas
$\varphi = CIA * CIV * CNF$	1,688	

(Fonte: o autor)

A figura 39 apresenta a planta do tabuleiro, a separação é feita com base nas dimensões lx e ly e no tipo da laje.

Figura 39 - Planta do Tabuleiro E



(Fonte: o autor)

Os dados de entrada utilizados nas tabelas de Rusch são apresentados no quadro 36.

Quadro 36 - Entradas Tabelas de Rusch - Tabuleiro E

ENTRADAS SOFTWARE T RUSCH							
LAJE	Dimensões			Lin. Média	Parâmetros		Direção fluxo
	Ly (m)	Lx (m)	Ly / Lx	t (cm)	t/a	Lx/a	lx ou ly
L1	14,000	24,000	0,583	114,623	57,311	12,000	ly
L2	8,000	24,000	0,333	114,623	57,311	12,000	ly

(Fonte: o autor)

Os resultados encontrados, e apresentados no memorial de cálculo deste trabalho, das incógnitas: seção de concreto (espessura da laje), tipo (por tabelas de Rusch) e armadura total são apresentados no quadro 37. Para o cálculo das solicitações permanentes nas lajes do TIPO 1, foi utilizado o software FTOOL, para as outras solicitações tanto permanentes quanto variáveis, foram utilizadas as Tabelas de Rusch através do software T. Rusch 1.0.

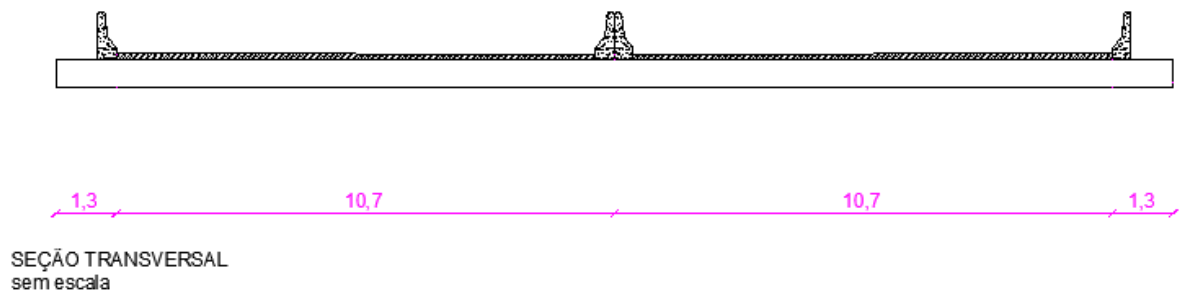
Quadro 37 - Resumo de resultados lajes tabuleiro E

Laje	Tipo	h laje					A _{sw, adot} TOTAL
		Sup	Inf	Dir	Esq	Meio	
		cm	cm	cm	cm	cm	kg
L1	TIPO 1	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	25381,7
L2	TIPO 2	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	15013,75
Total aço (kg)							40395,5

(Fonte: o autor)

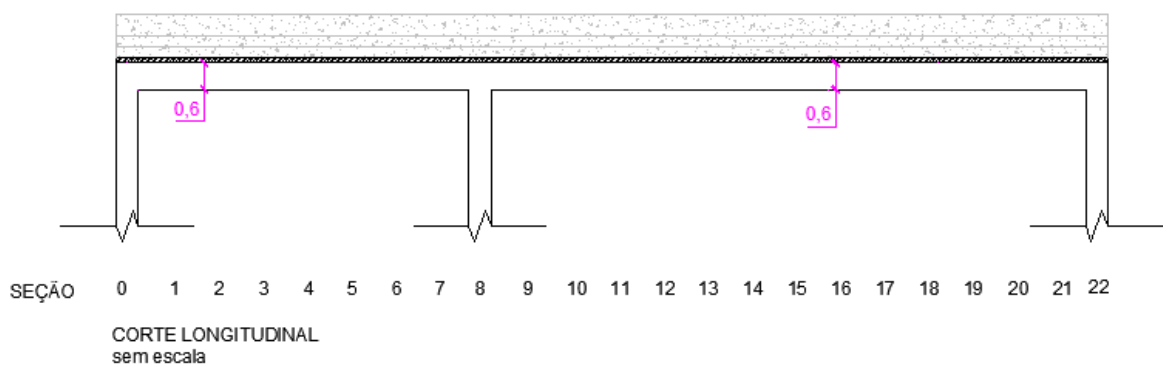
A seção transversal adotada após os cálculos de lajes e vigas está representada na figura 40 e a seção longitudinal é apresentada na figura 41.

Figura 40 - Seção Transversal Tabuleiro E



(Fonte: o autor)

Figura 41 - Seção Longitudinal Tabuleiro E



(Fonte: o autor)

5 RESULTADOS

Este trabalho possui grande quantidade de informações que podem ser analisadas. Primeiramente, pode-se dar analisar orçamento elaborado com base nas composições unitárias do DER-PR para a obra Data base: 20/09/2017 (Sem desoneração).

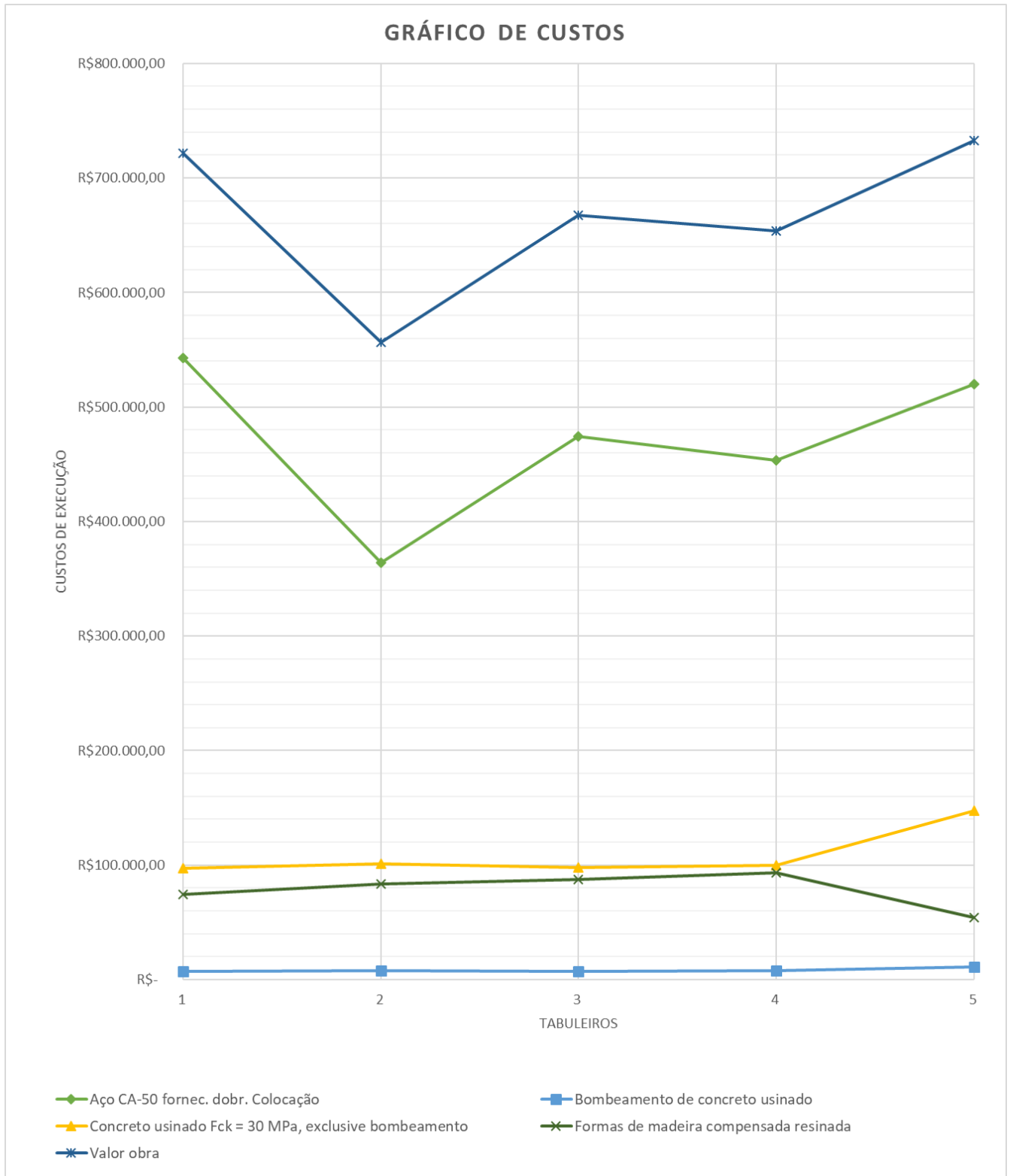
Quadro 38 - Orçamento para tabuleiros

ORÇAMENTO							
ITEM	CÓD. DER-PR DER-PR	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND	QNT	PREÇO UNITÁRIO	VALOR TOTAL	% TOTAL OBRA
				UND	R\$	R\$	abc
TABULEIRO A						R\$ 721.829,28	
1	730000	Aço CA-50 fornec. dobr. colocação	kg	42.156,03	R\$ 12,87	R\$ 542.548,11	75,16%
2	792330	Concreto usinado Fck = 30 MPa,	m3	209,70	R\$ 464,71	R\$ 97.449,69	13,50%
3	711000	Formas de madeira compensada	m2	795,35	R\$ 93,43	R\$ 74.309,55	10,29%
4	795890	Bombeamento de concreto	m3	209,70	R\$ 35,87	R\$ 7.521,94	1,04%
TABULEIRO B						R\$ 556.366,62	
1	730000	Aço CA-50 fornec. dobr. colocação	kg	28.281,54	R\$ 12,87	R\$ 363.983,42	65,42%
2	795890	Concreto usinado Fck = 30 MPa,	m3	217,20	R\$ 464,71	R\$ 100.935,01	18,14%
3	792330	Formas de madeira compensada	m2	895,40	R\$ 93,43	R\$ 83.657,22	15,04%
4	711000	Bombeamento de concreto	m3	217,20	R\$ 35,87	R\$ 7.790,96	1,40%
TABULEIRO C						R\$ 667.159,02	
1	730000	Aço CA-50 fornec. dobr. colocação	kg	36.869,68	R\$ 12,87	R\$ 474.512,78	71,12%
2	792330	Concreto usinado Fck = 30 MPa,	m3	210,20	R\$ 464,71	R\$ 97.682,04	14,64%
3	711000	Formas de madeira compensada	m2	935,72	R\$ 93,43	R\$ 87.424,32	13,10%
4	795890	Bombeamento de concreto	m3	210,20	R\$ 35,87	R\$ 7.539,87	1,13%
TABULEIRO D						R\$ 653.785,48	
1	730000	Aço CA-50 fornec. dobr. colocação	kg	35.225,34	R\$ 12,87	R\$ 453.350,13	69,34%
2	795890	Concreto usinado Fck = 30 MPa,	m3	214,45	R\$ 464,71	R\$ 99.658,61	15,24%
3	792330	Formas de madeira compensada	m2	996,30	R\$ 93,43	R\$ 93.084,31	14,24%
4	711000	Bombeamento de concreto	m3	214,45	R\$ 35,87	R\$ 7.692,44	1,18%
TABULEIRO E						R\$ 732.962,21	
1	730000	Aço CA-50 fornec. dobr. colocação	kg	40.395,50	R\$ 12,87	R\$ 519.890,09	70,93%
2	795890	Concreto usinado Fck = 30 MPa,	m3	316,80	R\$ 464,71	R\$ 147.220,13	20,09%
3	792330	Formas de madeira compensada	m2	583,20	R\$ 93,43	R\$ 54.488,38	7,43%
4	711000	Bombeamento de concreto	m3	316,80	R\$ 35,87	R\$ 11.363,62	1,55%

(Fonte: o autor)

Pode-se observar no dimensionamento que a armadura está na faixa A da curva ABC de todas as soluções estruturais, fluuando entre 65,42 e 75,16% do custo total da obra. Pode-se observar no gráfico 1 que a baixa taxa de armadura utilizada no tabuleiro B, é fator predominante para colocá-lo como tabuleiro mais econômico entre os estudados.

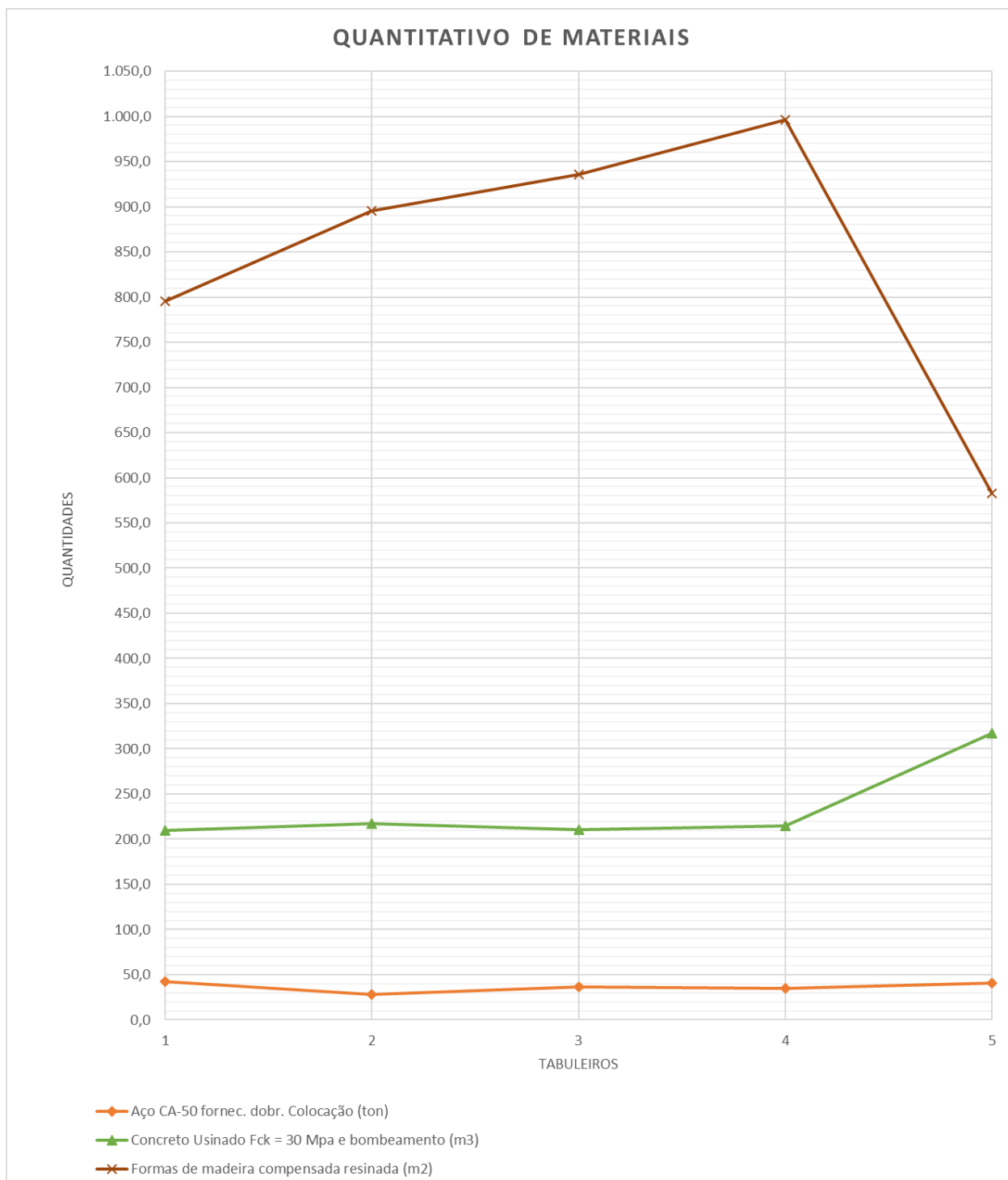
Gráfico 1 - Custos de Produção dos Tabuleiros



(Fonte: o autor)

O concreto usinado e as fôrmas de madeira resinada estão com percentuais parecidos em todas as situações exceto da solução de ponte sobre laje, tabuleiro E, onde existe uma economia de fôrmas que pode ser visto no gráfico 2.

Gráfico 2 - Quantitativo de Materiais



(Fonte: o autor)

O bombeamento de concreto não supera a marca de 2% do valor da obra em nenhum dos casos, para os tabuleiros com vigas o bombeamento de concreto custa em média R\$7.636,30 (sete mil seiscentos e trinta e seis reais e trinta centavos) ou cerca de 1,19% da obra em média. Para o tabuleiro E, que é o tabuleiro que utiliza mais concreto armado, o bombeamento de concreto é 1,55%, cerca de R\$11.363,62 (onze mil trezentos e sessenta e três reais e sessenta e dois centavos).

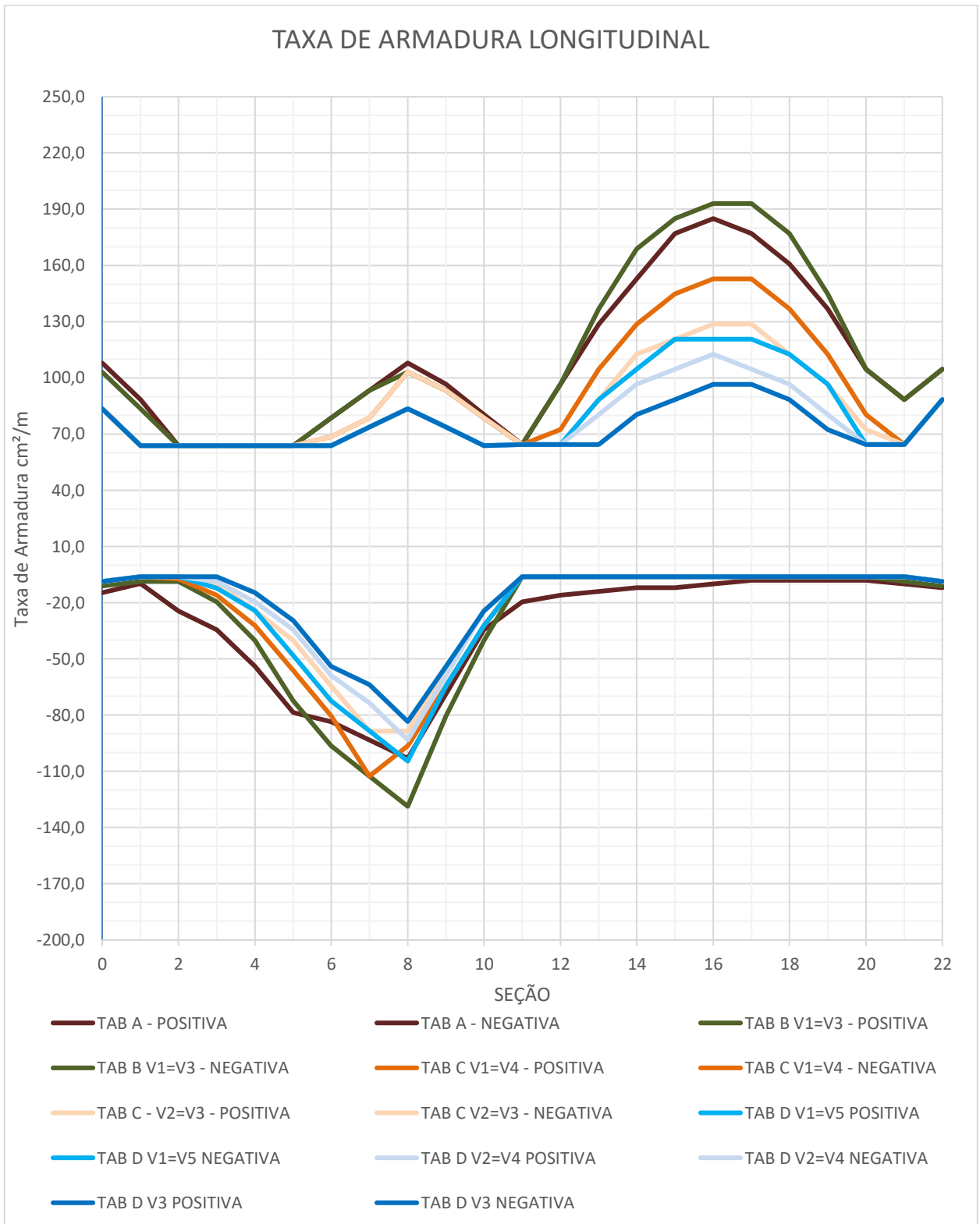
Desta maneira, pode-se observar que do ponto de vista econômico, o tabuleiro B é o mais econômico com cerca de 32% de economia comparado ao tabuleiro E, que é a solução escolhida para o dimensionamento da OAE.

Do ponto de vista do consumo de materiais, o tabuleiro E é a solução que apresenta maior consumo de concreto e menor consumo de fôrmas. A solução estrutural que apresenta maiores taxas de armadura é o tabuleiro A, isso se dá pelos grandes vãos dimensionados para as lajes, principalmente pelo vão central que possui uma laje com vão de 14m no centro, que é onde se concentram as cargas principais.

Do ponto de vista do dimensionamento das longarinas, quanto maior o número de longarinas menor a taxa de armadura longitudinal das seções, o que já era esperado, haja visto que grelhas com mais vigas tem maiores distribuição das cargas. Embora o tabuleiro B seja o tabuleiro com menor quantidade de aço, este tabuleiro é tabuleiro que possui as vigas com maiores picos de taxas de armadura positiva e negativa, tendo picos maiores do que o tabuleiro A que é o tabuleiro sobre vigas com maior taxa de armaduras. Disso, pode-se observar que a economia das armaduras se dá do fato do maior número de vigas aliviar as solicitações das lajes.

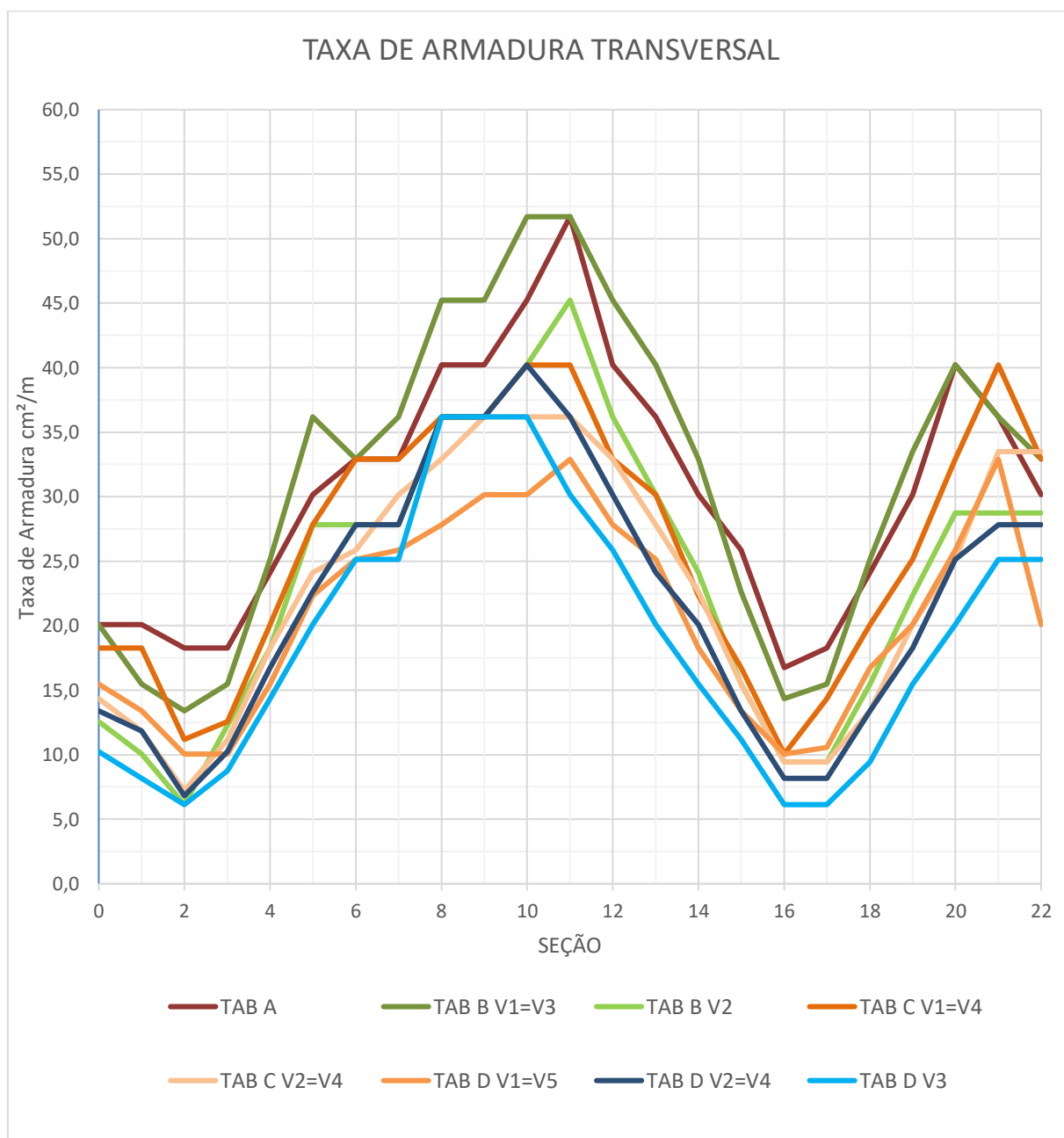
Quando são analisadas as taxas de armadura transversal das longarinas, pode-se observar que o as vigas do tabuleiro B são as vigas com maior taxa de armadura transversal entre as analisadas. E que as vigas do tabuleiro D são as com menor taxa de armadura, isso porque o tabuleiro D possui maior repartição transversal das cargas entre as vigas.

Gráfico 3 - Taxa de Armadura longitudinal para as longarinas



(Fonte: o autor)

Gráfico 4 - Taxa de armadura transversal para as longarinas



(Fonte: o autor)

O quadro 39 mostra a quantidade de armadura dimensionada nas lajes e nas longarinas de cada um dos tabuleiros.

Quadro 39 - Análise de armaduras VIGAS/LAJES

ANÁLISE ARMADURAS VIGAS E LAJES				
ITEM	ELEMENTO	UND	QNT	%
			UND	
TABULEIRO A				
1	vigas	kg	33.795,20	80,17%
2	lajes	kg	8.360,83	19,83%
TABULEIRO B				
1	vigas	kg	16.041,30	56,72%
2	lajes	kg	12.240,24	43,28%
TABULEIRO C				
1	vigas	kg	23.539,50	63,85%
2	lajes	kg	13.330,18	36,15%
TABULEIRO D				
1	vigas	kg	19.785,20	56,17%
2	lajes	kg	15.440,14	43,83%
TABULEIRO E				
1	lajes	kg	40.395,50	100,00%
2	vigas	kg	-	0,00%

(Fonte: o autor)

Por fim, o peso próprio do tabuleiro é fator importante para o cálculo da mesoestrutura, dessa forma, o quadro 40 apresenta o peso próprio de cada uma das estruturas de concreto, sem considerar pavimento, barreiras New Jersey e guarda corpo, haja visto, que isso é fator comum a todos os tabuleiros e não faz diferença no comparativo das estruturas.

Quadro 40 – Peso Próprio das estruturas

ANÁLISE PESO PRÓPRIO				
ELEMENTO	UND	QNT	PESO / M ³ kN/m ³	QNT
		UND		UND
TABULEIRO A				
peso proprio	m ³	209,70	25	5.242,50
TABULEIRO B				
peso proprio	m ³	217,20	25	5.430,00
TABULEIRO C				
peso proprio	m ³	210,20	25	5.255,00
TABULEIRO D				
peso proprio	m ³	214,45	25	5.361,33
TABULEIRO E				
peso proprio	m ³	316,80	25	7.920,00

(Fonte: o autor)

6 CONCLUSÕES

Após análise do dimensionamento dos 5 tabuleiros e dos resultados apresentados neste trabalho, é possível concluir o formato ponte sobre vigas é viável para o viaduto analisado. Em virtude aos gráficos de taxas de armaduras apresentados neste trabalho é possível verificar que as pontes sobre vigas são mais econômicas do ponto de vista do uso de concreto e do uso de armaduras. A solução sobre lajes para este viaduto se mostra mais econômica do ponto de vista das fôrmas.

A facilidade ou dificuldade da montagem de cada uma das estruturas não é analisada neste trabalho, embora o dimensionamento das armaduras seja feito de forma a reutilizar as armaduras de uma seção para outra. Dessa forma, não se pode concluir o quanto cada uma das estruturas é mais viável do ponto de vista produtividade da obra.

As estruturas de grelhas se mostraram mais leves do que a estrutura de ponte em laje, o que conseqüentemente irá influenciar na redução das armaduras e seções da mesoestrutura e infraestrutura.

Por fim, a comparação de diferentes soluções estruturais para um mesmo problema faz com que o projetista chegue em uma solução ideal para seu projeto. Se mostrando assim, importante o estudo de todas as alternativas estruturais que possam estar à mão do engenheiro de projetos.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O estudo de pontes em concreto armado é muito rico e tem grande campo de atuação no Brasil, portanto inúmeros estudos podem ser desenvolvidos nesta área. Para o tema específico abordado neste trabalho, seguem sugestões a futuros trabalhos:

- Analisar a nova mesoestrutura que deve ser dimensionada para cada um dos tabuleiros apresentados neste trabalho e verificar qual é a melhor solução;
- Analisar mais tipos de tabuleiros, bem como tabuleiros com transversinas ou maior número de longarinas;

- Comparar os resultados deste trabalho com resultados obtidos por métodos computacionais, bem como método dos elementos finitos;
- Desenvolver programação em software que calcule os diagramas de momento fletor pelo método de Engesser-Courbon para mais do que duas longarinas, seguindo o trabalho de Souza (2015);
- Analisar a influência da ação dinâmica das estruturas dimensionadas, bem como com a ação do vento, em software de modelagem tridimensional;
- Analisar o mesmo viaduto alterando soluções estruturais em diferentes materiais, que não, concreto armado. Bem como, concreto protendido e estrutura metálica.
- Modelar a emissão de ruído de tráfego em função da capacidade de trânsito da ponte, conforme critérios das legislações de poluição sonora ambiental.

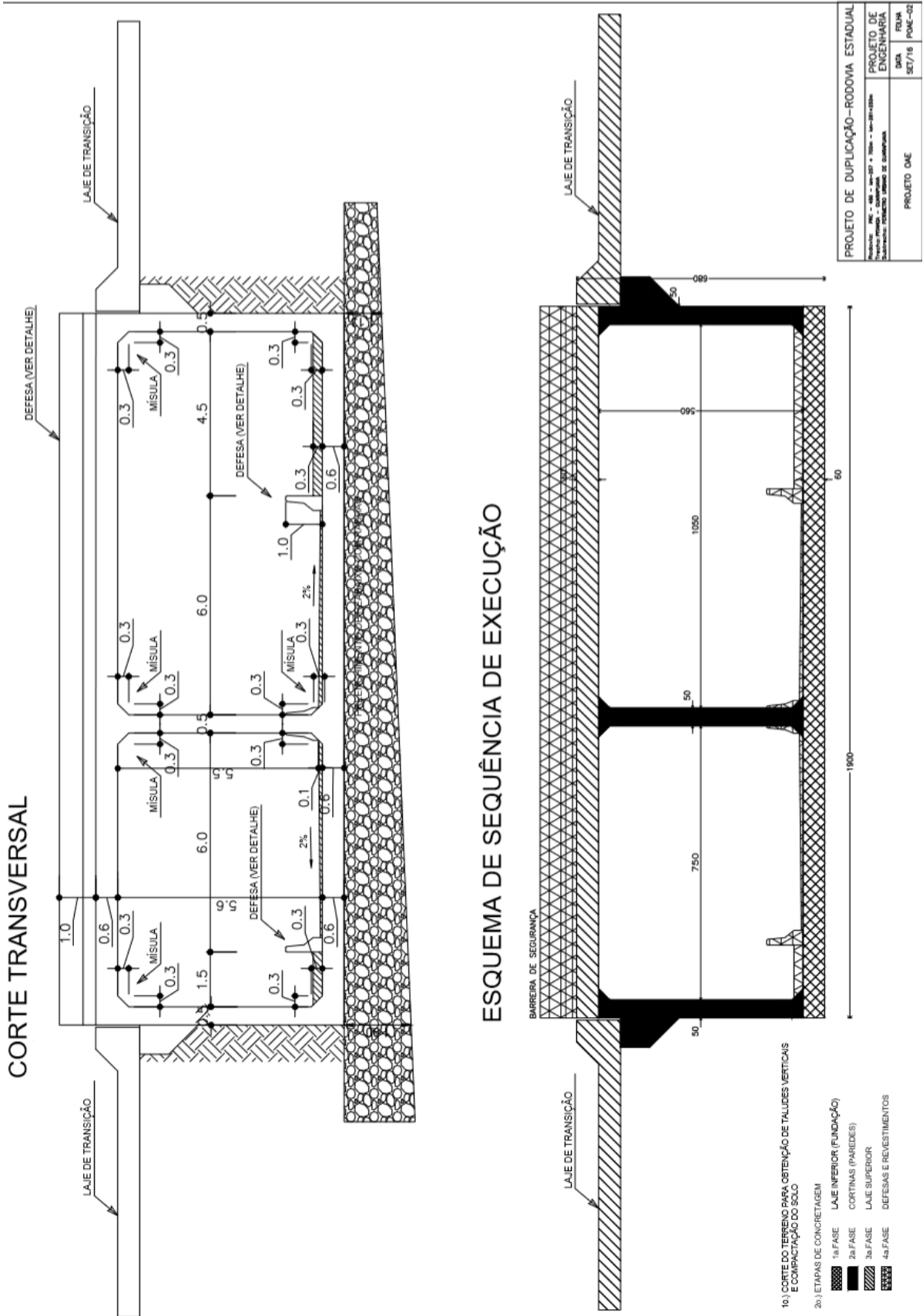
REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, D. d. (1999). *Projeto de ponte em concreto armado com duas longarinas*. Goiânia - GO: Universidade Federal de Goiás.
- CORDEIRO, J. (2014). Aparelhos de apoio em pontes vida útil e procedimentos de substituição. *Dissertação (Mestrado)*. Lisboa, Portugal: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- CREA-PR. (2010). *Ética e cultura profissional nº8*. Curitiba -PR: CREA-PR.
- DNIT, D. N. (2016). *Manual de manutenção de Obras de Arte Especiais - OAEs*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.
- FERNANDES e CORREIA. (2017). Uma introdução ao estudo das pontes em viga. *Cadernos de Graduação. V4(1)*, pp. 115-138.
- FORTE, L. A. (2014). Dimensionamento e análise de diferentes propostas de longarinas para pontes de concreto armado. *Trabalho de Conclusão de Curso*. Universidade Federal de Santa Catarina.
- LEONHARDT, F. (1982). *Construções de Concreto: Princípios básicos da construção de pontes de concreto. Vol.6*. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda.
- MARCHETTI, O. (2008). *Pontes de Concreto Armado*. São Paulo: Bluncher.
- MENDONÇA, G. K. (2012). *Infraestrutura Urbana: Uma investigação sobre Pontes em São Paulo*. São Paulo: USP.
- NBR 6118, A. (2014). Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 6123, A. (1988). Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Associação Brasileira de Normas técnicas.
- NBR 7187, A. (2003). Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 7188. (2013). Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Associação Brasileira de Normas técnicas.
- NBR 8681, A. (2013). Ação e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR 8800, A. (2008). Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NUNES, J. d. (2017). *Pontes de concreto armados: Seção transversal com múltiplas vigas longarinas*. Palhoça - SC: Universidade do Sul de Santa Catarina.

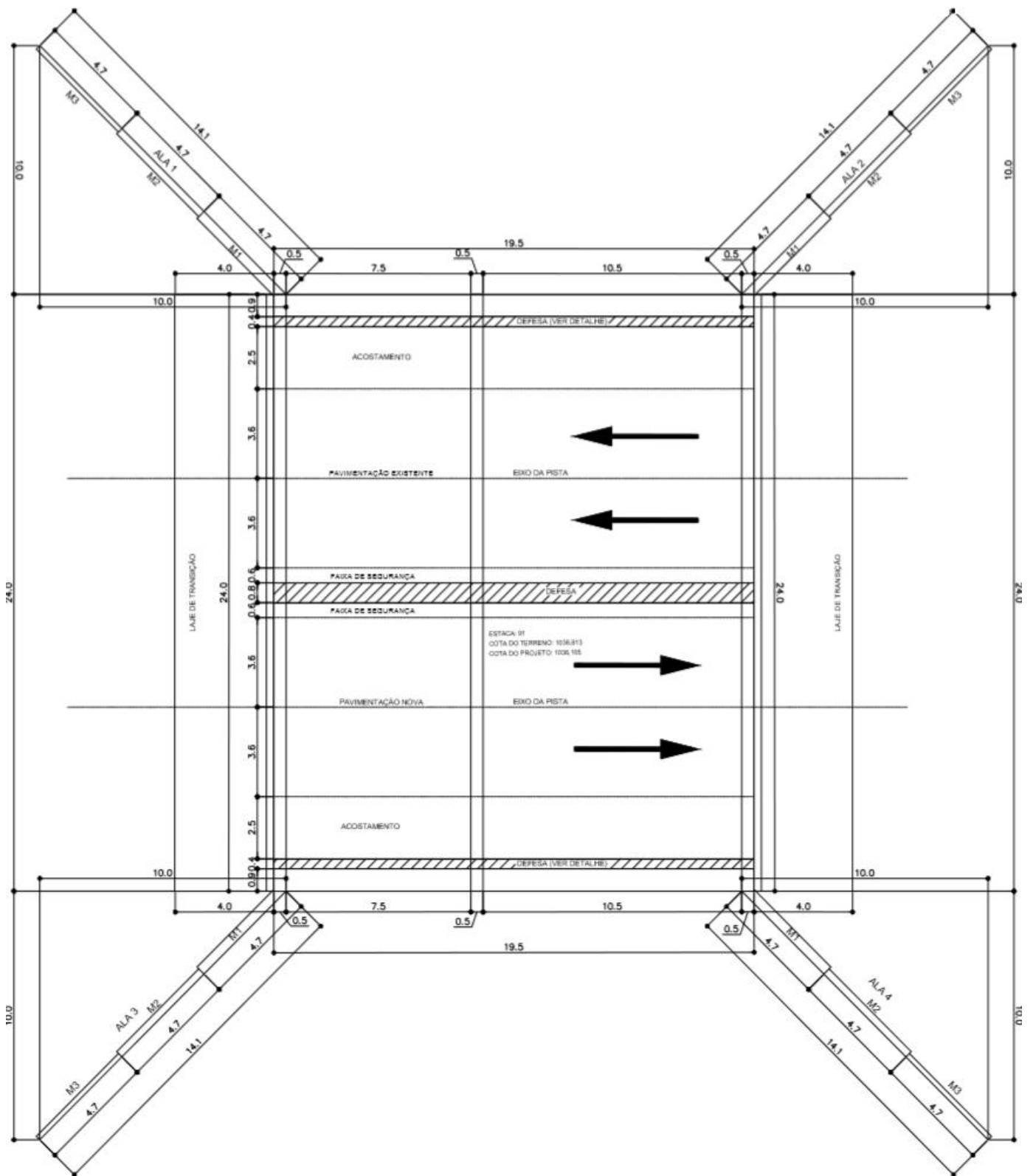
- O'CONNOR, C. (1976). *Pontes-superestruturas*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.
- PINHEIRO, L. M. (2007). *Fundamentos do concreto e projeto de edifícios*. São Carlos - SP: Departamento de Estruturas - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.
- SINAPI. (2014). *Manual de metodologias e conceitos*. Caixa Econômica Federal.
- SORIANO e MASCIA. (2009). Estruturas mistas em madeira-concreto: uma técnica racional para pontes de estradas vicinais. *Ciência Rural*, pp. 1260-1269.
- SOUZA e MOTA. (2004). Dimensionamento estrutural de uma ponte em concreto armado. *Trabalho de Conclusão de Curso*. Universidade Estadual do Norte Fluminense.
- SOUZA, C. F. (2015). Análise da distribuição de momentos fletores em pontes bi-apoiadas. *Dissertação*. Universidade Federal de Santa Catarina.
- SPERNAU, W. (2013). Notas de Aula: Pontes ECV-5260. *Disciplina do Curso de graduação de Engenharia Civil*. ECV/CTV/UFSC.
- STUCCHI, F. (2006). Notas de aula Pontes e Grandes Estruturas. *Notas de aula Pontes e Grandes Estruturas*. São Paulo, SP, Brasil: Univesidade de São Paulo.
- VITÓRIO, A. (2002). *Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão*. CREA-PE - Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia de Pernambuco .

ANEXOS

ANEXO A – Projeto arquitetônico de OAE licitado pelo DER-PR



PLANTA DA LAJE SUPERIOR



ANEXO B – C.P.U. de OAE

Retirado do orçamento DER-PR Concorrência Pública 265/2017



DERPR - Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná
Diretoria Técnica - Coordenadoria de Custo e Orçamento
Orçamento Sintético

Setor : DER/DT/CCO - COORD.DE CUSTOS E ORCAMENTO Valores expressos em Reais (R\$)
Orçamento : 5990-4/2017
Rodovia : PRC-466
Trecho : Entroncamento PR-460 / BR-277 (Guarapuava)
Subtrecho : Entroncamento Rod. Mun.Palmeirinha - Entroncamento BR-277 (Guarapuava)
Extensão : 3,467 km Data Base: 20/09/2017 (Sem desoneração)

05 - OBRA DE ARTE ESPECIAIS - TRINCHEIRA (C=24,00, L=19,50, H=5,50)**05.01 - Trincheira**

Código	Descrição do Serviço	Unid.	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
730000	Aço CA-50 fornec. dobr. colocação	kg	112.172,310	12,87	1.443.657,62
795890	Bombeamento de concreto usinado	m3	1.291,100	35,87	46.311,75
401000	Compactação de aterros 100% PN (A)	m3	5.298,800	4,66	24.692,40
792340	Concreto magro usinado, exclusive bombeamento	m3	163,380	399,37	65.249,07
792330	Concreto usinado Fck = 30 MPa, exclusive bombeamento	m3	1.127,720	464,71	524.062,76
746100	Enrocamento pedra de mão jogada	m3	1.307,040	129,08	168.712,72
701100	Escavação 1a. cat. p/galerias celulares	m3	5.730,000	8,30	47.559,00
712200	Escoramento de galerias celulares	m3	187,000	62,18	11.627,66
711000	Formas de madeira compensada resinada	m2	2.914,200	93,43	272.273,70
793625	Reaterro e apiloamento mecânico com material de jazida (DMT=2,50km)	m3	431,200	36,96	15.937,15
793615	Transporte de material de escavação em 1a. cat. 200-400m para corpo de aterro	m3	5.298,800	2,74	14.518,71

Total do Sub-grupo: 2.634.602,54

05.02 - Iluminação da Trincheira

Código	Descrição do Serviço	Unid.	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
792985	Fornec. e instalação de cabo de cobre 16mm	m	110,000	10,15	1.116,50
792995	Fornec. e instalação de cabo de cobre 25mm	m	110,000	15,95	1.754,50
792915	Fornec. e instalação de eletroduto de PVC flexível corugado 32mm	m	120,000	2,42	290,40
792925	Fornec. e instalação de luminária fechada para iluminação pública, com reator de partida rápida, com lâmpada a vapor de mercúrio 250 W	ud	6,000	562,74	3.376,44
792965	Fornec. e instalação de terminal de pressão reforçado para conexão de cabo de cobre de 16mm ²	ud	6,000	5,88	35,28
792975	Fornec. e instalação de terminal de pressão reforçado para conexão de cabo de cobre de 25mm ²	ud	6,000	6,58	39,48
792945	Fornecimento e instalação de entrada de energia elétrica aérea monofásica 50A, com poste e cabeamento, caixa de proteção para medidor e aterramento	ud	1,000	1.309,97	1.309,97

Total do Sub-grupo: 7.922,57

Total do Grupo: 2.642.525,11

APÊNDICES

APÊNDICE A – MEMÓRIA DE CÁLCULO

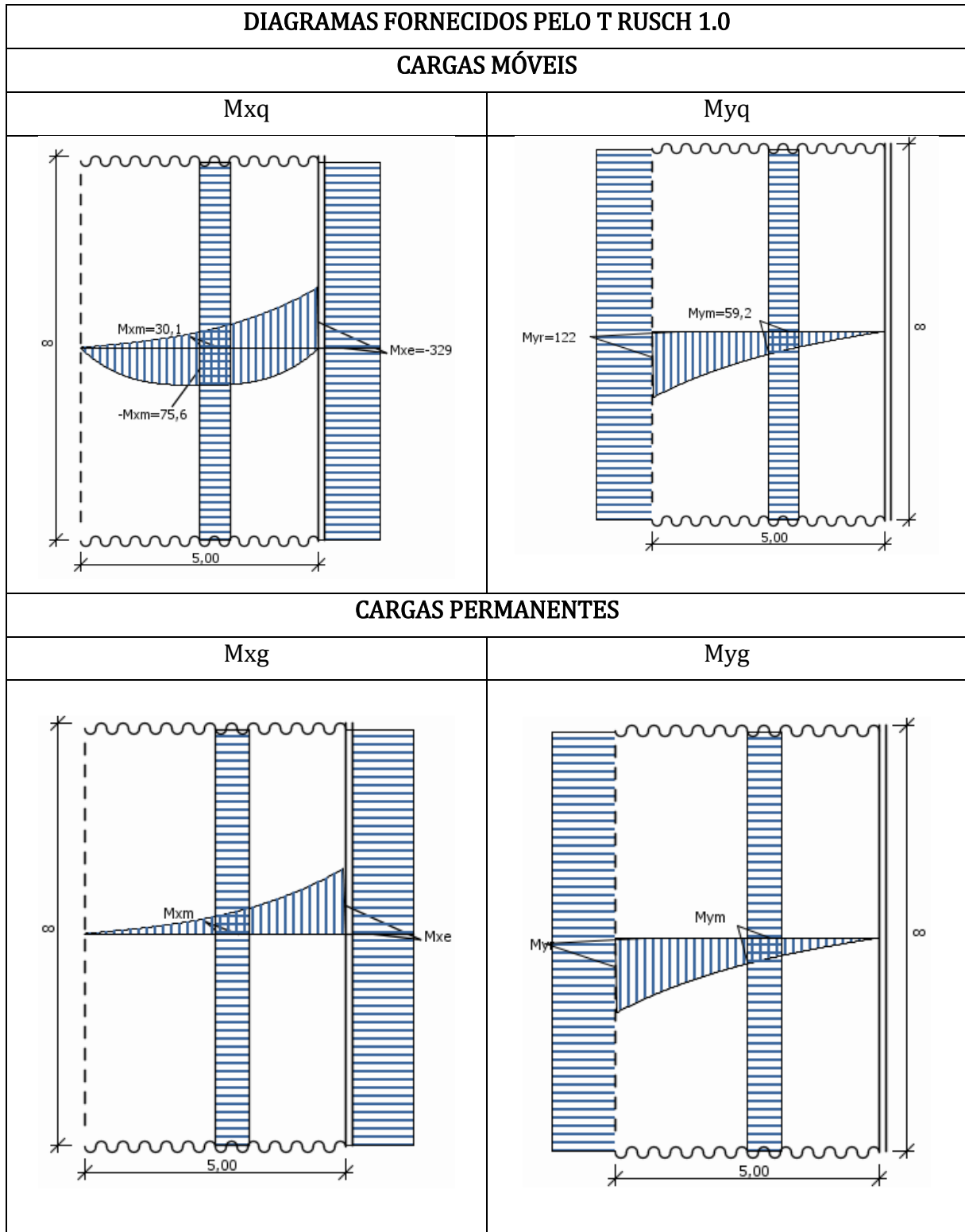
MATERIAS

MATERIAIS		
CONCRETO	C30	
Agregado	Brita 1	
Tipo de Agr.	gnaisse	
$\gamma_c =$	1,4	
$f_{ck} =$	3,00	KN/cm ²
$f_{cd} =$	0,21	KN/cm ²
$f_{ctk,sup} =$	0,38	KN/cm ²
$\alpha_e =$	1,00	
$\alpha_i =$	0,875	
$E_{ci} =$	3067,00	KN/cm ²
$E_{cs} =$	2684,00	KN/cm ²
$d_{max,ag} =$	19,00	mm
AÇO	CA-50	
$\gamma_s =$	1,15	
$\gamma_{yk} =$	50	KN/cm ²
$\gamma_{yd} =$	43,48	KN/cm ²
$E_{aço} =$	21000	KN/cm ²

TABULEIRO A

Cálculo das lajes

CÁLCULO L1=L3



CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes				
Elemento	Tipo carregamento	carga		braço (m)
Barreira New Jersey	Concentrado	6,54	kN/m	0,15
subtotal		6,54	kN/m	
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²	
Laje + mísulas	Distribuído	8,13	kN/m ²	
subtotal		10,89	kN/m²	

DIAGRAMAS FTOOL

DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

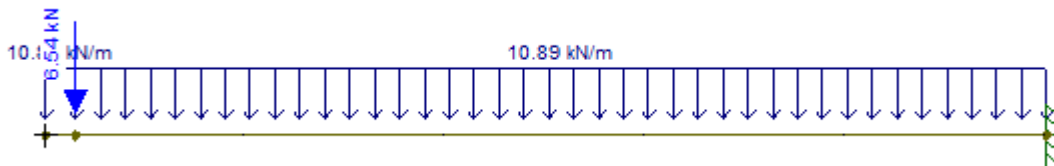
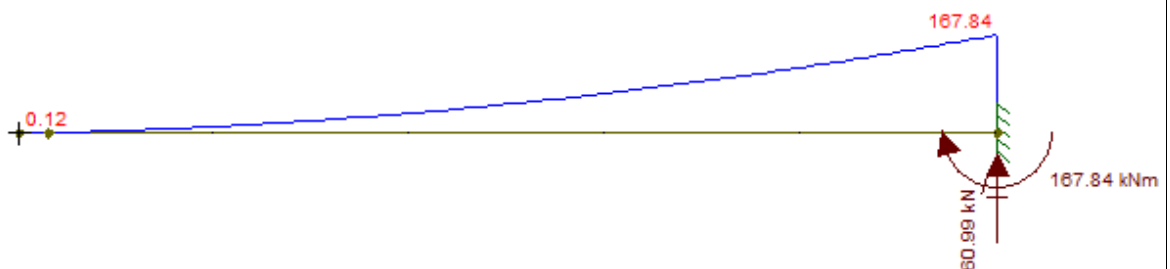
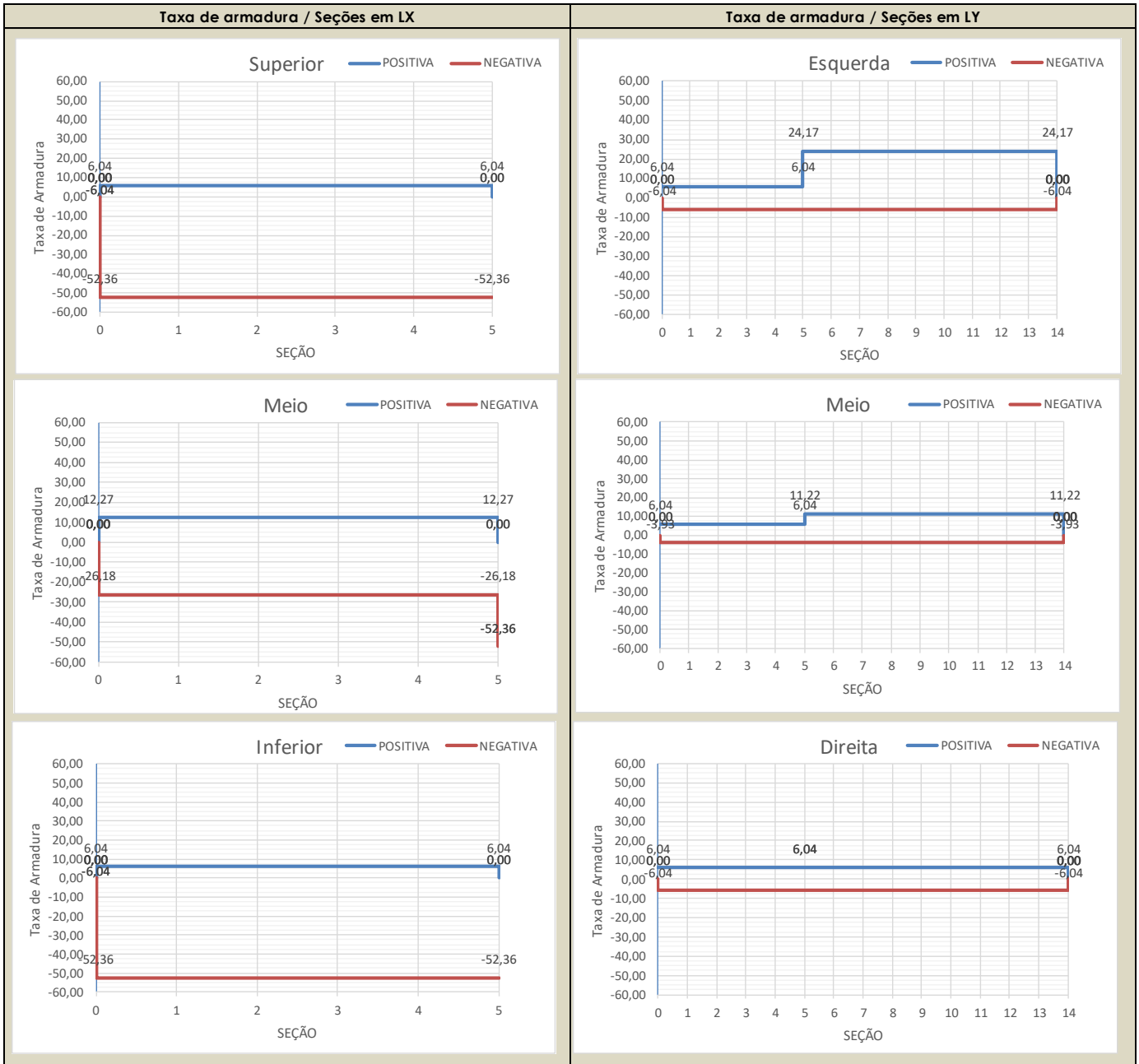


DIAGRAMA MOMENTO FLETOR (kNm) - M_{xg}



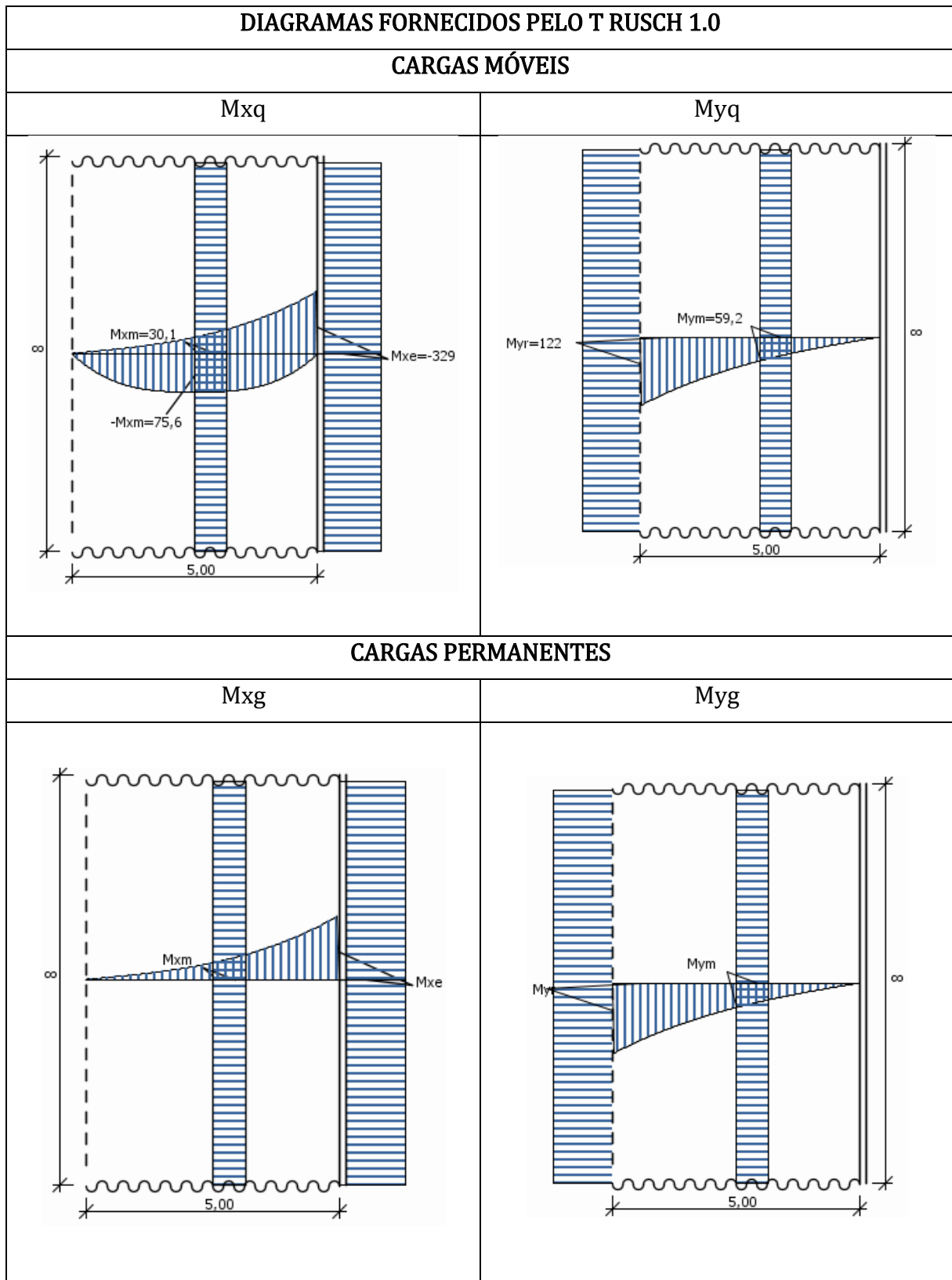
MEMORIAL DE CÁLCULO ARMADURA LONGITUDINAL																							
Borda		Superior						Inferior						Direita				Esquerda				Meio do vão	
Direção		LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY			
Seção		Mxe	Mxe	Mye	Mxe	Mxe	Mxe	Mye	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe		
Momento		Positivo	negativ	Positivo	negativ	Positivo	negativ	Positivo	negativ	Positivo	negativ	Positivo	negativ	Positivo	negativ	Positivo	negativ	Positivo	negativ	Positivo	negativ		
Armação		Principal	Secundá	Principal	Secundá	Principal	Secundá	Principal	Secundá	Principal	Secundá	Principal	Secundá	Principal	Secundá	Principal	Secundá	Principal	Secundá	Principal	Secundá		
Descrição		Símbolo		Grandeza		LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY			
Base Viga		bw	cm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Altura Total		h	cm	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	25	25	25	25		
Altura útil laje		d	cm	37	36	36	37	37	36	36	37	37	36,5	36	35	35	35	22	21,5	20,5	20		
		h-d	cm	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3,5	4	5	5	5	3	3,5	4,5	5		
cobrimento nominal		c	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		
Arm. Transversal		Φ	mm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0		
Mom. Ações Perm.		M _{sg}	kNcm/m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6784	0	0	0	0	1,6784	0	0	0		
Mom. Cargas móveis		M _{sq}	kNcm/m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2900	0	0	0	0	12,200	0	7,560	30,10		
coef. Cargas móveis		φ		1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688		
Mom. Cál. (Comb. Crítica)		M _{sd}	kNcm/m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6134	0,0	0,0	0,0	0,0	16,784	0,0	11,340	21,299		
Coef. Resistência Conc.		Kc		-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,014	-	-	-	-	2,754	2,296	-	4,220		
		βx		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,407	-	-	-	-	0,281	0,347	-	0,175		
Coef. Resistência aço		Ks		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,027	-	-	-	-	0,026	0,027	-	0,025		
Arm. Mínima		As,min	cm²/m	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	3,75	3,75	3,75	3,75		
Arm. Calculada		As,calc		6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	49,77	6,00	6,00	6,00	6,00	20,23	23,84	3,75	12,82		
Arm. Máxima		4% Ac	cm²	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	100	100	100	100		
Verificação		max e min		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		
Arranjo das armaduras		As,adot		Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ		
		mm		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	20	20	10		
		c/		c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/		
		cm		13	13	13	13	13	13	13	13	13	6	13	13	13	13	15	13	20	10		
Arm. Total		As,efet	cm²/m	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	52,36	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	3,93	20,94	24,17	3,93		
Verif. Tx Armadura		efet > 95%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		
Verif. Tx Armadura		efet > 110%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		
Verif. Armadura		Ativa ou Distribuição		As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,ativa	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,ativa	As,ativa	As,dist	As,dist		

DIMENSÕES LAJE		QUANTITATIVO DE AÇO																								
DIREÇÃO ARMAÇÃO	SEÇÃO EM Y	ARMADURA POSITIVA												ARMADURA NEGATIVA												
LX	LY	POSICÃO EM X						POSICÃO EM X						POSICÃO EM X						POSICÃO EM X						
		A	Φ	c/	cm	A	Φ	c/	cm	A	Φ	c/	cm	A	Φ	c/	cm	A	Φ	c/	cm	A	Φ	c/	cm	
LX	SUP	arranjo	0,00	10,00	10,00	13,00	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	500,00
		comprimento	0,00																							10473,08
		comp.total+ancoragem/m	0,00																							0,00
		comp.distribuição	0,00																							0,00
	peso (kg)	0,00																							0,00	
	arranjo	0,00	12,50	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	comprimento	0,00																							500,00	
	comp.total+ancoragem/m	0,00																							10050,00	
	comp.distribuição	14,00																							14,00	
	peso (kg)	0,00																							3489,36	
LY	MEIO	arranjo	0,00	10,00	10,00	13,00	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	500,00	
		comprimento	0,00																						500,00	
		comp.total+ancoragem/m	0,00																						0,00	
		comp.distribuição	0,00																						0,00	
	peso (kg)	0,00																							0,00	
	arranjo	0,00	14,028	0,00	14,028	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	comprimento	0,00																							500,00	
	comp.total+ancoragem/m	0,00																							10473,08	
	comp.distribuição	0,00																							0,00	
	peso (kg)	0,00																							0,00	
DIR	ESQ	arranjo	0,00	10,00	10,00	13,00	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		comprimento	0,00																						500,00	
		comp.total+ancoragem/m	0,00																						0,00	
		comp.distribuição	0,00																						0,00	
	peso (kg)	0,00																						0,00		
	arranjo	0,00	14,028	0,00	14,028	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	comprimento	0,00																							500,00	
	comp.total+ancoragem/m	0,00																							10473,08	
	comp.distribuição	0,00																							0,00	
	peso (kg)	0,00																							0,00	
RESUMO ARMADURA	NEGATIVA	arranjo	10,00	10,00	10,00	13,00	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		comprimento	0,00																						500,00	
		comp.total+ancoragem/m	0,00																						0,00	
		comp.distribuição	0,00																						0,00	
	peso (kg)	0,00																						0,00		
	arranjo	10,00	10,00	10,00	13,00	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	comprimento	0,00																						500,00		
	comp.total+ancoragem/m	0,00																						0,00		
	comp.distribuição	0,00																						0,00		
	peso (kg)	0,00																						0,00		
POSITIVA	TOTAL	3707,76	1914,62	5622,38																						



CÁLCULO L4=L6

Entradas Software T. Rusch 1.0:



CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes				
Elemento	Tipo carregamento	carga		braço (m)
Barreira New Jersey	Concentrado	6,54	kN/m	0,15
subtotal		6,54	kN/m	
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²	
Laje + mísulas	Distribuído	8,13	kN/m ²	
subtotal		10,89	kN/m²	

DIAGRAMAS FTOOL

DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

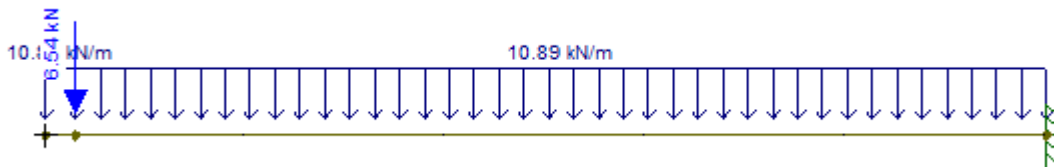
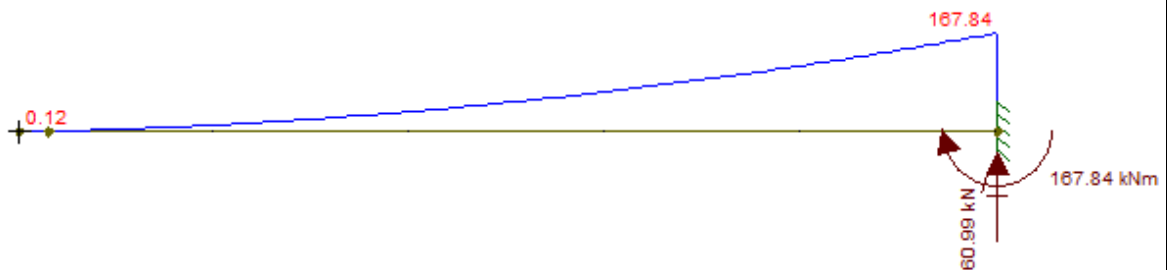
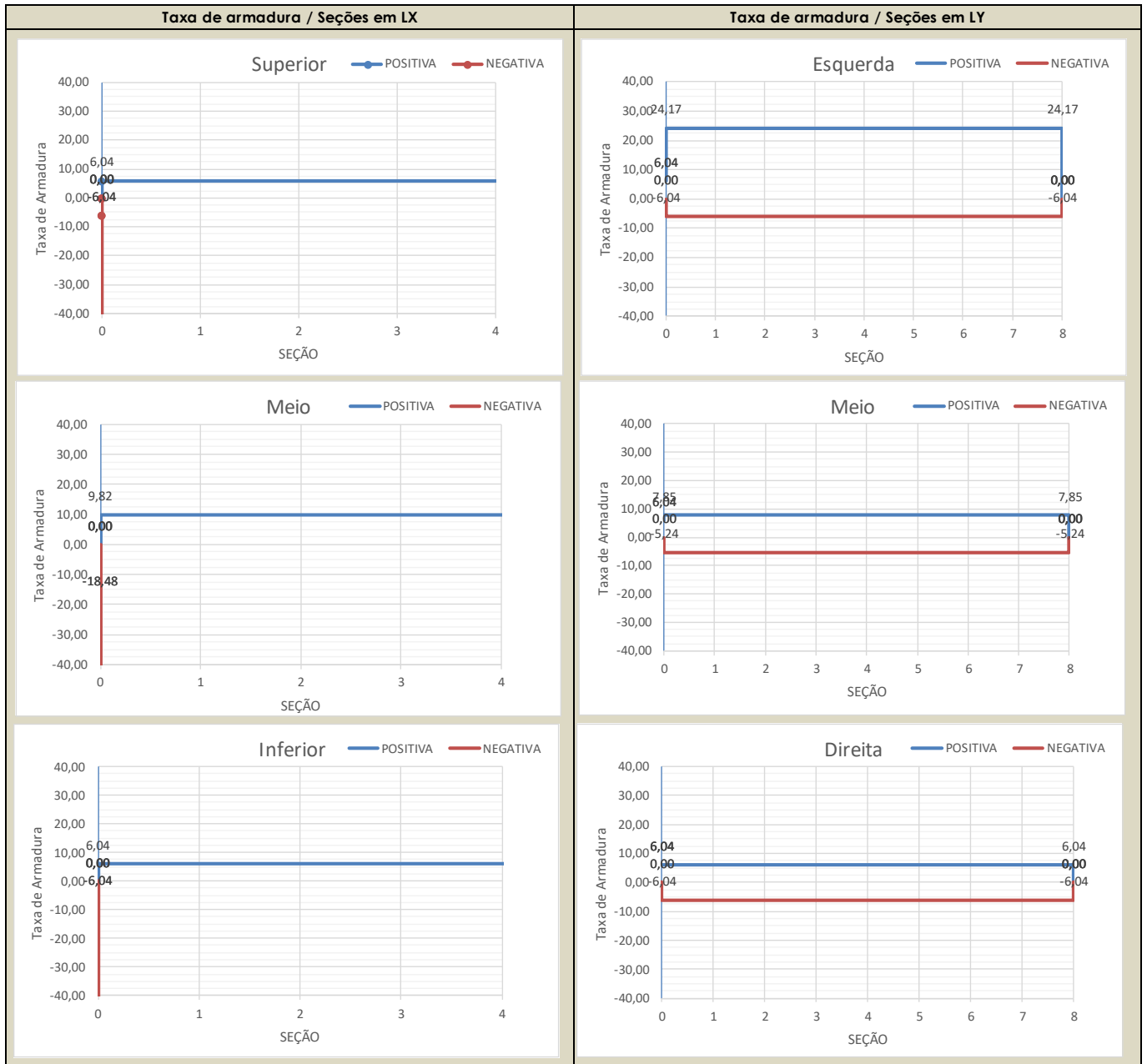


DIAGRAMA MOMENTO FLETOR (kNm) - M_{xg}

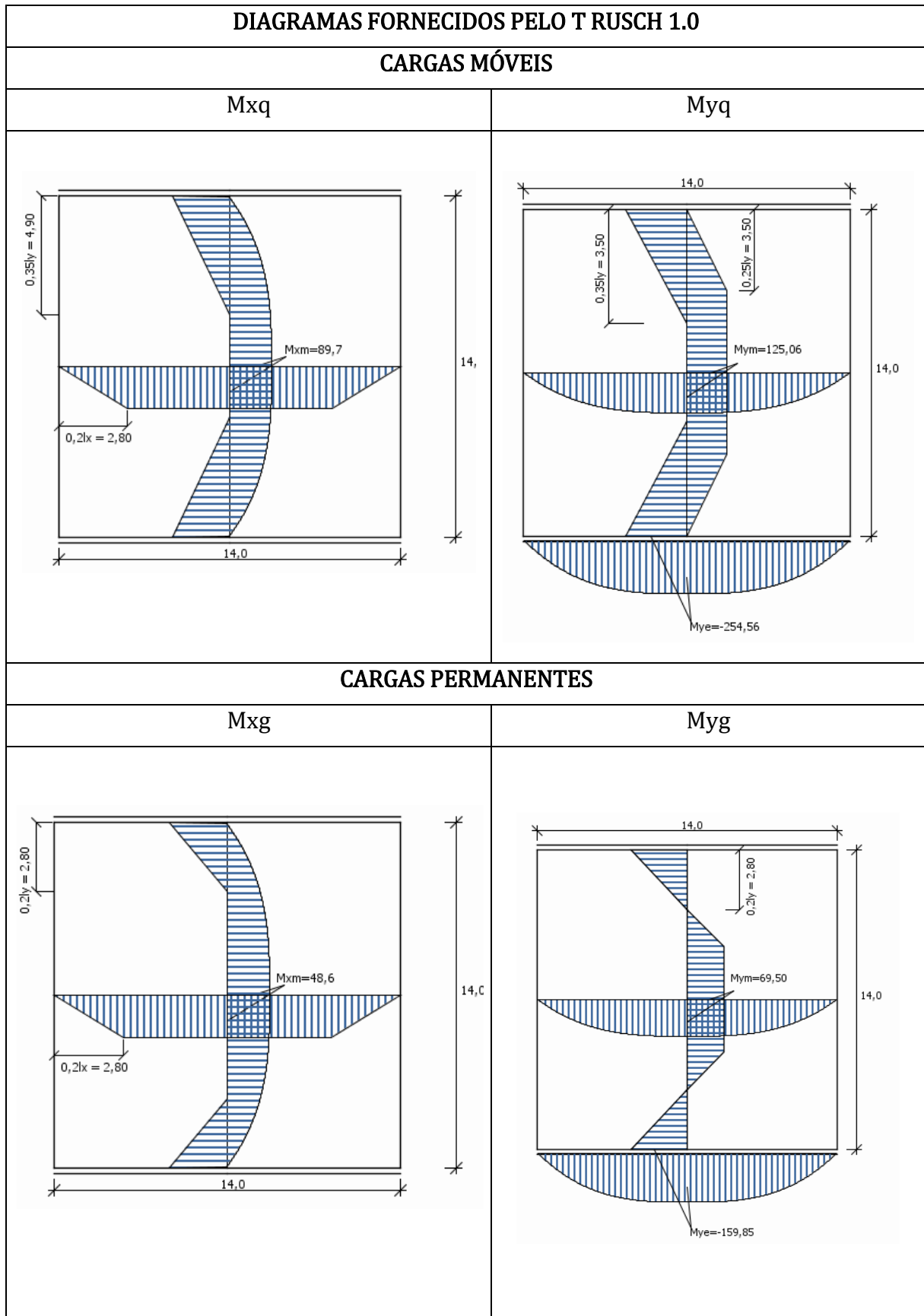


DIMENSÕES LAJE		QUANTITATIVO DE AÇO																					
LX	5,00 m																						
LY	8,00 m																						
DIREÇÃO ARMAÇÃO	SEÇÃO EM Y	ARMADURA POSITIVA									ARMADURA NEGATIVA												
		POSICÃO EM X									POSICÃO EM X												
		A	0,00	0,00	A	5,00	5,00	A	0,00	0,00	A	0,00	0,00	A	0,00	0,00	A	0,00	0,00	A	5,00	5,00	
		Φ	cm	c/	cm	Φ	cm	c/	cm	Φ	cm	c/	cm	Φ	cm	c/	cm	Φ	cm	c/	cm	Φ	cm
	arranjo	c/	0,00	c/	0,00	c/	13,00	c/	0,00	c/	0,00	c/	0,00	c/	0,00	c/	13,00	c/	0,00	c/	20,00	c/	6,00
	comprimento	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	500,00	0,00	0,00
	comp. total+ancoragem/m	0,00	4353,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10473,08	0,00	0,00
	comp. di distribuição	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	peso (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	arranjo	0,00	10,00	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	6,00
	comprimento	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	500,00	0,00	0,00
	comp. total+ancoragem/m	0,00	7075,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10211,76	0,00	0,00
	comp. di distribuição	8,00	8,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00
	peso (kg)	0,00	353,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2026,01	0,00	0,00
	arranjo	0,00	10,00	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	6,00
	comprimento	0,00	500,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	500,00	0,00	0,00
	comp. total+ancoragem/m	0,00	4353,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10473,08	0,00	0,00
	comp. di distribuição	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	peso (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIREÇÃO ARMAÇÃO	SEÇÃO EM X	ARMADURA POSITIVA									ARMADURA NEGATIVA												
		POSICÃO EM Y									POSICÃO EM Y												
		A	5,00	5,00	A	8,00	8,00	A	0,00	0,00	A	0,00	0,00	A	0,00	0,00	A	0,00	0,00	A	8,00	8,00	
		Φ	cm	c/	cm	Φ	cm	c/	cm	Φ	cm	c/	cm	Φ	cm	c/	cm	Φ	cm	c/	cm	Φ	cm
	arranjo	c/	13,00	c/	13,00	c/	13,00	c/	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	15,00	0,00	c/	13,00	0,00	0,00
	comprimento	500,00	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	800,00	0,00	0,00
	comp. total+ancoragem/m	4496,15	3196,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6153,85	0,00	0,00
	comp. di distribuição	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	peso (kg)	140,28	396,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	800,00	0,00	0,00
	arranjo	10,00	10,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00
	comprimento	500,00	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	800,00	0,00	0,00
	comp. total+ancoragem/m	4380,77	3406,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5333,33	0,00	0,00
	comp. di distribuição	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
	peso (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	166,40	0,00	0,00
	arranjo	10,00	10,00	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	0,00	0,00
	comprimento	500,00	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	800,00	0,00	0,00
	comp. total+ancoragem/m	4496,15	3000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	800,00	0,00	0,00
	comp. di distribuição	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6153,85	0,00	0,00
	peso (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	arranjo	10,00	10,00	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	0,00	0,00
	comprimento	500,00	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	800,00	0,00	0,00
	comp. total+ancoragem/m	4496,15	2561,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6153,85	0,00	0,00
	comp. di distribuição	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	peso (kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RESUMO ARMADURA																							
NEGATIVA	PESO +10 % (kg)	2192,41																					
POSITIVA	PESO +10 % (kg)	889,79																					
		TOTAL																					
		3082,20																					

Borda		MEMORIAL DE CÁLCULO ARMADURA LONGITUDINAL																			
		Superior				Inferior				Direita				Esquerda				Meio do vão			
Direção		LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY	
Seção		Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye
Momento		Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
Armação		Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária
Descrição	Símbolo	Grandeza		Grandeza		Grandeza		Grandeza		Grandeza		Grandeza		Grandeza		Grandeza		Grandeza		Grandeza	
Base Viga	bw	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Altura Total	h	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Altura útil laje	d	37	36	36	37	36	36	37	36	36	36	37	36	36	36	36	36	36	36	36	36
h-d	d'	3	4	4	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
cobrimento nominal	c	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Arm. Transversal	Φ	0	10	10	0	10	10	0	10	10	0	10	10	0	10	10	0	10	10	0	10
Mom. Ações Perm.	M _{sg}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mom. Cargas móveis	M _{sq}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
coef. Cargas móveis	φ	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688
Mom. Cálculo (Comb. Crítica)	M _{sd}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coef. Resistência Conc.	Kc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cálculo	βx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coef. Resistência aço	Ks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arm. Mínima	A _{s,min}	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Arm. Calculada	A _{s,calc}	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Arm. Máxima	4% Ac	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Verificação	Máx e mín	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Arranjo das armaduras	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
	mm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/
Arm. Total	cm	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	cm ² /m	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04
Verif. Tx Armadura	efet > 95%calc	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Verif. Tx Armadura	efet > 110%calc	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Verif. Armadura	Ativa ou Distribuição	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist



CÁLCULO L2



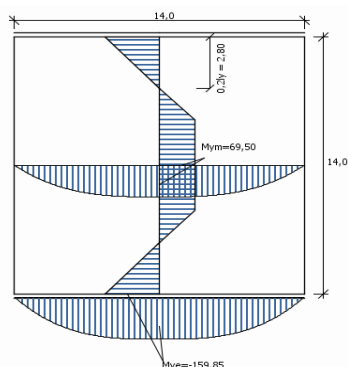
CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	0,93	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	8,13	kN/m ²
subtotal		11,82	kN/m²

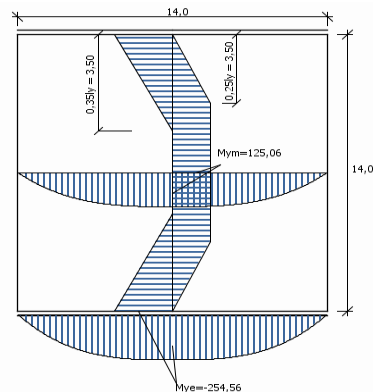
COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES									
Tipo Momento	Símbolo	L2		L5		Mom. Compatibilizado			
		Borda	Mom.Flet. kNm	Borda	Mom.Flet. kNm				
NEGATIVO	mye	Inferior	597,6375	Superior	469,434	Mxr =	533,54		
POSITIVO	mym	meio	281,415	meio	233,37	mym L2 =	345,52	mym L5 =	297,47

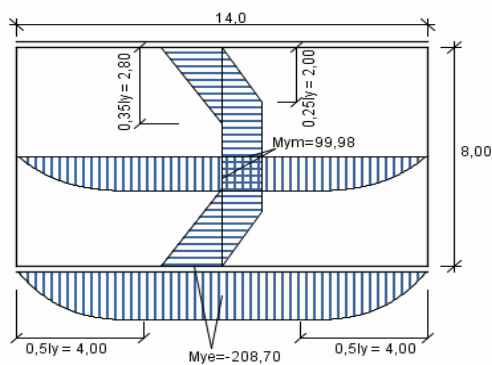
L2 CARGAS PERMANENTES



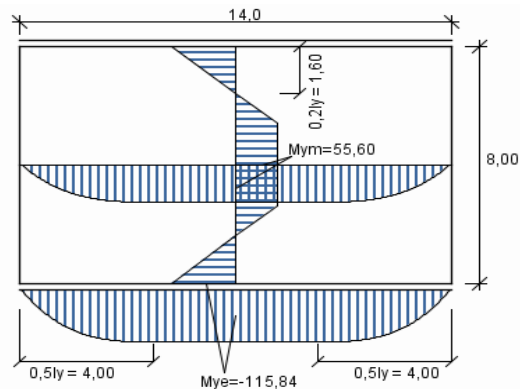
L2 CARGAS MÓVEIS



L5 CARGAS PERMANENTES

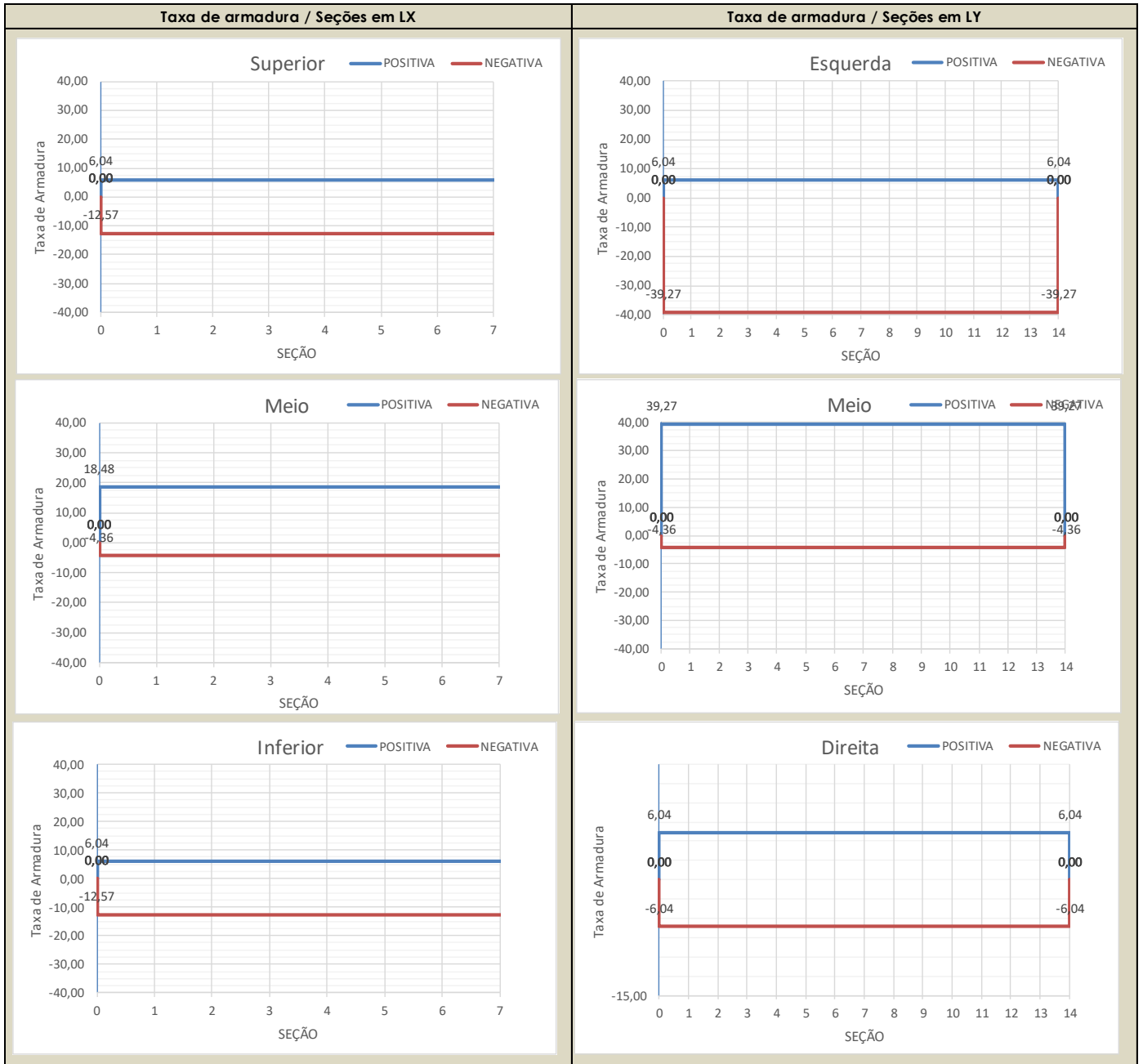


L5 CARGAS MÓVEIS

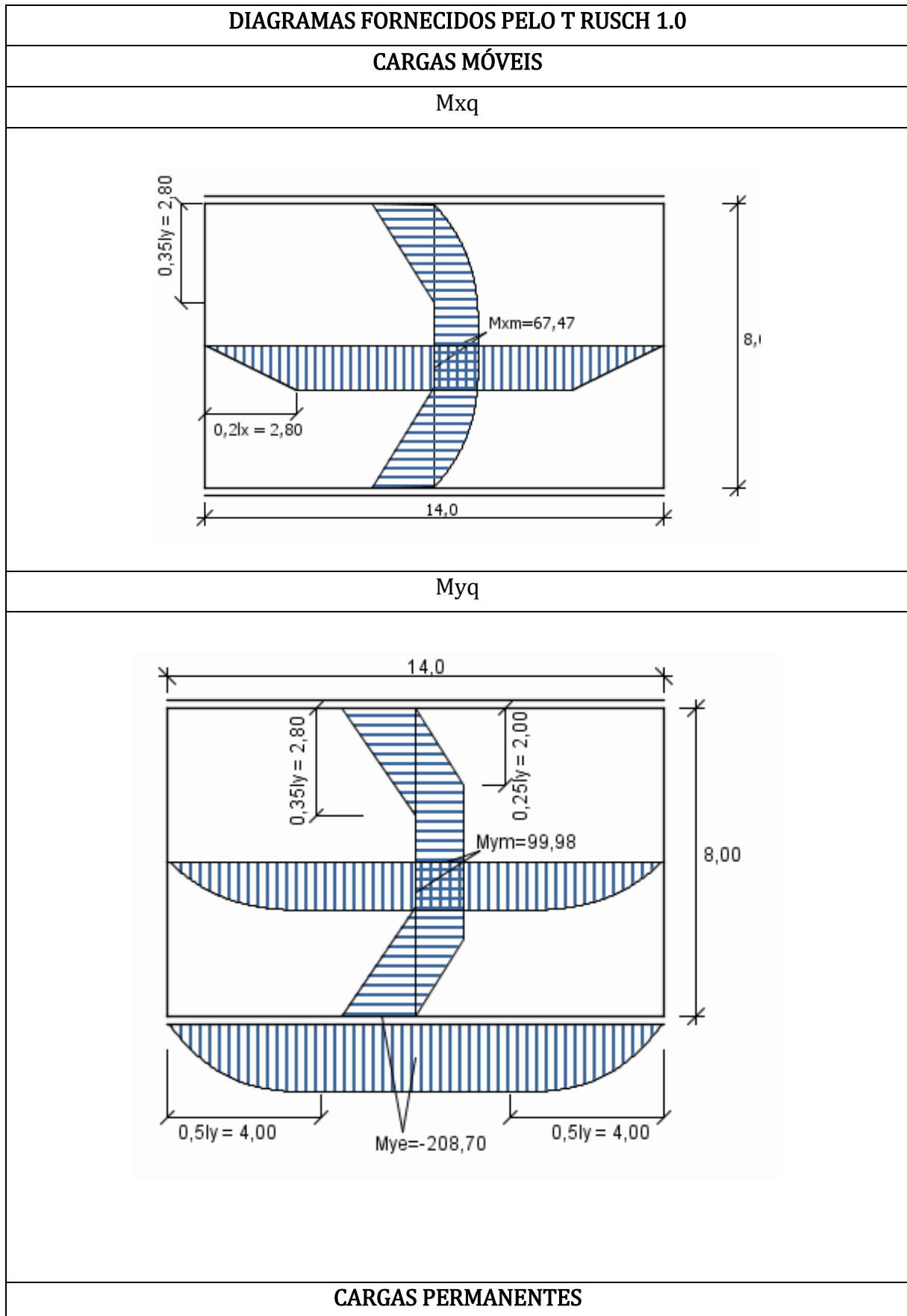


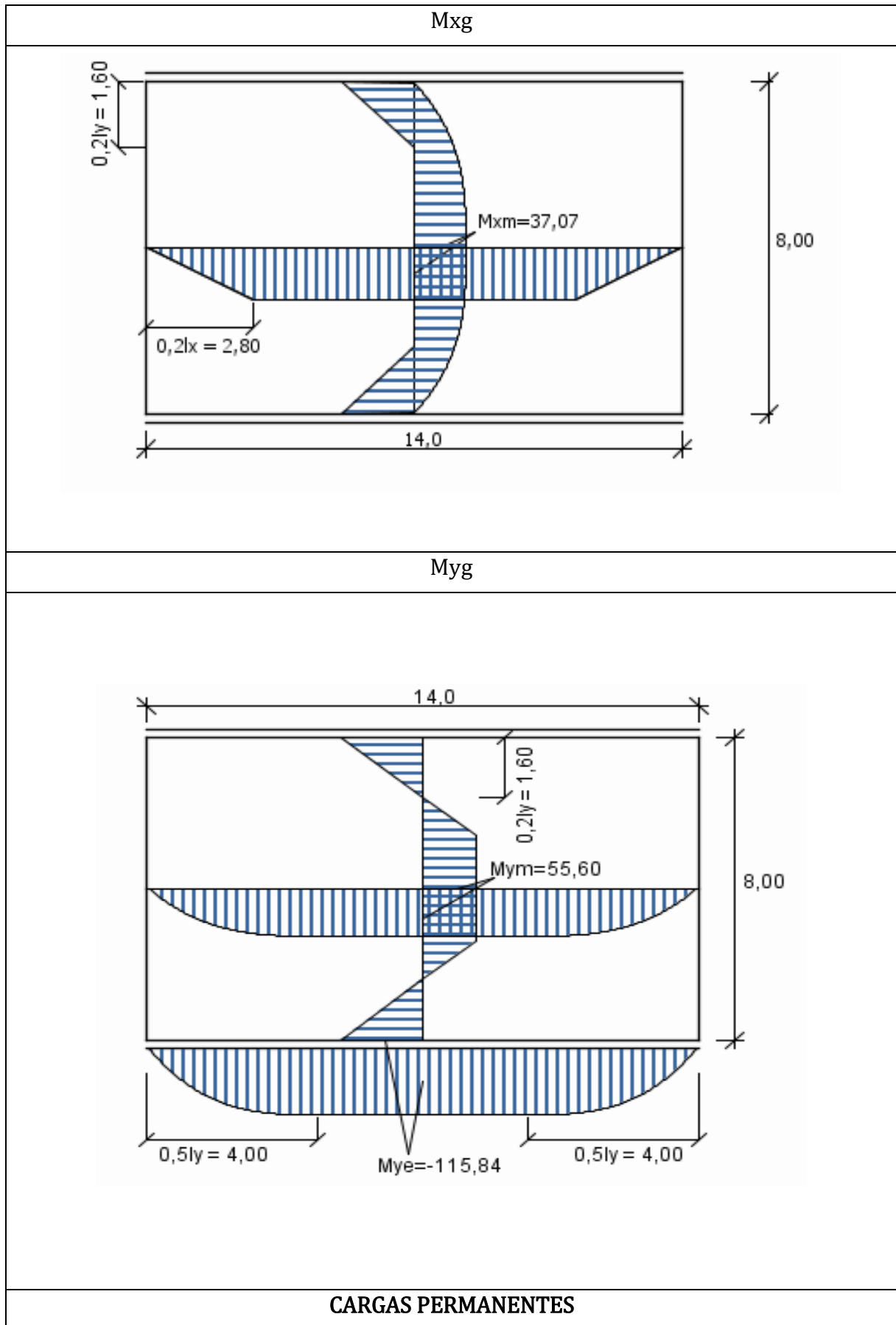
Borda		MEMORIAL DE CÁLCULO ARMADURA LONGITUDINAL																	
		Superior			Inferior			Direita			Esquerda			Meio do vão					
Direção	Seção	LX	LY	Mxe	Mye	LX	LY	Mxe	Mye	LX	LY	Mxe	Mye	LX	LY	Mxe	Mye	LX	LY
Momento		Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
Armação		Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá
Descrição	Símbolo	Grandeza																	
Base Viga	bw	cm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Altura Total	h	cm	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Altura útil laje	d	cm	37	34,7	36	36,5	37	34,7	36	36,5	37	37	36	37	36	36	36	26,5	27
h-d	d'	cm	3	5,3	4	3,5	3	5,3	4	3,5	3	3	4	3	4	4	3,5	3	5,5
cobrimento nominal	c	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Arm. Transversal	Øt	mm	0	20	10	0	20	10	0	20	10	0	20	10	0	20	10	0	20
Mom. Ações Perm.	M _{sg}	kNcm/m	0	4860	0	15985	0	4860	0	15985	0	0	0	0	0	0	0	4860	0
Mom. Cargas móveis	M _{sq}	kNcm/m	0	8970	0	25456	0	8970	0	25456	0	0	0	0	0	0	0	8970	0
coef. Cargas móveis	φ		1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688
Mom. Calc (Comb. Crítica)	M _{sd}	kNcm/m	0,0	18315,0	0,0	54169,0	0,0	18315,0	0,0	53354	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20016,0	0,0
Coef. Resistência Conc.	Kc		-	6,574	-	2,459	-	6,574	-	2,497	-	-	-	-	-	-	-	3,508	-
Cálculo	βx		-	0,109	-	0,320	-	0,109	-	0,314	-	-	-	-	-	-	-	0,214	-
Coef. Resistência aço	Ks		-	0,024	-	0,026	-	0,024	-	0,026	-	-	-	-	-	-	-	0,025	-
Arm. Mínima	As.mín	cm²/m	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,50	4,50
Arm. Calculada	As.calc		6,00	12,69	6,00	39,14	6,00	12,69	6,00	38,46	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	19,00	4,50
Arm. Máxima	4% Ac	cm²	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	120	120
Verificação	max e min		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Arranjo das armaduras	Ø		Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
	mm		10	16	10	20	10	16	10	10	10	10	10	10	10	10	10	20	10
	c/		c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/
Arm. Total	As.efet	cm²/m	13	16	13	8	13	16	13	8	13	13	13	13	13	13	17	18	8
Verif. Tx Armadura	efet > 95%calc		6,04	12,57	6,04	39,27	6,04	12,57	6,04	39,27	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	6,04	18,48	4,36
Verif. Tx Armadura	efet > 110%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Verif. Armadura	Ativa ou Distribuição		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
			As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa

DIMENSÕES LAJE		QUANTITATIVO DE AÇO																															
LX	LY																																
14,00	14,00	ARMADURA POSITIVA												ARMADURA NEGATIVA																			
DIREÇÃO ARMAÇÃO	SEÇÃO EM Y	POSICÃO EM X						POSICÃO EM X						POSICÃO EM X						POSICÃO EM X													
		A	0,00	14,00	14,00	A	14,00	A	0,00	14,00	14,00	A	14,00	A	0,00	14,00	14,00	A	14,00	A	0,00	14,00	14,00	A	14,00								
		Φ	cm	c/	0,00	10,00	13,00	Φ	cm	c/	0,00	16,00	Φ	cm	c/	0,00	20,00	13,00	Φ	cm	c/	0,00	14,00	Φ	cm	c/	0,00	16,00	Φ	cm	c/	0,00	18,00
LX	SUP	arranjo	0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							
		comprimento	0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92							
		comp.total+ancoragem/m	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							
		comp.distribuição	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							
		peso (kg)	0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							
		arranjo	0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							
	MEIO	comprimento	0,00	c/	0,00	9011,76							0,00	c/	0,00	9011,76							0,00	c/	0,00	9011,76							
		comp.total+ancoragem/m	0,00	c/	0,00	14,00							0,00	c/	0,00	14,00							0,00	c/	0,00	14,00							
		comp.distribuição	0,00	c/	0,00	3128,88							0,00	c/	0,00	3128,88							0,00	c/	0,00	3128,88							
		peso (kg)	0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							
		arranjo	0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92							
		comp.total+ancoragem/m	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							
INF	comp.distribuição	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00								
	peso (kg)	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00								
	arranjo	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00								
	comprimento	0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00								
	comp.total+ancoragem/m	0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92								
	comp.distribuição	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00								
LY	ESQ	arranjo	0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							
		comprimento	0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92							
		comp.total+ancoragem/m	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							
		comp.distribuição	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							
		peso (kg)	0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							
		arranjo	0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							
	MEIO	comprimento	0,00	c/	0,00	19150,00							0,00	c/	0,00	19150,00							0,00	c/	0,00	19150,00							
		comp.total+ancoragem/m	0,00	c/	0,00	14,00							0,00	c/	0,00	14,00							0,00	c/	0,00	14,00							
		comp.distribuição	0,00	c/	0,00	6648,88							0,00	c/	0,00	6648,88							0,00	c/	0,00	6648,88							
		peso (kg)	0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							
		arranjo	0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							
		comp.total+ancoragem/m	0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92							
DIR	comp.distribuição	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00								
	peso (kg)	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00								
	arranjo	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00								
	comprimento	0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00							0,00	c/	0,00	1400,00								
	comp.total+ancoragem/m	0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92							0,00	c/	0,00	11276,92								
	comp.distribuição	0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00							0,00	c/	0,00	0,00								
RESUMO ARMADURA																																	
NEGATIVA	PESO +10 % (kg)																							2229,58									
POSITIVA	PESO +10 % (kg)																							9777,76									
																								TOTAL									
																								12007,35									



CÁLCULO L5

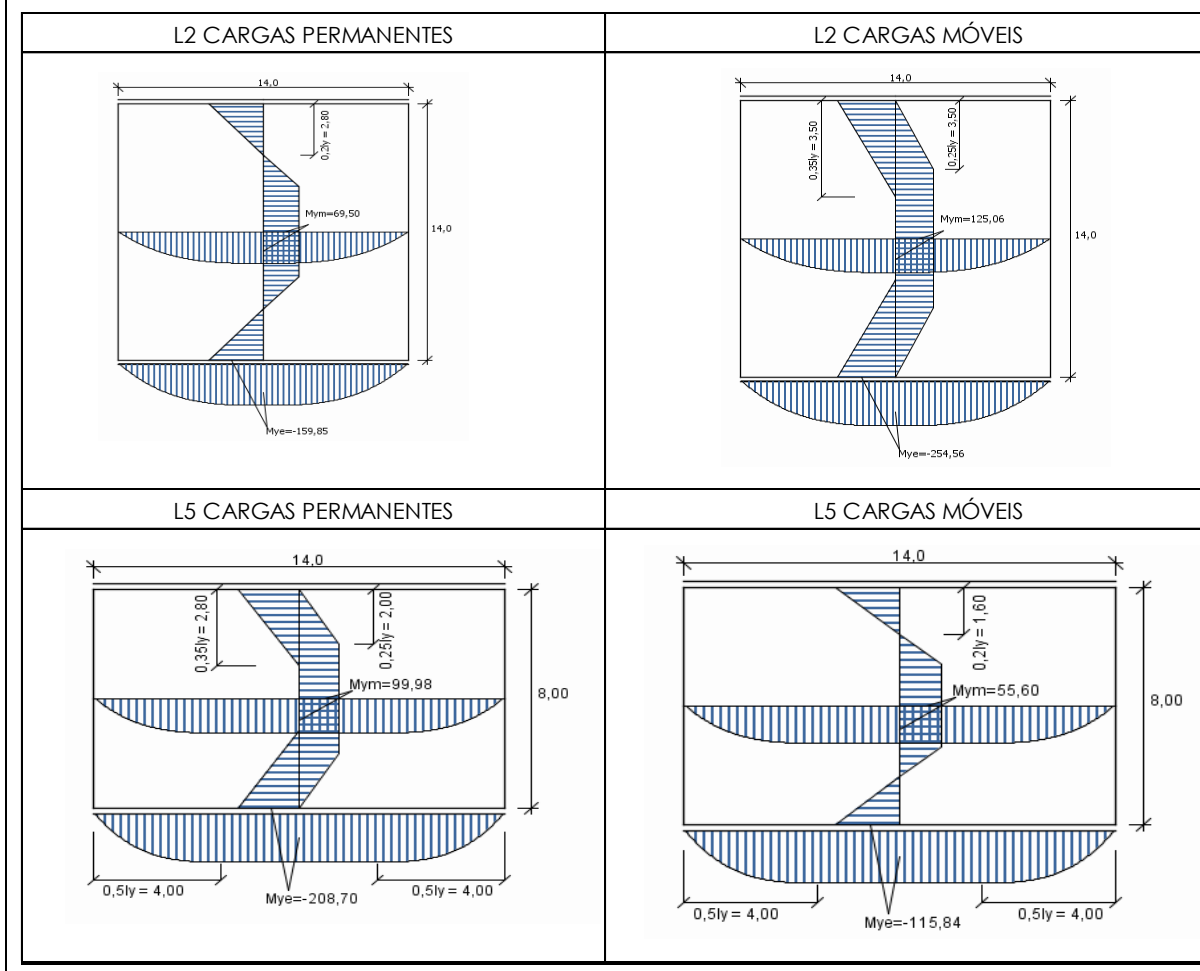




Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	0,93	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	8,13	kN/m ²
subtotal		11,82	kN/m²

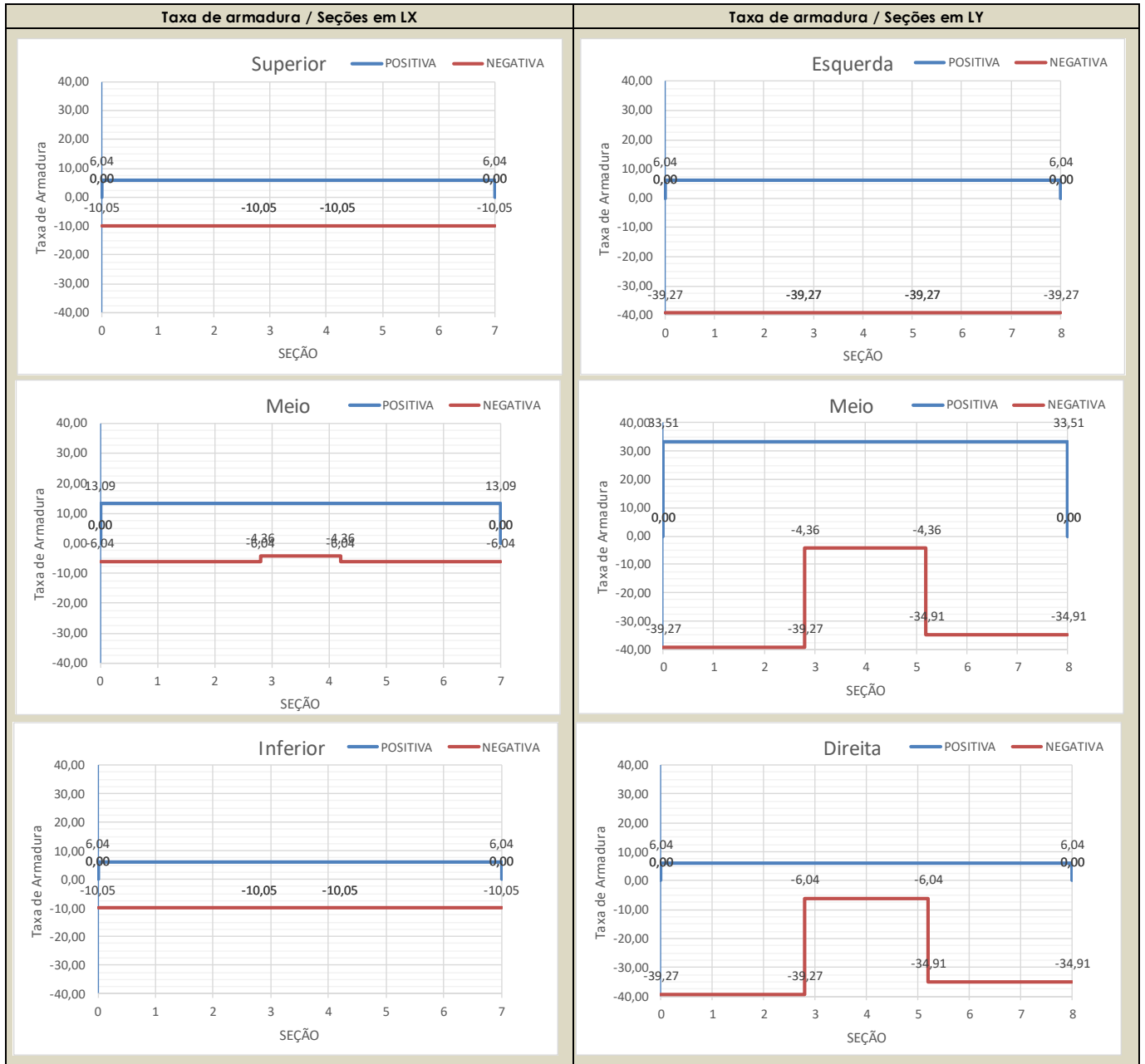
COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES									
Tipo Momento	Símbolo	L2		L5		Mom. Compatibilizado			
		Borda	Mom.Flet. kNm	Borda	Mom.Flet. kNm	Mxr =			
NEGATIVO	mye	Inferior	597,6375	Superior	469,434	Mxr =	533,54		
POSITIVO	mym	meio	281,415	meio	233,37	mym L2 =	345,52	mym L5 =	297,47



MEMORIAL DE CÁLCULO ARMADURA LONGITUDINAL																						
Borda		Superior						Interior						Direita			Esquerda			Meio do vão		
Direção		LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY		
Seção		Mxe	Mxe	Mye	Mxe	Mxe	Mye	Mxe	Mxe	Mye	Mxe	Mxe	Mye	Mxe	Mxe	Mye	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mym	
Momento		Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	
Armação		Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	
Descrição	Símbolo	Grandezas																				
Base Viga	bw	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Altura Total	h	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	30	30	
Altura útil laje	d	37	34,7	36	36,5	37	34,7	36	36,5	37	34,7	36	36,5	37	34,7	36	36,5	37	34,7	27	25,7	
h-d	d'	3	5,3	4	3,5	3	5,3	4	3,5	3	5,3	4	3,5	3	5,3	4	3,5	3	5,3	3	4,3	
cobrimento nominal	c	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Arm. Transversal	Φ	0	20	10	0	0	20	10	0	0	20	10	0	0	20	10	0	0	20	0	10	
Mom. Ações Perm.	M _{sg}	0,0	3707,0	0,0	11584,0	0,0	3707,0	0,0	11584,0	0,0	3707,0	0,0	11584,0	0,0	3707,0	0,0	11584,0	0,0	3707,0	0,0	5560,0	
Mom. Cargas móveis	M _{sq}	0,0	6747,0	0,0	20870,0	0,0	6747,0	0,0	20870,0	0,0	6747,0	0,0	20870,0	0,0	6747,0	0,0	20870,0	0,0	6747,0	0,0	9998,0	
coef. Cargas móveis	φ	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	
Mom. Cál. (Comb. Crítica)	M _{sd}	0,0	13827,5	0,0	53354,0	0,0	13827,5	0,0	46943,4	0,0	13827,5	0,0	46943,4	0,0	13827,5	0,0	46943,4	0,0	13827,5	0,0	29747,0	
Coef. Resistência Conc.	Kc	-	8,708	-	2,497	-	8,708	-	2,838	-	8,708	-	2,838	-	8,708	-	2,838	-	8,708	-	2,220	
Cálculo	βx	-	0,081	-	0,314	-	0,081	-	0,271	-	0,081	-	0,271	-	0,081	-	0,271	-	0,081	-	0,361	
Coef. Resistência aço	Ks	-	0,024	-	0,026	-	0,024	-	0,026	-	0,024	-	0,026	-	0,024	-	0,026	-	0,024	-	0,027	
Arm. Mínima	As.min	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,50	4,50	
Arm. Calculada	As.calc	6,00	9,47	6,00	38,46	6,00	9,47	6,00	33,18	6,00	9,47	6,00	33,18	6,00	9,47	6,00	33,18	6,00	9,47	4,50	4,50	
Arm. Máxima	4% Ac	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	120	120	
Verificação	max e min	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Arranjo das armaduras	As.adof	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	
		10	16	10	20	10	16	10	20	10	16	10	20	10	16	10	20	10	16	10	16	
		c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	
		13	20	13	8	13	20	13	9	13	20	13	9	13	20	13	9	13	20	13	18	
Arm. Total	As.efet	6,04	10,05	6,04	39,27	6,04	10,05	6,04	34,91	6,04	10,05	6,04	34,91	6,04	10,05	6,04	34,91	6,04	10,05	4,36	4,36	
Verif. Tx Armadura	efet > 95%calc	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Verif. Tx Armadura	efet > 110%calc	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Verif. Armadura	Ativa ou Distribuição	As.dist	As.ativa	As.dist	As.ativa	As.dist	As.ativa	As.dist	As.ativa	As.dist	As.ativa	As.dist	As.ativa	As.dist	As.ativa	As.dist	As.ativa	As.dist	As.ativa	As.dist	As.ativa	

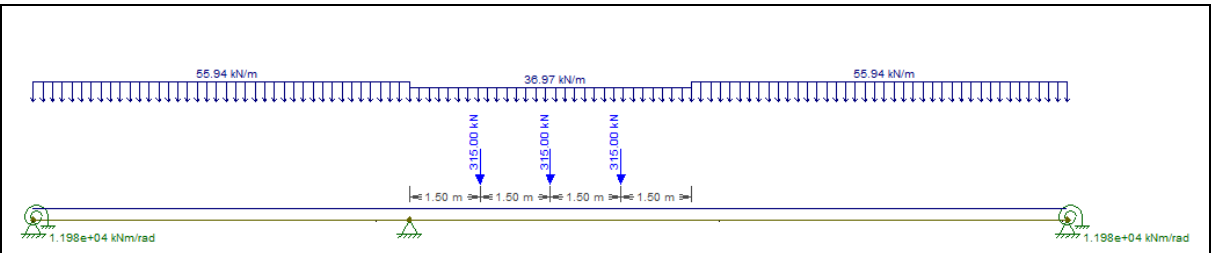
DIMENSÕES LAJE		QUANTITATIVO DE AÇO																											
DIREÇÃO ARMAÇÃO	SEÇÃO EM Y	ARMADURA POSITIVA												ARMADURA NEGATIVA															
LX	LY	POSICÃO EM X						POSICÃO EM X						POSICÃO EM X						POSICÃO EM X									
		A	0,00	Φ	c/	A	7,00	A	7,00	Φ	c/	A	7,00	A	2,80	Φ	c/	A	4,20	A	2,80	Φ	c/	A	4,20	A	2,80	Φ	c/
LX	SUP	arranjo	0,00	0,00	0,00	10,00	c/	13,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	0,00	16,00	c/	20,00	16,00	c/	20,00	16,00	c/	20,00	16,00	c/	20,00	280,00		
		comprimento	0,00	0,00	0,00	700,00					0,00																140,00		
		comp.total+ancoragem/m	0,00	0,00	0,00	5892,31					0,00																1680,00		
		comp.distribuição	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00					0,00											0,00		
	MEIO	arranjo	0,00	0,00	0,00	10,00	c/	13,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	0,00	10,00	c/	13,00	10,00	c/	18,00	10,00	c/	18,00	10,00	c/	13,00	280,00		
		comprimento	0,00	0,00	0,00	700,00					0,00																280,00		
		comp.total+ancoragem/m	0,00	0,00	0,00	12766,67					0,00																2493,59		
		comp.distribuição	0,00	0,00	0,00	8,00					8,00					8,00											8,00		
	INF	arranjo	0,00	0,00	0,00	10,00	c/	13,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	0,00	16,00	c/	20,00	16,00	c/	20,00	16,00	c/	20,00	16,00	c/	20,00	280,00		
		comprimento	0,00	0,00	0,00	700,00					0,00																280,00		
		comp.total+ancoragem/m	0,00	0,00	0,00	5892,31					0,00																1680,00		
		comp.distribuição	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00					0,00											0,00		
LY	ESQ	arranjo	0,00	0,00	0,00	10,00	c/	13,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	20,00	c/	8,00	240,00	c/	8,00	20,00	c/	8,00	20,00	c/	8,00	280,00			
		comprimento	0,00	0,00	0,00	800,00					0,00															280,00			
		comp.total+ancoragem/m	0,00	0,00	0,00	6661,54					0,00															4375,00			
		comp.distribuição	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00					2,80										2,80			
	MEIO	arranjo	0,00	0,00	0,00	16,00	c/	6,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	0,00	20,00	c/	8,00	208,32	c/	18,00	20,00	c/	18,00	20,00	c/	9,00	303,80		
		comprimento	0,00	0,00	0,00	800,00					0,00															280,00			
		comp.total+ancoragem/m	0,00	0,00	0,00	15093,33					0,00															4530,56			
		comp.distribuição	0,00	0,00	0,00	7,00					7,00					1,40										1,40			
	DIR	arranjo	0,00	0,00	0,00	10,00	c/	13,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	0,00	20,00	c/	8,00	177,36	c/	13,00	10,00	c/	13,00	20,00	c/	9,00	157,30		
		comprimento	0,00	0,00	0,00	800,00					0,00															280,00			
		comp.total+ancoragem/m	0,00	0,00	0,00	6661,54					0,00															4495,30			
		comp.distribuição	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00					2,80										2,80			
RESUMO ARMADURA																													
NEGATIVA	PESO +10% (kg)																							2082,64					
POSITIVA	PESO +10% (kg)																							2296,07					
		TOTAL																						4378,71					



Cálculo das Longarinas

CÁLCULO V1 = V2

CÁLCULO DEVIDO AS CARGAS MÓVEIS
SEÇÃO TRANSVERSAL
DIAGRAMA CORPO LIVRE
CARGA CONCENTRADA (RODA VEICULOS) P
CARGA DISTRIBUIDA (MULTIDÃO) Q
REAÇÕES MÁXIMAS
DEVIDO A CARGA CONCENTRADA (RODA VEICULOS) P
DEVIDO A CARGA DISTRIBUIDA (MULTIDÃO) Q
SEÇÃO LONGITUDINAL
RIGIDEZ PILAR
$k_{\text{pilar}} = 4 * E_{cs} * I / L_{\text{lambagem pilar}}$ $k = \frac{4 * 2684 * (30 * 50^3 / 12)}{560 / 2} = 11.982.142,9 \text{ kNcm}$
TREM TIPO



OBS: $Q_{lateral} = 36,97 = 55,94 * \left(\frac{(24-5-1,3)-2*3}{(24-5-1,3)} \right)$

DIAGRAMA ENVOLTÓRIA ESFORÇOS CORTANTES (kN)

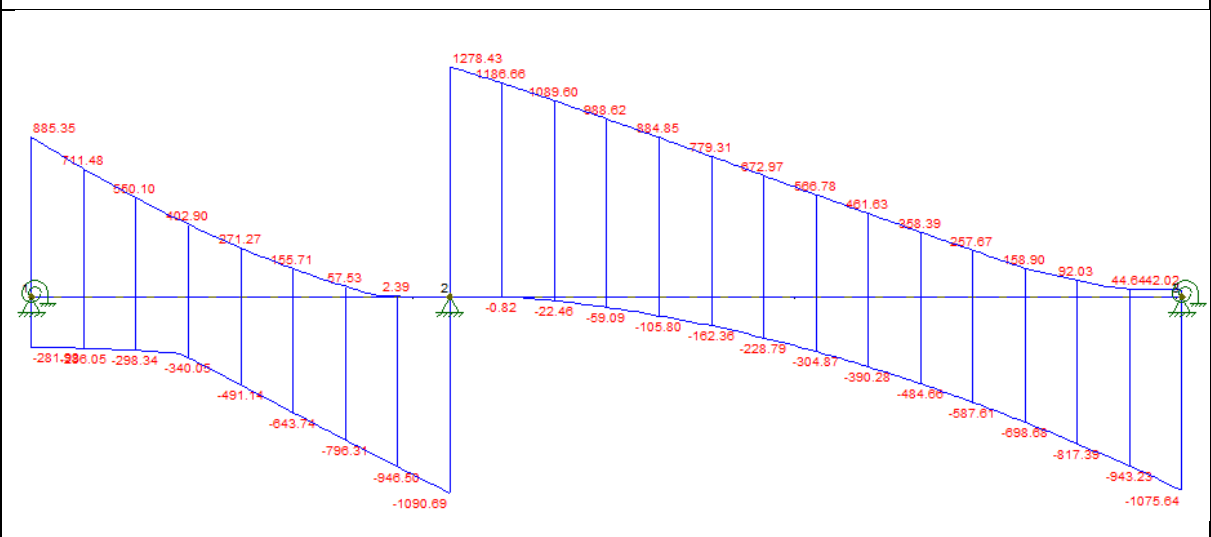
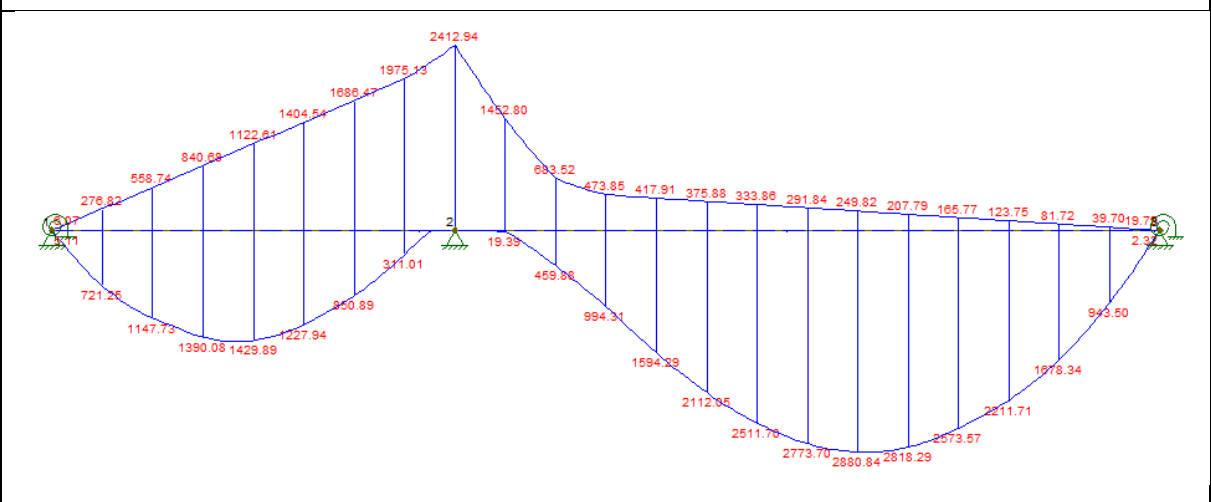


DIAGRAMA ENVOLTÓRIA MOMENTO FLETOR



CÁLCULO DEVIDO A CARGA PERMANENTE

DIAGRAMA CORPO LIVRE

CÁLCULO CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes		
Número de longarinas (n°L)	2	und
Número de Transversinas(n°T)	0	und
Dimensão OAE		
Longitudinal (A)	22	m
Transversal (B)	24	m
Distância entre eixos longarinas	14	m
Qnt Vigas New Jersey seção trans	4	und
N° Faixas Rolamento	4	und
Seção Transv. Influência (B/n°L)	12	m
Dimensão vigas (estimativa)		
base (bw)	35	cm
altura (h)	200	cm
Levantamento Cargas /Área		
Elemento	carga	
Barreira New Jersey	1,09	kN/m ²
Pavimento	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	8,13	kN/m ²
Vigas (estimado)	1,22	kN/m ²
subtotal	13,20	kN/m²
Levantamento Cargas / m		
Carregamento linear	158,35	kN/m
DIAGRAMA ESFORÇO CORTANTE		

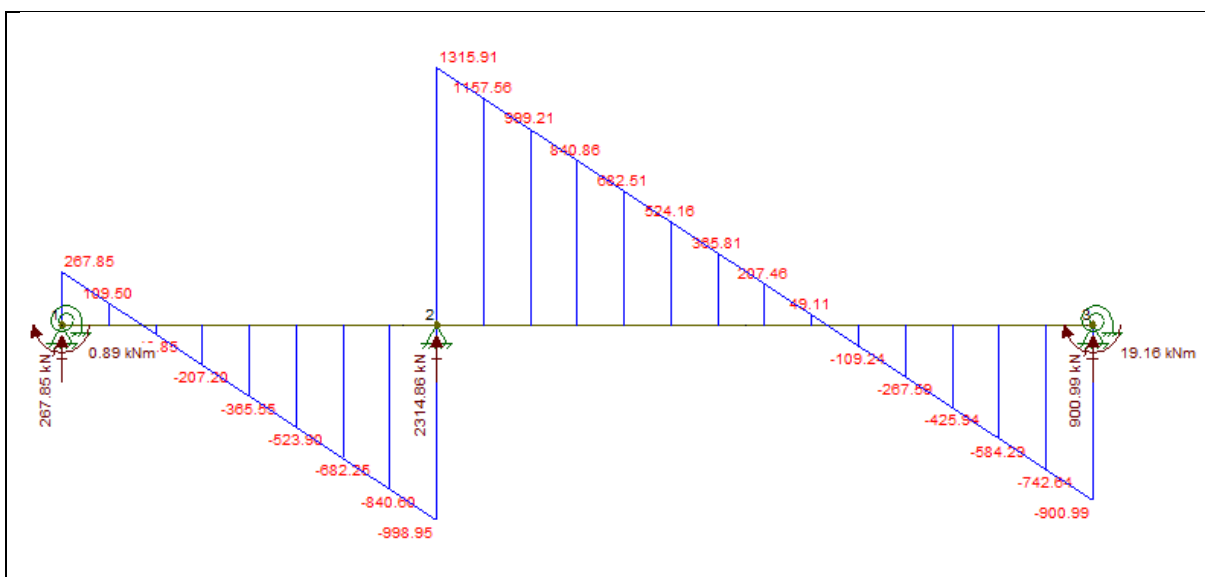
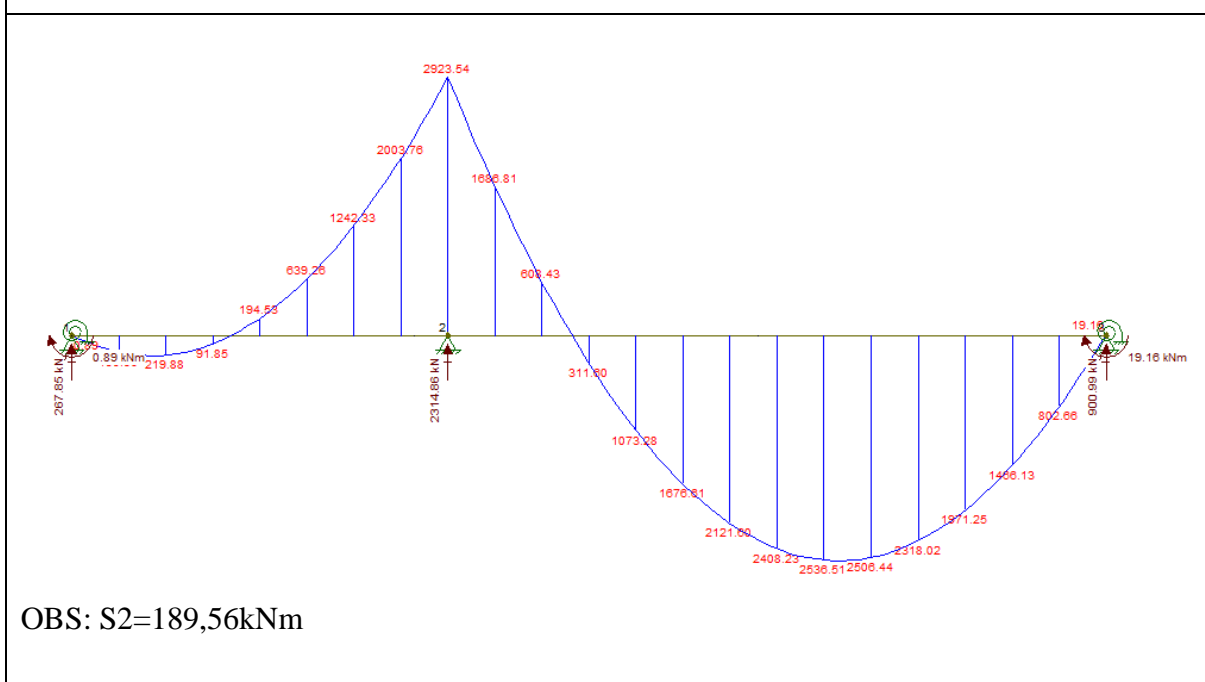


DIAGRAMA MOMENTO FLETOR

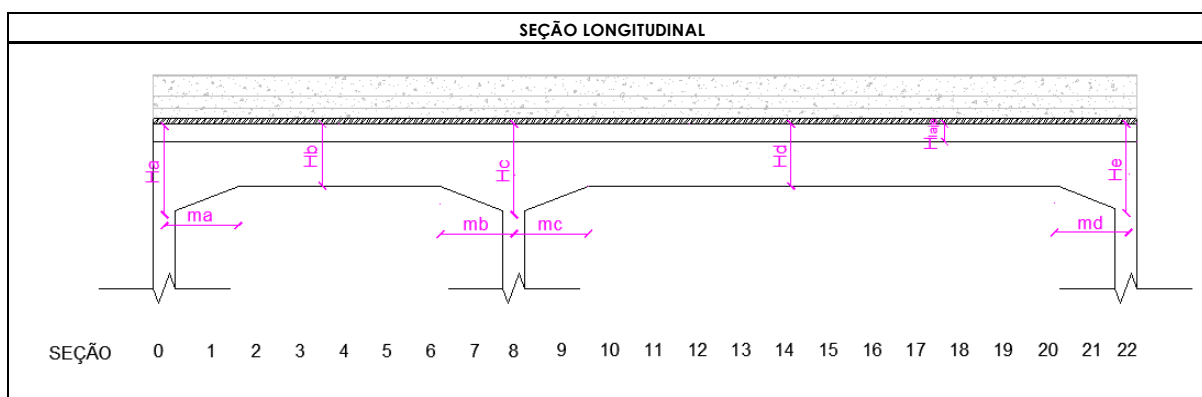


OBS: S2=189,56kNm

Não são apresentadas todas as memórias de cálculo das longarinas, entretanto, todos os resultados substanciais estão apresentados no corpo deste trabalho.

Como exemplo, para o tabuleiro A são apresentadas todas as planilhas de cálculos.

Seção Longitudinal:



h MÍSULA PILAR A	Ha	250	cm
LARGURA MISULA A	ma	200	cm
h 1º TRAMO	Hb	150	cm
LARGURA MISULA B	mb	300	cm
h MÍSULA PILAR INTERM.	Hc	250	cm
LARGURA MISULA C	mc	300	cm
h 2º TRAMO	Hd	150	cm
LARGURA MISULA D	md	200	cm
h MÍSULA PILAR B	He	250	cm

seções		
S 0	250	cm
S 1	200	cm
S 2	150	cm
S 3	150	cm
S 4	150	cm
S 5	150	cm
S 6	183	cm
S 7	217	cm
S 8	250	cm
S 9	217	cm
S 10	183	cm
S 11	150	cm
S 12	150	cm
S 13	150	cm
S 14	150	cm
S 15	150	cm
S 16	150	cm
S 17	150	cm
S 18	150	cm
S 19	150	cm
S 20	150	cm
S 21	200	cm
S 22	250	cm

Seção Análise			0,0		1,0		2,0	
Momento			Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
Descrição	Simbolo	Grandeza						
Base Viga	bw	cm	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Base Viga T	bf	cm	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0
Altura Total	h	cm	250,0	250,0	200,0	200,0	150,0	150,0
Altura laje colaborante	hf	cm	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
Altura útil viga	d	cm	225,0	244,2	180,0	194,2	135,0	144,2
h-d	d'	cm	25,0	5,8	20,0	5,8	15,0	5,8
cobrimento nominal	c	cm	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Arm. Transversal (Estimada)	Φt	mm	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
Mom. Ações Perm.	M _{sg}	kNcm/m	90,0	0,0	18.956,0	0,0	21.988,0	0,0
Mom. Cargas móveis	M _{sq}	kNcm/m	500,0	600,0	72.125,0	27.682,0	114.773,0	55.874,0
coef. Cargas móveis	φ		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mom. Cál. (Comb. Crítica)	M _{sd}	kNcm/m	1.004.109,0	125.513,6	642.629,7	80.328,7	361.479,2	127.288,0
Cálculo seção T	β _{xf}		0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Cálculo seção T	k _{cf}		4,1	4,6	3,4	3,7	2,6	2,8
Cálculo seção T	K _{ca}		14,1	19,0	14,1	18,8	14,1	6,5
Cálculo seção T	β _{xa}		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cál. T Verificação	β _{xa} > β _{xf}		<	<	<	<	<	<
Flange	M ₀	kNcm/m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	k _{s0}		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	A _{s0}	cm ² /m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Momento Nervura	ΔM	kNcm/m	1.004.109,0	125.513,6	642.629,7	80.328,7	361.479,2	127.288,0
Mom. Cál. Mínimo	md, mín	kNcm/m	1.004.109,0	125.513,6	642.629,7	80.328,7	361.479,2	45.184,9
Coef. Resistência Conc. limite	k _{c, lim}	cm ² /kN	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Mom. Cál. limite	md, lim	kNcm/m	8.710.508,6	1.282.041,1	5.574.725,5	810.705,8	3.135.783,1	446.907,6
Tipo armadura	Simplex ou Dupla		Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex
Domínio de Deformação Conc	1,2,3,4		2	2	2	2	2	2
Coef. Resistência Conc.	K _{c1}		16,13	19,00	16,13	18,77	16,13	6,53
Cálculo	β _x		0,043	0,037	0,043	0,037	0,043	0,110
Coef. Resistência aço 1	K _{s1}		0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,024
Mom. Cál. 1	M _{1d}	kNcm/m	1.004.109,0	125.513,6	642.629,7	80.328,7	361.479,2	127.288,0
Arm. Calculada 1	A _{sd1}	cm ² /m	104,5	12,0	83,6	9,7	62,7	21,2
Mom. Cál. 2	M _{2d}	kNcm/m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coef. Resistência aço 2	k _{s2}		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Arm. Calculada 2	A _{sd2}	cm ² /m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coef. Resistência aço comp	k _{s'}		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Arm. Calculada comp	A _{s'd}	kNcm/m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arm. Mínima	A _{s, mín}	cm ² /m	10,0	10,0	8,0	8,0	6,0	6,0
Arm. TOTAL A _{s0} +A _{s1} +A _{s2} +A _{s'}	A _{s, calc}	cm ² /m	104,5	12,0	83,6	9,7	62,7	21,2
Arm. Máxima	4% A _c	cm ² /m	400,0	400,0	320,0	320,0	240,0	240,0
Verificação A _{sw}	máx e mín		ok	ok	ok	ok	ok	ok
Arranjo das armaduras	A _{s, adot}	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
		mm	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
		qnt	22,0	3,0	18,0	2,0	13,0	5,0
		camadas	4,0	1,0	3,0	1,0	2,0	1,0
		máxΦ/cam	7,0	34,0	7,0	34,0	7,0	34,0
		αhoriz	atende	atende	atende	atende	atende	atende
Arm. Total	A _{s, efet}	dreal/dadot	106%	100%	105%	100%	105%	100%
		cm ² /m	108,0	14,7	88,4	9,8	63,8	24,5
Verif. Tx Armadura	efet > 95%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok
Verif. Tx Armadura	efet < 110%calc		ok	recalc	ok	ok	ok	recalc
Verif. Armadura	Ativa ou Distribuição		A _{s, ativa}	A _{s, ativa}	A _{s, ativa}	A _{s, ativa}	A _{s, ativa}	A _{s, ativa}

Seção Análise			0,0		1,0		2,0	
Momento			Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
Taxa de armadura	cm ² /m		108,0	14,7	88,4	9,8	63,8	24,5
Comprimento armadura	m		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ancoragem armadura (Bordo)	cm		291,0	87,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Qnt barras precisam ancoragem	und		9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ancoragem armadura (Lb)	cm		85,3	101,2	87,2	83,8	84,0	95,3
Comprimento Total Aço	m		93,7	5,6	18,0	2,0	13,0	5,0
Qnt kg aço	kg		368,2	22,1	70,7	7,9	51,1	19,7
Qnt kg aço + 10%	kg		405,1	24,3	77,8	8,6	56,2	21,6
Quantitativo de aço	kg		3.800,5					
Quantitativo de ARAME (1%)	kg		38,0					

3,0		4,0		5,0		6,0		7,0		8,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0
150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	183,3	183,3	216,7	216,7	250,0	250,0
32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
135,0	144,2	135,0	144,2	135,0	144,2	165,0	177,5	195,0	210,8	225,0	244,2
15,0	5,8	15,0	5,8	15,0	5,8	18,3	5,8	21,7	5,8	25,0	5,8
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
9.185,0	0,0	0,0	19.453,0	0,0	63.926,0	0,0	124.233,0	0,0	200.376,0	0,0	292.354,0
139.008,0	84.069,0	142.989,0	112.261,0	122.794,0	140.454,0	95.089,0	168.647,0	31.101,0	197.513,0	0,0	241.200,0
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
361.479,2	191.519,7	361.479,2	282.006,1	361.479,2	406.271,9	539.987,5	551.913,5	754.197,4	720.466,9	1.004.109,0	944.161,7
0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2,6	2,8	2,6	2,8	2,6	2,8	3,2	3,4	3,7	4,1	4,1	4,6
16,1	4,3	16,1	2,9	16,1	2,0	16,1	2,3	16,1	2,5	16,1	2,5
0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
361.479,2	191.519,7	361.479,2	282.006,1	361.479,2	406.271,9	539.987,5	551.913,5	754.197,4	720.466,9	1.004.109,0	944.161,7
361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9	539.987,5	67.498,4	754.197,4	94.274,7	1.004.109,0	125.513,6
1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
3.135.783,1	446.907,6	3.135.783,1	446.907,6	3.135.783,1	446.907,6	4.684.317,9	677.491,2	6.542.559,8	955.869,0	8.710.508,6	1.282.041,1
Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex
2	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
16,13	4,34	16,13	2,95	16,13	2,05	16,13	2,28	16,13	2,47	16,13	2,53
0,043	0,170	0,043	0,260	0,043	0,399	0,043	0,349	0,043	0,319	0,043	0,310
0,023	0,025	0,023	0,026	0,023	0,027	0,023	0,027	0,023	0,026	0,023	0,026
361.479,2	191.519,7	361.479,2	282.006,1	361.479,2	406.271,9	539.987,5	551.913,5	754.197,4	720.466,9	1.004.109,0	944.161,7
62,7	32,8	62,7	50,2	62,7	77,1	76,6	83,1	90,5	90,1	104,5	101,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,3	7,3	8,7	8,7	10,0	10,0
62,7	32,8	62,7	50,2	62,7	77,1	76,6	83,1	90,5	90,1	104,5	101,5
240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	293,3	293,3	346,7	346,7	400,0	400,0
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
13,0	7,0	13,0	11,0	13,0	16,0	16,0	17,0	19,0	19,0	22,0	21,0
2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	4,0	1,0
7,0	34,0	7,0	34,0	7,0	34,0	7,0	34,0	7,0	34,0	7,0	34,0
atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende
105%	100%	105%	100%	105%	100%	105%	106%	106%	100%	106%	100%
63,8	34,4	63,8	54,0	63,8	78,5	78,5	83,4	93,3	93,3	108,0	103,1
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa

3,0		4,0		5,0		6,0		7,0		8,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
63,8	34,4	63,8	54,0	63,8	78,5	78,5	83,4	93,3	93,3	108,0	103,1
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	1,0	0,0	2,0	4,7	14,0
84,0	86,5	84,0	88,7	84,0	84,0	84,6	82,8	85,0	85,4	85,3	83,7
13,0	7,0	13,0	11,0	13,0	20,2	16,0	17,8	19,0	20,7	26,0	32,7
51,1	27,5	51,1	43,2	51,1	79,4	62,9	70,1	74,7	81,4	102,1	128,6
56,2	30,3	56,2	47,6	56,2	87,3	69,2	77,1	82,1	89,5	112,4	141,5

9,0		10,0		11,0		12,0		13,0		14,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0
216,7	216,7	183,3	183,3	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
195,0	210,8	165,0	177,5	135,0	144,2	135,0	144,6	135,0	144,6	135,0	144,6
21,7	5,8	18,3	5,8	15,0	5,8	15,0	5,4	15,0	5,4	15,0	5,4
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
0,0	168.681,0	0,0	60.843,0	31.160,0	0,0	107.328,0	0,0	167.661,0	0,0	212.169,0	0,0
1.939,0	145.280,0	45.986,0	68.352,0	94.431,0	47.385,0	159.429,0	41.791,0	211.265,0	37.588,0	251.170,0	33.386,0
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
754.197,4	558.685,4	539.987,5	237.852,5	361.479,2	107.949,0	508.092,0	95.205,1	707.630,4	85.630,2	858.624,8	76.057,5
0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
3,7	4,1	3,2	3,4	2,6	2,8	2,6	2,8	2,6	2,8	2,6	2,8
16,1	3,2	16,1	5,3	16,1	7,7	11,5	8,8	8,2	9,8	6,8	11,0
0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
754.197,4	558.685,4	539.987,5	237.852,5	361.479,2	107.949,0	508.092,0	95.205,1	707.630,4	85.630,2	858.624,8	76.057,5
754.197,4	94.274,7	539.987,5	67.498,4	361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9
1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
6.542.559,8	955.869,0	4.684.317,9	677.491,2	3.135.783,1	446.907,6	3.135.783,1	449.702,3	3.135.783,1	449.702,3	3.135.783,1	449.702,3
Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
16,13	3,18	16,13	5,30	16,13	7,70	11,48	8,78	8,24	9,77	6,79	11,00
0,043	0,238	0,043	0,137	0,043	0,093	0,061	0,081	0,086	0,072	0,105	0,064
0,023	0,025	0,023	0,024	0,023	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
754.197,4	558.685,4	539.987,5	237.852,5	361.479,2	107.949,0	508.092,0	95.205,1	707.630,4	85.630,2	858.624,8	76.057,5
90,5	67,4	76,6	32,6	62,7	17,9	88,7	15,6	124,9	14,0	152,7	12,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8,7	8,7	7,3	7,3	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
90,5	67,4	76,6	32,6	62,7	17,9	88,7	15,6	124,9	14,0	152,7	12,4
346,7	346,7	293,3	293,3	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
32,0	25,0	32,0	25,0	32,0	25,0	32,0	16,0	32,0	16,0	32,0	16,0
12,0	14,0	10,0	7,0	8,0	4,0	12,0	8,0	16,0	7,0	19,0	6,0
2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	3,0	1,0	4,0	1,0
6,0	34,0	6,0	34,0	6,0	34,0	6,0	43,0	6,0	43,0	6,0	43,0
atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende
107%	100%	106%	100%	105%	100%	105%	100%	103%	100%	101%	100%
96,5	68,7	80,4	34,4	64,3	19,6	96,5	16,1	128,7	14,1	152,8	12,1
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa

9,0		10,0		11,0		12,0		13,0		14,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
96,5	68,7	80,4	34,4	64,3	19,6	96,5	16,1	128,7	14,1	152,8	12,1
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	7,0	0,0	3,0	0,0	0,7	4,0	1,0	4,0	1,0	3,0	0,0
112,6	84,1	110,9	86,9	108,4	90,6	114,8	54,3	108,8	53,0	105,7	51,3
12,0	19,9	10,0	9,6	8,0	4,7	16,6	8,5	20,4	7,5	22,2	6,0
74,9	78,2	62,4	37,8	49,9	18,3	103,5	13,4	127,0	11,8	138,3	9,4
82,4	86,0	68,6	41,5	54,9	20,1	113,9	14,8	139,7	13,0	152,2	10,4

15,0		16,0		17,0		18,0		19,0		20,0		21,0		22,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0
150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	200,0	200,0	250,0	250,0
32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
135,0	144,6	135,0	144,6	135,0	144,6	135,0	144,6	135,0	144,6	135,0	144,6	180,0	194,6	225,0	244,6
15,0	5,4	15,0	5,4	15,0	5,4	15,0	5,4	15,0	5,4	15,0	5,4	20,0	5,4	25,0	5,4
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
240.823,0	0,0	253.651,0	0,0	250.644,0	0,0	231.802,0	0,0	197.125,0	0,0	146.613,0	0,0	80.266,0	0,0	0,0	1.918,0
277.370,0	29.184,0	288.084,0	24.982,0	281.829,0	20.779,0	257.357,0	16.577,0	221.171,0	12.375,0	167.834,0	8.172,0	94.350,0	3.970,0	237,0	1.978,0
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
956.994,6	66.484,8	998.720,2	56.912,1	980.411,1	47.337,2	899.224,1	45.184,9	769.973,9	45.184,9	580.274,4	45.184,9	642.629,7	80.328,7	1.004.109,0	125.513,6
0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
2,6	2,8	2,6	2,8	2,6	2,8	2,6	2,8	2,6	2,8	2,6	2,8	3,4	3,7	4,1	4,6
6,1	12,6	5,8	14,7	5,9	17,7	6,5	18,5	7,6	18,5	10,1	18,5	16,1	18,9	16,1	19,1
0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
956.994,6	66.484,8	998.720,2	56.912,1	980.411,1	47.337,2	899.224,1	45.184,9	769.973,9	45.184,9	580.274,4	45.184,9	642.629,7	80.328,7	1.004.109,0	125.513,6
361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9	361.479,2	45.184,9
1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
3.135.783,1	449.702,3	3.135.783,1	449.702,3	3.135.783,1	449.702,3	3.135.783,1	449.702,3	3.135.783,1	449.702,3	3.135.783,1	449.702,3	5.574.725,5	814.468,3	8.710.508,6	1.286.771,4
Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6,09	12,58	5,84	14,70	5,95	17,67	6,49	18,51	7,57	18,51	10,05	18,51	16,13	18,86	16,13	19,07
0,118	0,056	0,124	0,048	0,121	0,039	0,111	0,038	0,094	0,038	0,070	0,038	0,043	0,037	0,043	0,037
0,024	0,024	0,024	0,023	0,024	0,023	0,024	0,023	0,024	0,023	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
956.994,6	66.484,8	998.720,2	56.912,1	980.411,1	47.337,2	899.224,1	45.184,9	769.973,9	45.184,9	580.274,4	45.184,9	642.629,7	80.328,7	1.004.109,0	125.513,6
171,1	10,8	179,0	9,2	175,5	7,7	160,3	7,3	136,3	7,3	101,7	7,3	83,6	9,6	104,5	12,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	8,0	10,0	10,0
171,1	10,8	179,0	9,2	175,5	7,7	160,3	7,3	136,3	7,3	101,7	7,3	83,6	9,6	104,5	12,0
240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0	320,0	320,0	400,0	400,0
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
32,0	16,0	32,0	16,0	32,0	16,0	32,0	16,0	32,0	16,0	32,0	16,0	32,0	16,0	32,0	16,0
22,0	6,0	23,0	5,0	22,0	4,0	20,0	4,0	17,0	4,0	13,0	4,0	11,0	5,0	13,0	6,0
4,0	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	2,0	1,0	3,0	1,0
6,0	43,0	6,0	43,0	6,0	43,0	6,0	43,0	6,0	43,0	6,0	43,0	6,0	43,0	6,0	43,0
atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende
101%	100%	101%	100%	101%	100%	101%	100%	103%	100%	103%	100%	106%	100%	106%	100%
176,9	12,1	185,0	10,1	176,9	8,0	160,8	8,0	136,7	8,0	104,6	8,0	88,5	10,1	104,6	12,1
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
ok	recalc	ok	ok	ok	ok	ok	recalc	ok	recalc	ok	recalc	ok	ok	ok	ok
As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa

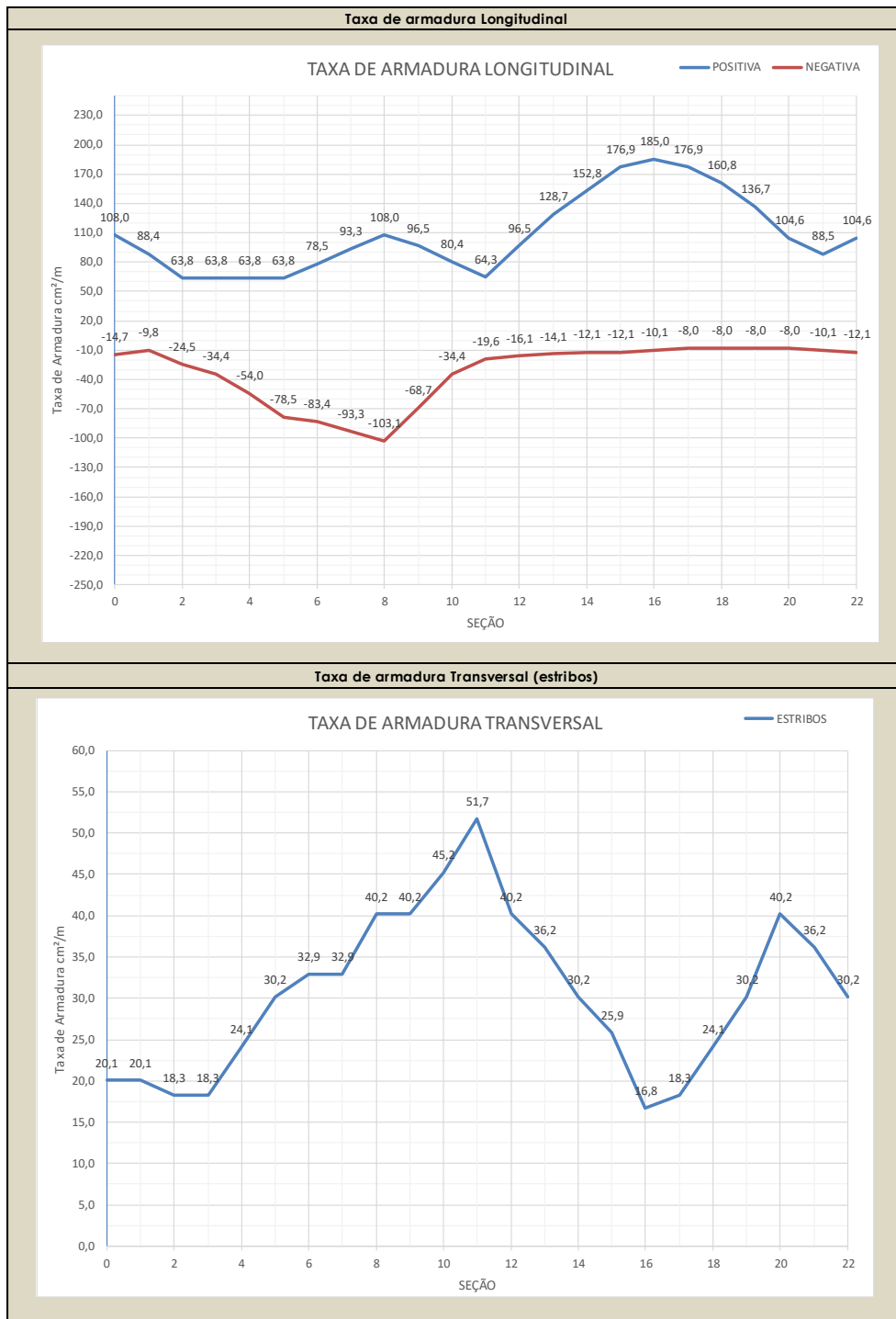
15,0		16,0		17,0		18,0		19,0		20,0		21,0		22,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
176,9	12,1	185,0	10,1	176,9	8,0	160,8	8,0	136,7	8,0	104,6	8,0	88,5	10,1	104,6	12,1
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	396,6	108,8
0,0	1,0	1,0	0,0	2,0	0,0	3,0	0,0	4,0	0,0	2,0	0,0	0,0	1,0	2,0	1,0
109,2	58,9	109,1	57,5	106,4	55,5	106,0	58,2	105,9	58,2	108,5	58,2	111,8	55,1	105,7	53,2
22,0	6,6	24,1	5,0	24,1	4,0	23,2	4,0	21,2	4,0	15,2	4,0	11,0	5,6	66,7	13,1
137,3	10,3	150,3	7,9	150,6	6,3	144,6	6,3	132,5	6,3	94,7	6,3	68,6	8,7	416,0	20,5
151,0	11,4	165,4	8,6	165,6	6,9	159,1	6,9	145,8	6,9	104,1	6,9	75,5	9,6	457,6	22,6

Seção Análise		0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Cortante. Ações Perm.	Vsg	267,9	199,5	58,9	207,2	365,6	523,9	682,3
	kN							
Cortante Cargas móveis	Vsg	885,4	711,5	550,1	402,9	491,1	613,7	796,3
	kN							
coef. Cargas móveis	φ	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Cortante Cál. (Comb. Crítica)	Vsd	2.378,5	1.890,2	1.332,6	1.197,6	1.612,3	2.105,4	2.735,1
	kN							
Inclinação Bieias comprimidas	θ	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
	°							
Compressão Concreto	Vrd2	4.689,9	3.746,6	2.803,3	2.803,3	2.803,3	2.803,3	3.417,3
	kN							
Cálculo Armadura	Vc0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	kN							
Cálculo Armadura	Vc1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	kN							
Cálculo Armadura	Asw	20,0	19,9	18,8	16,9	22,7	29,6	31,6
	cm²/m							
Cálculo Armadura	Vsd,min	547,0	437,0	327,0	327,0	327,0	326,9	398,6
	kN							
Cálculo Armadura	As,min	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
	cm²/m							
Cálculo Armadura	Øt	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
	mm							
Cálculo Armadura	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/
Arm. Transversal	s	18,0	18,0	11,0	11,0	15,0	12,0	11,0
	cm							
Arm. Transversal	ramos	4,0	4,0	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0
Arm. Transversal	Asw,efet	20,1	20,1	18,3	18,3	24,1	30,2	32,9
	cm²/m							
Verificação se As efel > 95%*calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Verificação se As efel < 110%*calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Qnt aço	Asw	11,0	18,8	7,9	7,9	15,7	15,7	17,8
	kg/m							
Qnt aço + 10 %	Asw	12,1	20,7	8,6	8,6	17,3	17,3	19,6
	kg/m							
Qnt TOTAL AÇO		379,94		kg				

7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
840,7	1.315,9	1.157,6	999,2	840,9	682,5	524,2	365,8
946,6	1.278,4	1.186,0	1.089,0	988,6	884,9	779,3	673,0
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
3.291,4	4.688,8	4.264,6	3.829,8	3.387,4	2.937,2	2.483,0	2.027,0
38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
4.075,8	4.689,9	4.106,5	3.447,9	2.789,4	2.789,4	2.738,1	2.686,7
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31,9	39,4	41,0	43,8	47,9	41,5	35,8	29,8
475,3	546,9	478,9	402,1	325,3	325,3	319,3	313,4
4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/
11,0	9,0	9,0	8,0	7,0	9,0	10,0	12,0
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
32,9	40,2	40,2	45,2	51,7	40,2	36,2	30,2
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
19,9	22,0	19,9	17,8	15,7	15,7	15,7	15,7
21,9	24,2	21,9	19,6	17,3	17,3	17,3	17,3

15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0
297,5	49,1	109,2	267,6	425,9	584,3	742,6	901,0
566,8	461,6	484,7	587,6	698,7	817,4	943,2	1.075,6
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1.692,8	1.117,9	1.251,6	1.699,9	2.166,7	2.650,9	3.151,4	3.666,8
38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
2.686,7	2.686,7	2.686,7	2.686,7	2.738,1	2.738,1	3.777,2	4.713,6
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24,9	16,4	18,4	25,0	31,2	38,2	32,9	30,7
313,4	313,4	313,4	313,4	319,3	319,3	440,5	549,7
4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/
14,0	12,0	11,0	15,0	12,0	9,0	10,0	12,0
4,0	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
25,9	16,8	18,3	24,1	30,2	40,2	36,2	30,2
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
15,7	7,9	7,9	15,7	15,7	15,7	18,8	11,0
17,3	8,6	8,6	17,3	17,3	17,3	20,7	12,1

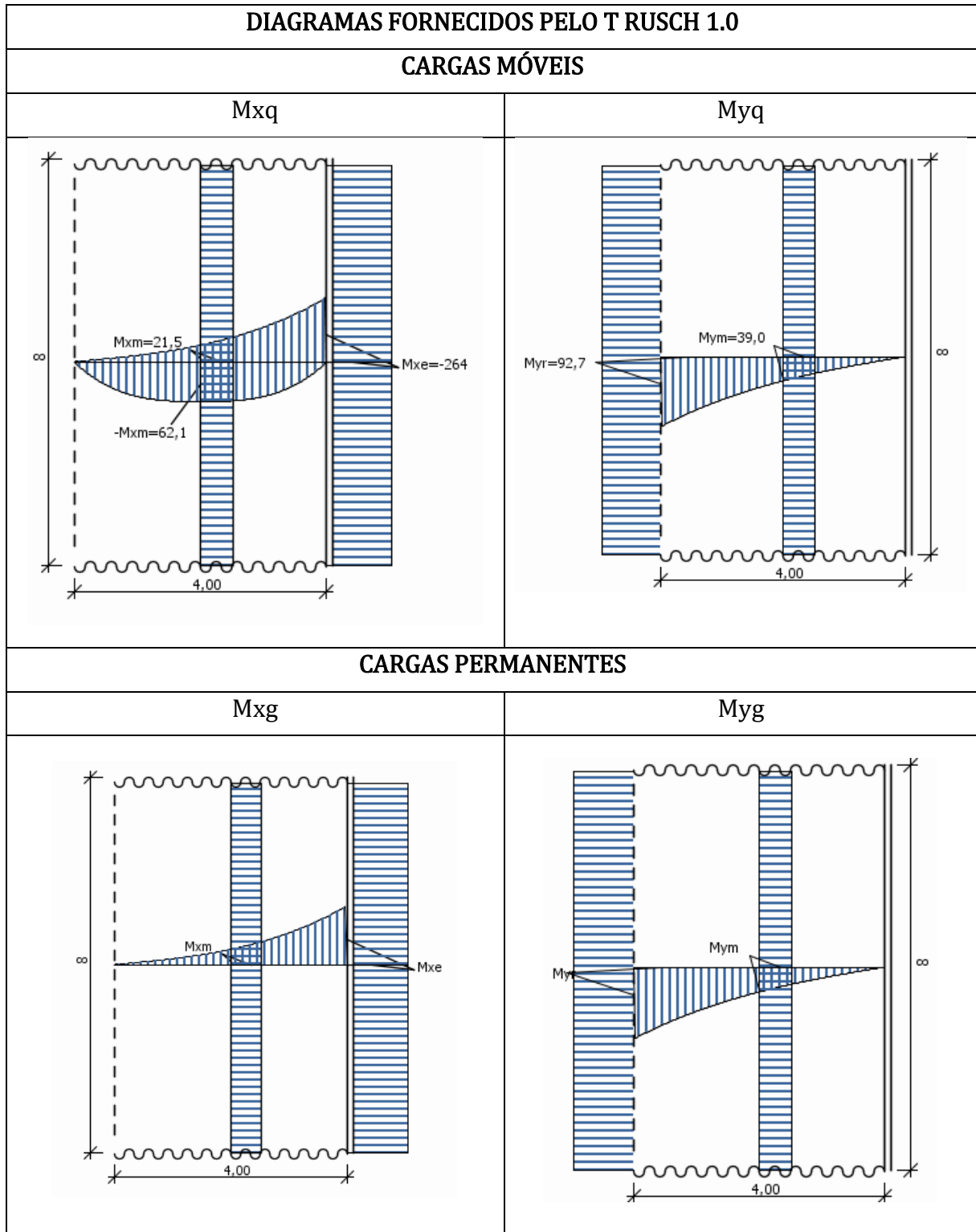
Gráficos de Taxa de Armaduras



TABULEIRO B

Cálculo das lajes

CÁLCULO L1=L4



CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes				
Elemento	Tipo carregamento	carga		braço (m)
Barreira New Jersey	Concentrado	6,54	kN/m	0,15
subtotal		6,54	kN/m	
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²	
Laje + mísulas	Distribuído	8,13	kN/m ²	
subtotal		10,89	kN/m²	

DIAGRAMAS FTOOL

DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

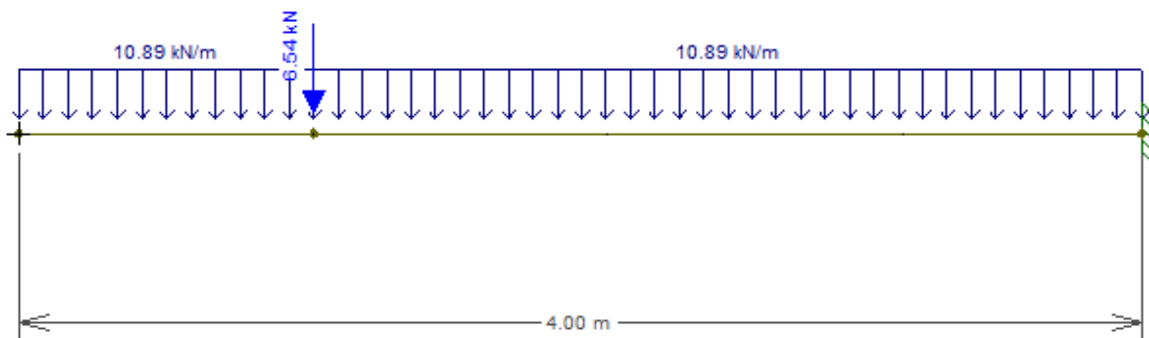
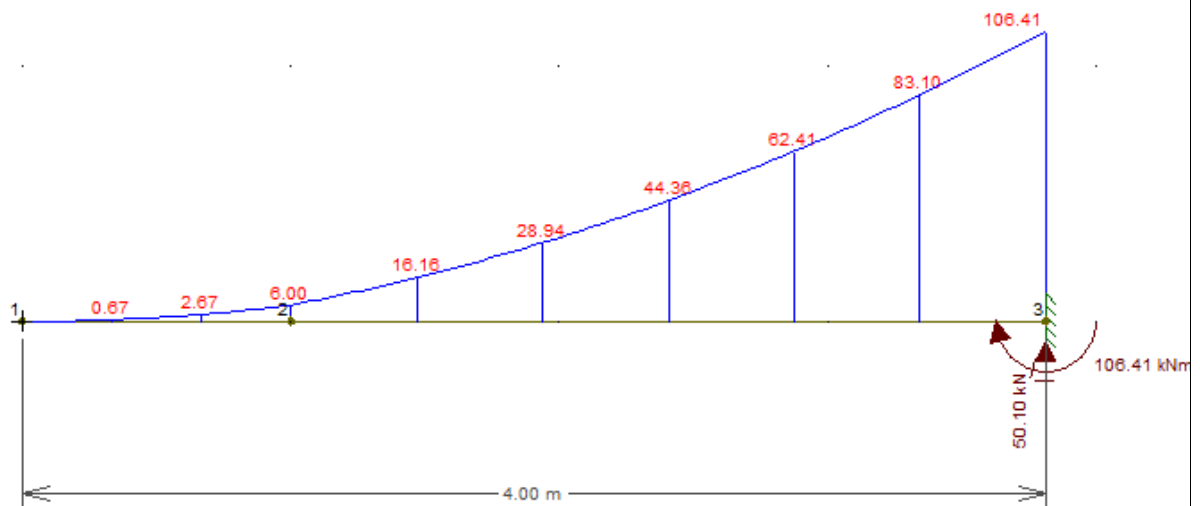
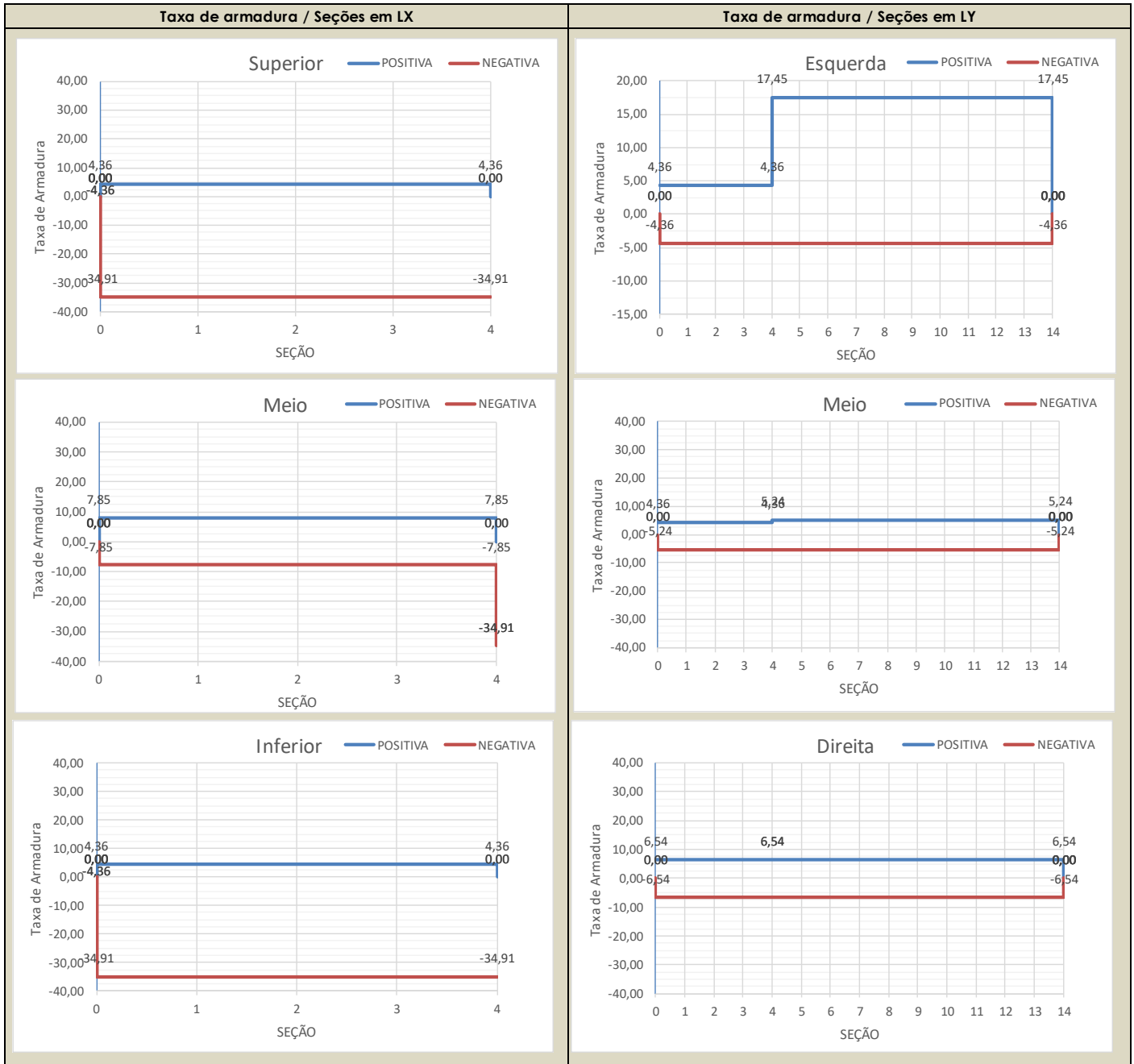


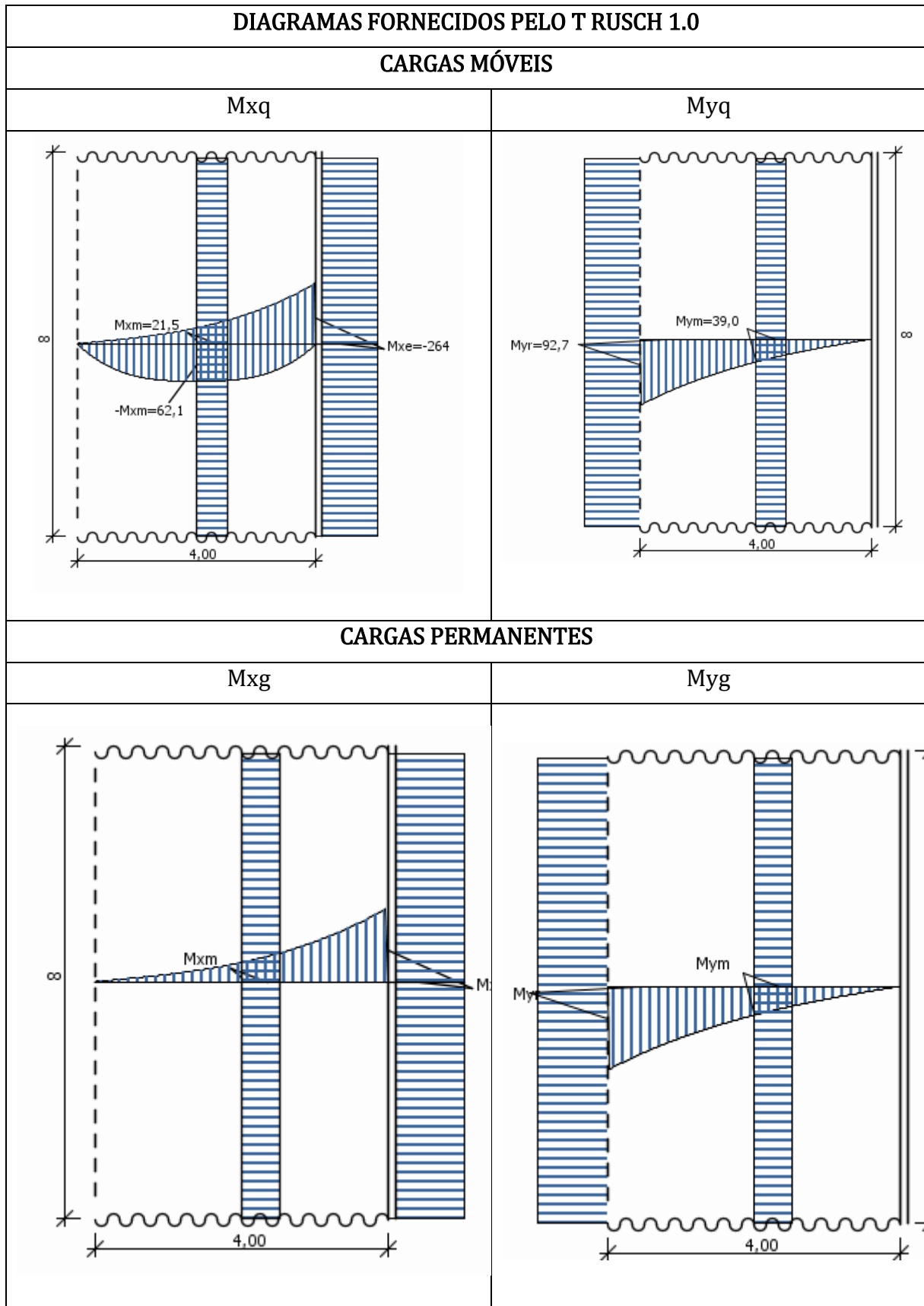
DIAGRAMA MOMENTO FLETOR (kNm) - M_{xg}



MEMORIAL DE CÁLCULO ARMADURA LONGITUDINAL																											
Borda		Superior						Inferior						Direita			Esquerda			Meio do vão							
Direção		LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY			
Seção		Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe		
Momento		Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo		
Armação		Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária		
Descrição		Simbolo	Grandezas																								
Base Viga		bw	cm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Altura Total		h	cm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
Altura útil laje		d	cm	27	26	26	27	27	26	26	27	27	26	26	27	27	26	26	27	27	26	26	27	27	26		
h-d		d'	cm	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4		
cobrimento nominal		c	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		
Arm. Transversal		Ø	mm	0	10	10	0	0	10	10	0	0	10	10	0	0	10	10	0	0	10	10	0	0	10	10	
Mom. Ações Perm.		Msg	kNcm/m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Mom. Cargas móveis		Msq	kNcm/m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
coef. Cargas móveis		φ		1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688		
Mom. Cál. (Comb. Crítica)		Msd	kNcm/m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Coef. Resistência Conc.		Kc		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Cálculo		βx		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Coef. Resistência aço		Ks		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Arm. Mínima		As.mín	cm²/m	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50		
Arm. Calculada		As.calc		4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50		
Arm. Máxima		4% Ac	cm²	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120		
Verificação		φ _{max e min}		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		
Arranjo das armaduras		As.adot		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
				c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/		
				18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18		
Arm. Total		As.efet	cm²/m	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36			
Verif. Tx Armadura		efet > 95%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		
Verif. Tx Armadura		efet > 110%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		
Verif. Armadura		Ativa ou Distribuição		As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist	As.dist		

DIMENSÕES LAJE		QUANTITATIVO DE AÇO																								
LX	LY	ARMADURA POSITIVA								ARMADURA NEGATIVA																
DIREÇÃO ARMAÇÃO	SEÇÃO EM Y	POSIÇÃO EM X				POSIÇÃO EM X				POSIÇÃO EM X				POSIÇÃO EM X												
		A	c/	Φ	cm	A	c/	Φ	cm	A	c/	Φ	cm	A	c/	Φ	cm									
LX	SUP	arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	20,00	c/	9,00			
		comprimento	0,00				400,00																	400,00		
		comp.total+ancoragem/m	0,00				2588,89																	5863,89		
	MEIO	arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	0,00	10,00	c/	10,00	c/	10,00	c/	10,00	20,00	c/	9,00		
		comprimento	0,00				400,00																	400,00		
		comp.total+ancoragem/m	0,00				4660,00																	5790,56		
	INF	arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	0,00	10,00	c/	10,00	c/	10,00	c/	10,00	20,00	c/	9,00		
		comprimento	0,00				400,00																	400,00		
		comp.total+ancoragem/m	0,00				2588,89																	5863,89		
	LY	ESQ	arranjo	0,00	c/	0,00	20,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	0,00	c/	0,00	
			comprimento	400,00				1000,00																	1400,00	
			comp.total+ancoragem/m	2636,11				6197,22																	7777,78	
MEIO		arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	15,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	0,00	10,00	c/	15,00	0,00	c/	15,00	0,00	0,00	c/	0,00		
		comprimento	400,00				1000,00																	1400,00		
		comp.total+ancoragem/m	2608,33				6923,33																	9333,33		
DIR		arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	12,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	0,00	10,00	c/	12,00	0,00	c/	12,00	0,00	0,00	c/	0,00		
		comprimento	400,00				1000,00																	1400,00		
		comp.total+ancoragem/m	3954,17				8608,33																	11666,67		
RESUMO ARMADURA		NEGATIVA		PESO +10 % (kg)		2243,44																				
POSITIVA		PESO +10 % (kg)		1087,66																						
		TOTAL		3331,10																						





CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes				
Elemento	Tipo carregamento	carga		braço (m)
Barreira New Jersey	Concentrado	6,54	kN/m	0,15
subtotal		6,54	kN/m	
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²	
Laje + mísulas	Distribuído	8,13	kN/m ²	
subtotal		10,89	kN/m²	

DIAGRAMAS FTOOL

DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

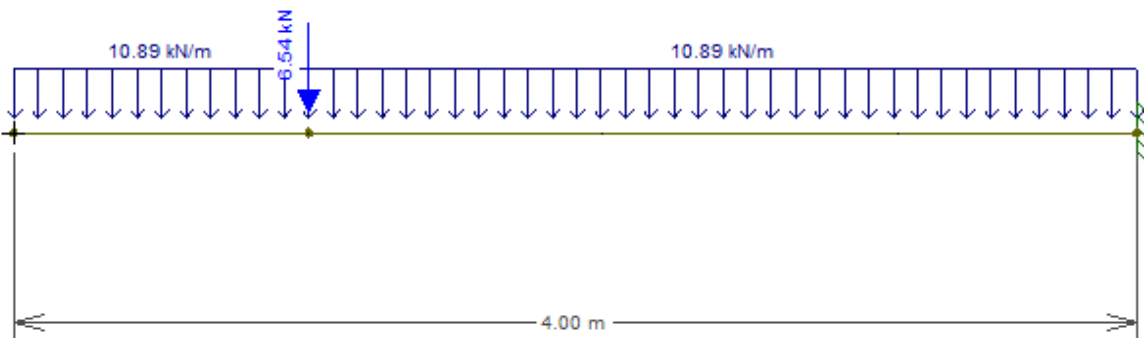
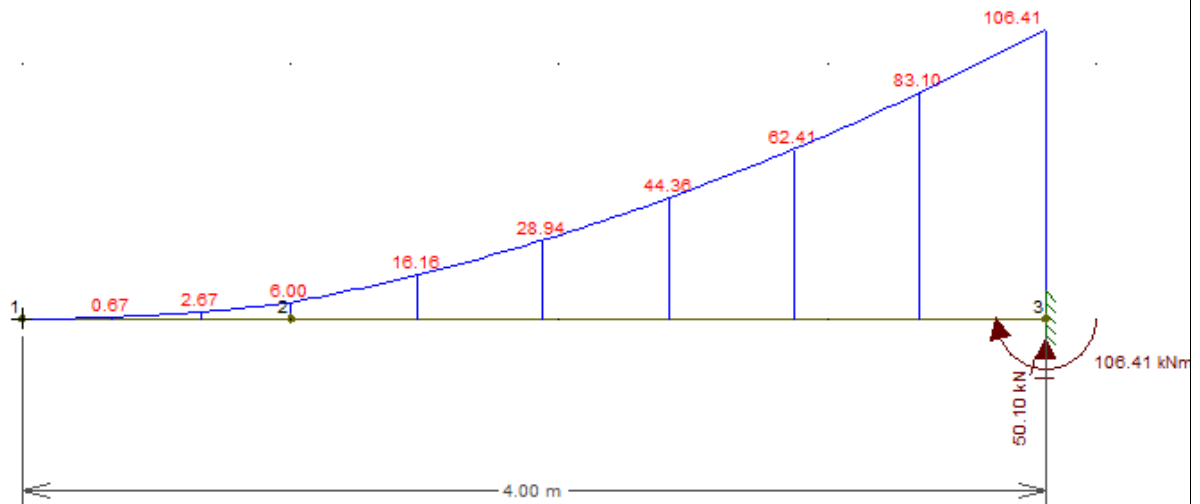
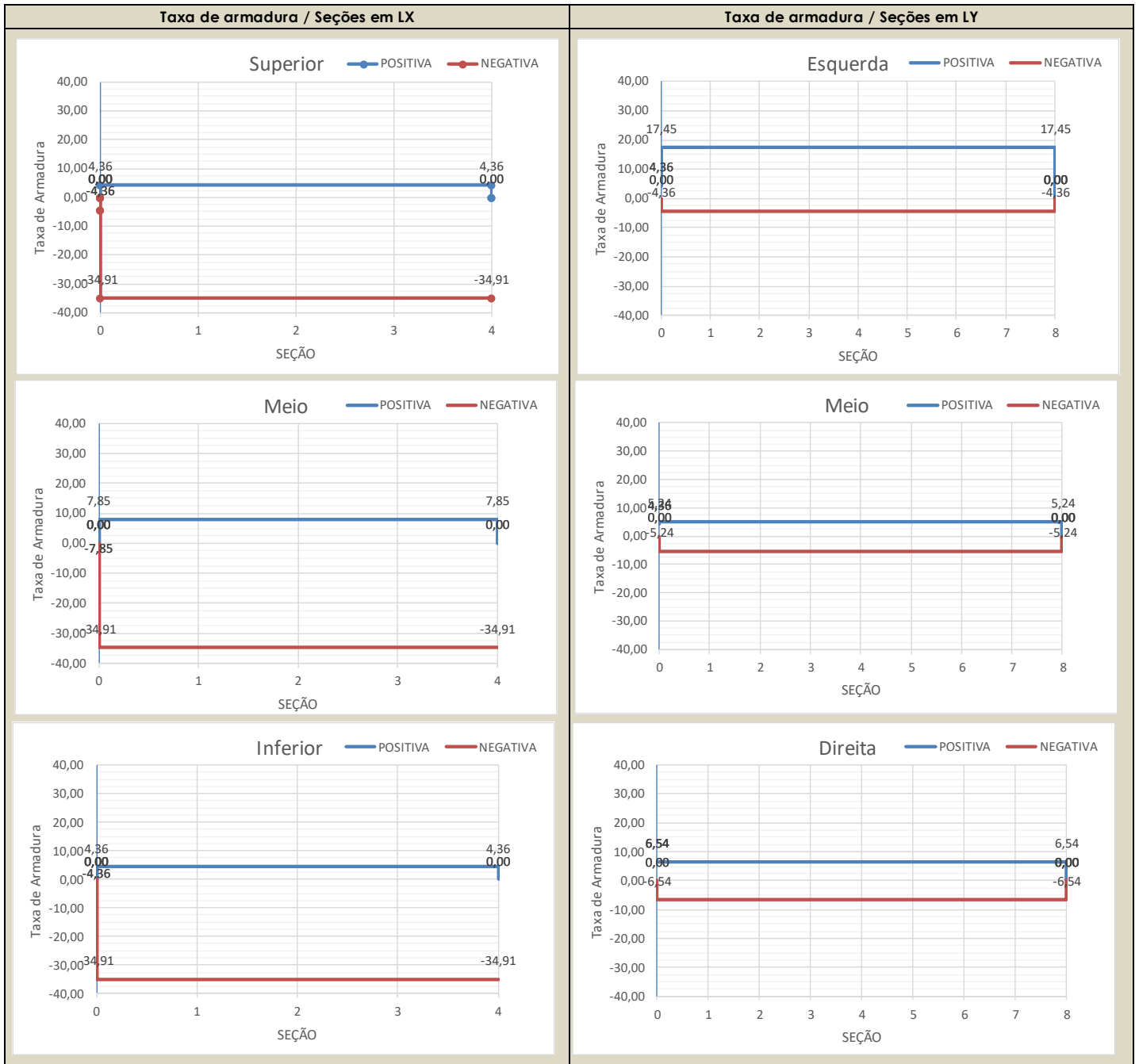


DIAGRAMA MOMENTO FLETOR (kNm) - M_{xg}

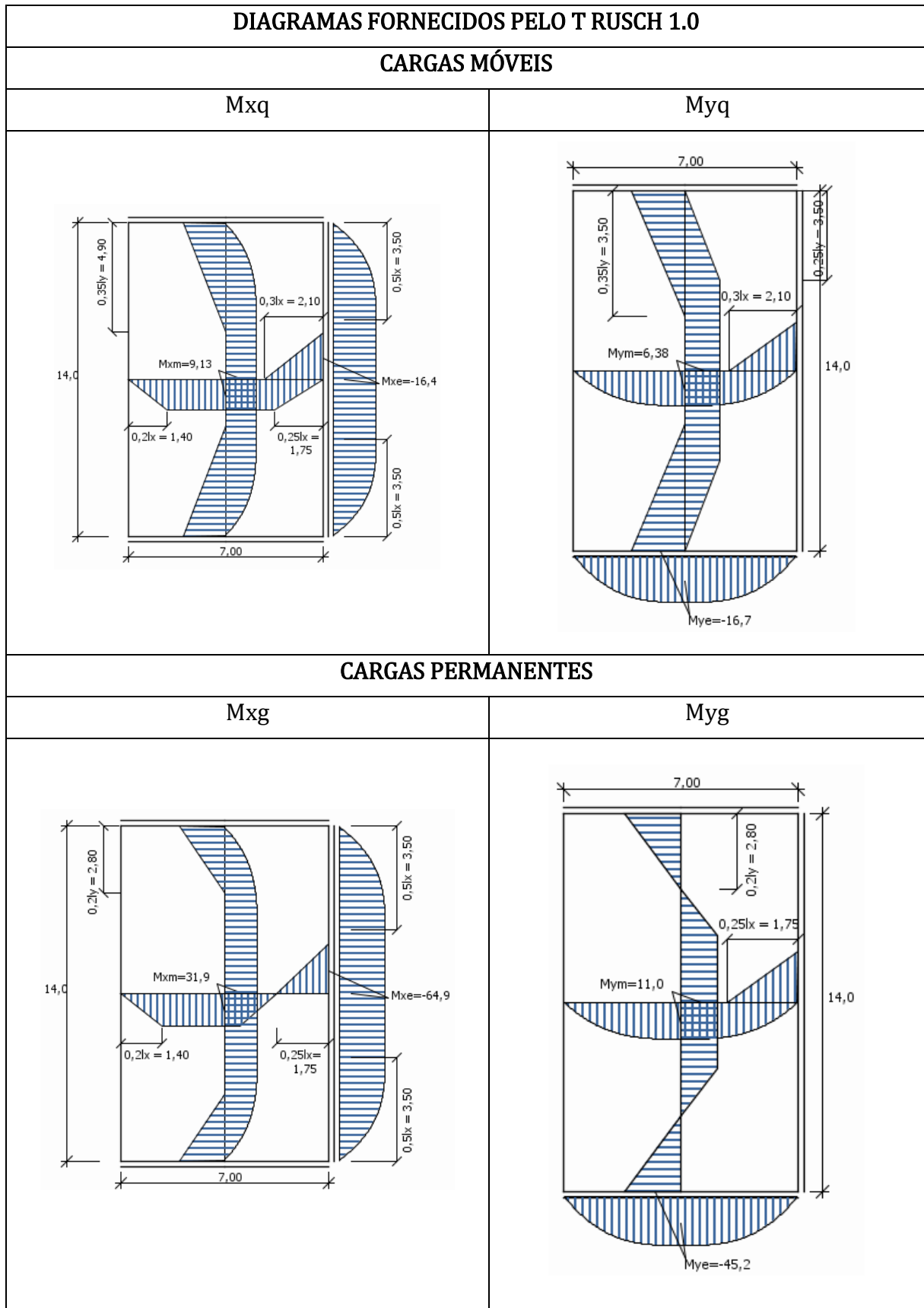


Borda		MEMORIAL DE CÁLCULO ARMADURA LONGITUDINAL																									
		Superior				Inferior				Direita				Esquerda				Meio do vão									
Direção	Seção	LX	Mxe	Mxe	LY	Mxe	Mxe	LY	Mxe	Mxe	LY	Mxe	Mxe	LY	Mxe	Mxe	LY	Mxe	Mxe	LY	Mxe	Mxe	LY	Mxe	Mxe	LY	
Momento		Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
Armação		Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária
Descrição	Simbolo	Grandeza																									
Base Viga	bw	cm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Altura Total	h	cm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Altura útil	d	cm	27	26	27	27	26	26	27	27	26	26	27	27	26	26	27	26	27	27	26	26	27	26	26	27	26
h-d	d'	cm	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	3	4	4
cobrimento nominal	c	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Arm. Transversal	Φ	mm	0	10	10	0	10	10	0	10	10	0	10	10	0	10	10	0	10	10	0	10	10	0	10	10	10
Mom. Ações Perm.	M _{sg}	kNcm/m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mom. Cargas móveis	M _{sq}	kNcm/m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
coef. Cargas móveis	φ		1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688
Mom. Cál. (Comb. Crítica)	M _{sd}	kNcm/m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coef. Resistência Conc.	Kc		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cálculo	βx		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coef. Resistência aço	Ks		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arm. Mínima	As,min	cm²/m	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Arm. Calculada	As,calc	cm²	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Arm. Máxima	4% Ac	cm²	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Verificação	Verificação		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Arranjo das armaduras	As,adot	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
		mm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/
		cm	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Arm. Total	As,efet	cm²/m	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	
Verif. Tx Armadura	efet > 95%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Verif. Tx Armadura	efet > 110%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Verif. Armadura	Ativa ou Distribuição		As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist	As,dist
			As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa	As,ativa

DIMENSÕES LAJE		QUANTITATIVO DE AÇO																
LX	LY	SEÇÃO EM Y				ARMADURA POSITIVA				ARMADURA NEGATIVA								
4,00	8,00	POSICÃO EM X				POSICÃO EM X				POSICÃO EM X								
m	m	A	Φ	c/	A	Φ	c/	A	Φ	c/	A	Φ	c/	A	Φ	c/		
DIREÇÃO ARMAÇÃO	LX	SUP	arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	
			comprimento	0,00			400,00			0,00			0,00			0,00		
			comp.total+ancoragem/m	0,00			2588,89			0,00			0,00			0,00		
				comp.distribuição	0,00			0,00			0,00			0,00				
				peso (kg)	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	10,00	c/	10,00	20,00	c/
				arranjo	0,00			400,00			0,00			0,00				
				comprimento	0,00			4640,00			0,00			0,00				
				comp.total+ancoragem/m	0,00			8,00			8,00			8,00				
				comp.distribuição	0,00			232,63			0,00			0,00				
				peso (kg)	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	20,00	c/
				arranjo	0,00			400,00			0,00			0,00				
				comprimento	0,00			2588,89			0,00			0,00				
		comp.total+ancoragem/m	0,00			0,00			0,00			0,00						
		comp.distribuição	0,00			0,00			0,00			0,00						
		peso (kg)	0,00			0,00			0,00			0,00						
DIREÇÃO ARMAÇÃO	LY	ESQ	arranjo	10,00	c/	18,00	20,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	
			comprimento	400,00			400,00			0,00			0,00			800,00		
			comp.total+ancoragem/m	2636,11			2843,89			0,00			4444,44			0,00		
				comp.distribuição	4,00			4,00			0,00		0,00			0,00		
				peso (kg)	65,80			284,10			0,00		0,00			0,00		
				arranjo	10,00	c/	18,00	10,00	c/	15,00	0,00	c/	0,00	10,00	c/	15,00	0,00	c/
				comprimento	400,00			400,00			0,00			800,00				
				comp.total+ancoragem/m	2408,33			2923,33			0,00		5333,33			0,00		
				comp.distribuição	0,00			0,00			0,00		4,00			4,00		
				peso (kg)	0,00			0,00			0,00		133,12			0,00		
				arranjo	10,00	c/	12,00	10,00	c/	12,00	0,00	c/	0,00	10,00	c/	12,00	0,00	c/
				comprimento	400,00			400,00			0,00			800,00				
		comp.total+ancoragem/m	3954,17			3608,33			0,00		6666,67			0,00				
		comp.distribuição	0,00			0,00			0,00		0,00			0,00				
		peso (kg)	0,00			0,00			0,00		0,00			0,00				
RESUMO ARMADURA																		
NEGATIVA		PESO +10 % (kg)																
POSITIVA		PESO +10 % (kg)																
		TOTAL																



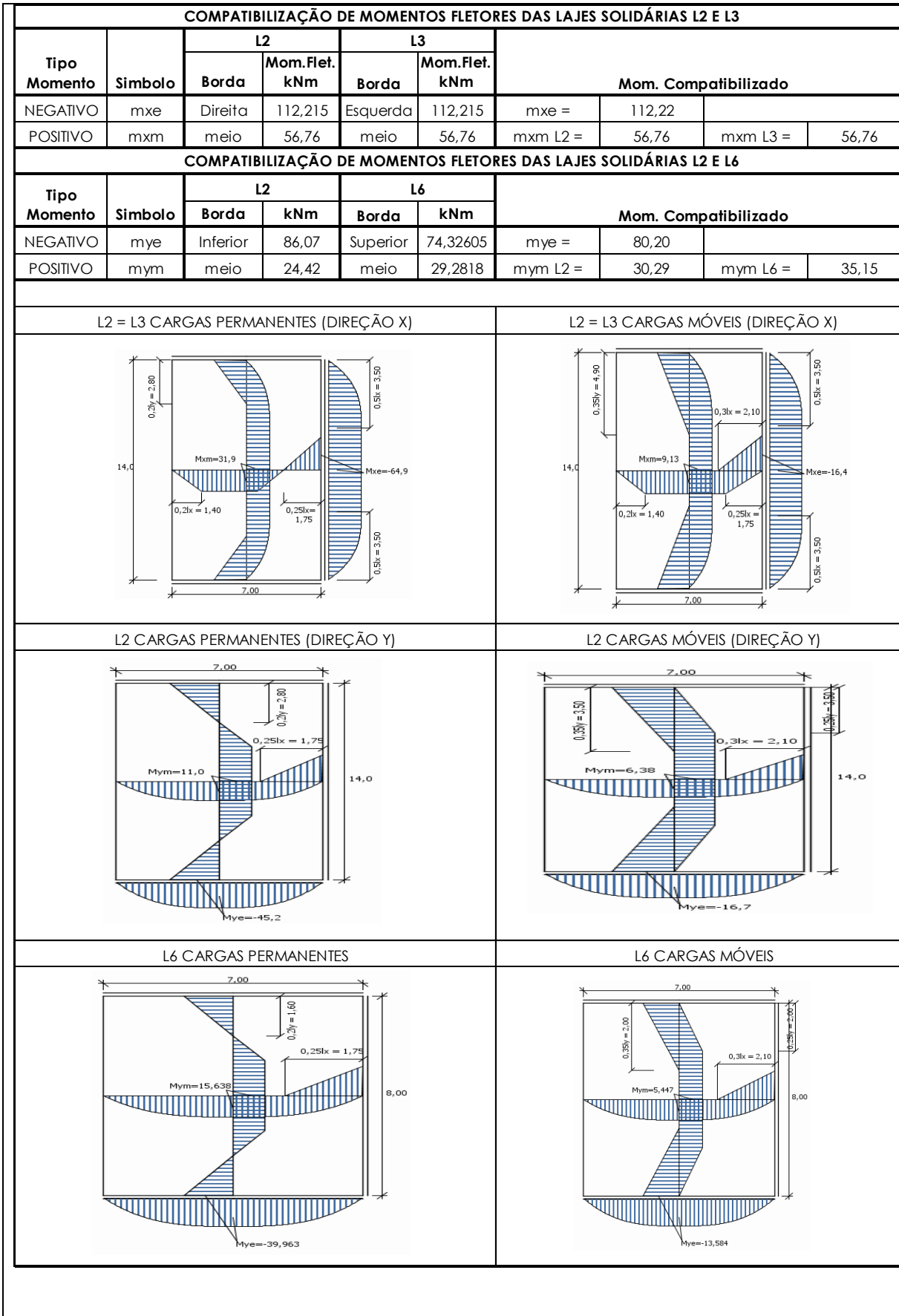
CÁLCULO L2=L3



CARGAS PERMANENTES

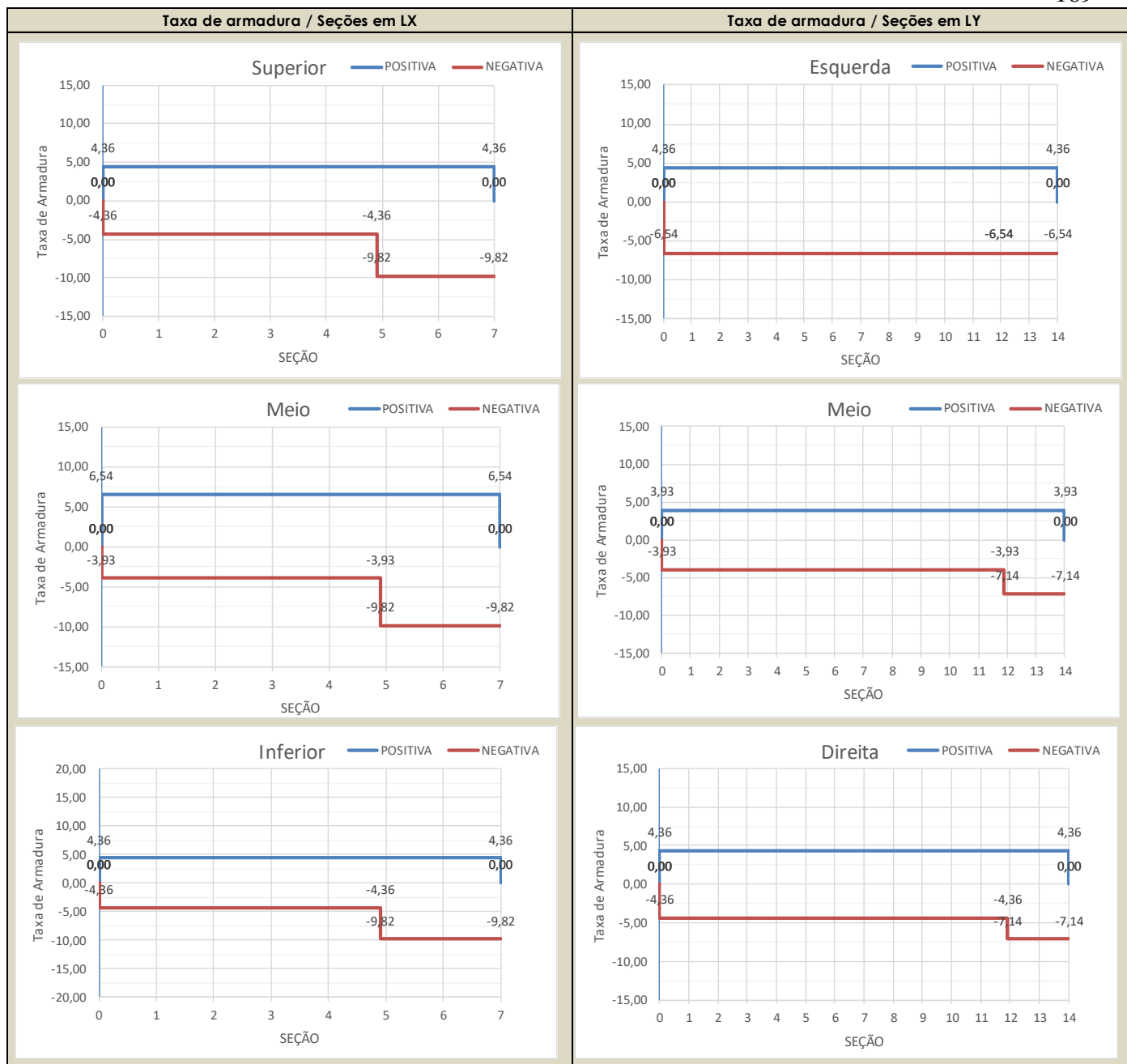
Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	0,93	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	8,13	kN/m ²
subtotal		11,82	kN/m²

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES

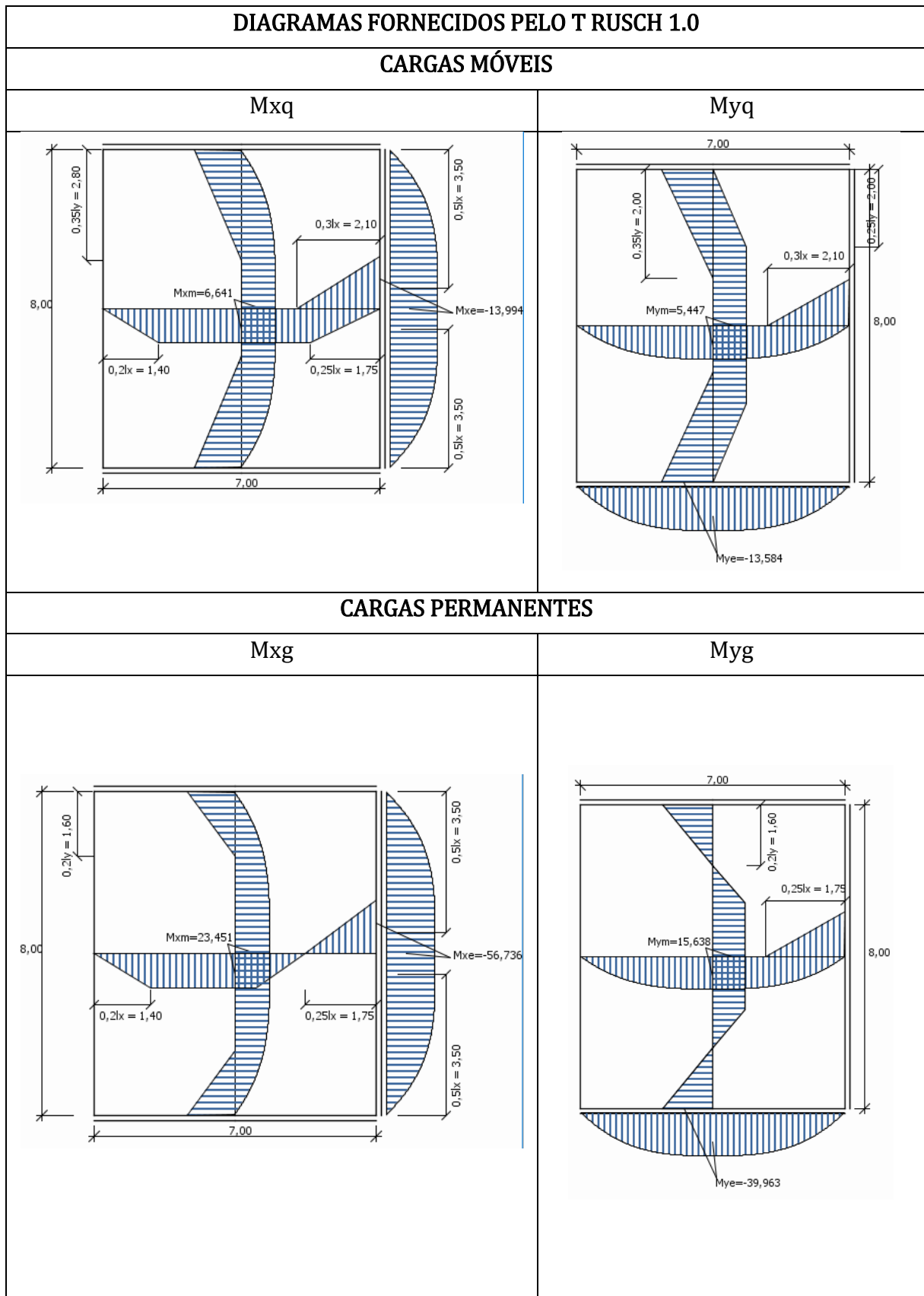


MEMORIAL DE CÁLCULO ARMADURA LONGITUDINAL																					
Borda	Superior				Inferior				Direita				Esquerda				Meio do vão				
	LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY		LX		LY		
Direção	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxm	Mym	
Seção	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	
Momento	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	
Armação																					
Descrição	Símbolo	Grandeza																			
Base Viga	bw	cm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Altura Total	h	cm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	25	25	25	25	
Altura útil laje	d	cm	27	26	26	27	26	26	27	26	26	26	26	26	27	26	22	22	22	21	
h-d	d'	cm	3	4	4	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	4	
cobrimento nominal	c	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Arm. Transversal	øt	mm	0	10	10	0	10	10	0	10	10	0	10	10	0	10	0	0	0	10	10
Mom. Ações Perm.	M _{sg}	kNcm/m	0	3190	0	4520	0	4520	0	6490	0	1100	0	0	0	0	0	0	3190	0	1100
Mom. Cargas móveis	M _{sq}	kNcm/m	0	913	0	1670	0	1670	0	1640	0	1670	0	0	0	0	0	913	0	638	0
coef. Cargas móveis	φ	kNcm/m	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	
Mom. Cálcl (Comb. Crítica)	M _{sd}	kNcm/m	0,0	4559,5	0,0	7025,0	0,0	8020,0	0,0	11122,0	0,0	3605,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5676,0	0,0	3029,0	0,0	
Coef. Resistência Conc.	Kc		-	14,826	-	10,377	-	9,090	-	6,555	-	18,752	-	-	-	-	8,527	-	14,559	-	
Cálculo	βx		-	0,047	-	0,068	-	0,078	-	0,109	-	0,037	-	-	-	-	0,083	-	0,048	-	
Coef. Resistência aço	Ks		-	0,023	-	0,024	-	0,024	-	0,024	-	0,023	-	-	-	-	0,024	-	0,023	-	
Arm. Mínima	As,min	cm²/m	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	3,75	3,75	3,75	3,75	
Arm. Calculada	As,calc	cm²	4,50	4,50	6,15	4,50	4,50	7,05	4,50	9,91	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	6,14	3,75	3,75	3,75	
Arm. Máxima	4% Ac	cm²	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	100	100	100	100	
Verificação	max e min		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Arranjo das armaduras	φ		φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	
	mm		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	c/		c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	
Arm. Total	As,efet	cm²/m	4,36	4,36	6,54	4,36	4,36	7,14	4,36	9,82	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	6,54	3,93	3,93	3,93	
Verif. Tx Armadura	efet > 95%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Verif. Tx Armadura	efet > 110%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Verif. Armadura	Ativa ou Distribuição		As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	

LX	LY	7,00		14,00		m		m											
DIREÇÃO ARMAÇÃO	SEÇÃO EM Y	ARMADURA POSITIVA																	
		POSIÇÃO EM X									POSIÇÃO EM X								
		A	0,00	0,00	A	7,00	7,00	A	7,00	7,00	A	0,00	0,00	A	4,90	4,90	A	4,90	4,90
		Φ	c/	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	c/	0,00	Φ	cm	10,00	Φ	c/	10,00
		0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	c/	8,00
		arranjo	210,00																
	SUP	comprimento	0,00																
		comp.total+ancoragem/m	4255,56																
		comp.distribuição	0,00																
		peso (kg)	76,23																
		arranjo	490,00																
		comprimento	0,00																
LX	MEIO	ARMADURA POSITIVA																	
		POSIÇÃO EM X									POSIÇÃO EM X								
		A	0,00	0,00	A	7,00	7,00	A	7,00	7,00	A	0,00	0,00	A	20,00	20,00	A	20,00	20,00
		Φ	c/	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	c/	0,00	Φ	cm	10,00	Φ	c/	10,00
		0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	c/	8,00
		arranjo	490,00																
LY	SEÇÃO EM X	ARMADURA POSITIVA																	
		POSIÇÃO EM Y									POSIÇÃO EM Y								
		A	0,00	0,00	A	14,00	14,00	A	14,00	14,00	A	0,00	0,00	A	11,90	11,90	A	11,90	11,90
		Φ	c/	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	c/	0,00	Φ	cm	10,00	Φ	c/	10,00
		0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	12,00	0,00	0,00	c/	12,00
		arranjo	1190,00																
ESQ	SEÇÃO EM Y	ARMADURA POSITIVA																	
		POSIÇÃO EM X									POSIÇÃO EM X								
		A	0,00	0,00	A	7,00	7,00	A	7,00	7,00	A	0,00	0,00	A	4,90	4,90	A	4,90	4,90
		Φ	c/	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	c/	0,00	Φ	cm	10,00	Φ	c/	10,00
		0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	c/	8,00
		arranjo	210,00																
MEIO	SEÇÃO EM X	ARMADURA POSITIVA																	
		POSIÇÃO EM Y									POSIÇÃO EM Y								
		A	0,00	0,00	A	14,00	14,00	A	14,00	14,00	A	0,00	0,00	A	11,90	11,90	A	11,90	11,90
		Φ	c/	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	c/	0,00	Φ	cm	10,00	Φ	c/	10,00
		0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	12,00	0,00	0,00	c/	12,00
		arranjo	2041,67																
DIR	ESQ	ARMADURA POSITIVA																	
		POSIÇÃO EM X									POSIÇÃO EM X								
		A	0,00	0,00	A	7,00	7,00	A	7,00	7,00	A	0,00	0,00	A	4,90	4,90	A	4,90	4,90
		Φ	c/	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	c/	0,00	Φ	cm	10,00	Φ	c/	10,00
		0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	c/	11,00
		arranjo	2362,27																
RESUMO ARMADURA	MEIO	ARMADURA POSITIVA																	
		POSIÇÃO EM Y									POSIÇÃO EM Y								
		A	0,00	0,00	A	14,00	14,00	A	14,00	14,00	A	0,00	0,00	A	11,90	11,90	A	11,90	11,90
		Φ	c/	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	c/	0,00	Φ	cm	10,00	Φ	c/	10,00
		0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	c/	11,00
		arranjo	210,00																
NEGATIVA	DIR	ARMADURA POSITIVA																	
		POSIÇÃO EM X									POSIÇÃO EM X								
		A	0,00	0,00	A	7,00	7,00	A	7,00	7,00	A	0,00	0,00	A	4,90	4,90	A	4,90	4,90
		Φ	c/	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	c/	0,00	Φ	cm	10,00	Φ	c/	10,00
		0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	c/	8,00
		arranjo	2343,94																
POSITIVA	TOTAL	RESUMO ARMADURA																	
		POSIÇÃO EM X									POSIÇÃO EM X								
		A	0,00	0,00	A	7,00	7,00	A	7,00	7,00	A	0,00	0,00	A	4,90	4,90	A	4,90	4,90
		Φ	c/	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	cm	0,00	Φ	c/	0,00	Φ	cm	10,00	Φ	c/	10,00
		0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	c/	0,00	0,00	18,00	0,00	0,00	c/	8,00
		arranjo	85,10																
		PESO + 10 % (kg)		864,07															
		PESO + 10 % (kg)		877,82															
		TOTAL		1741,89															



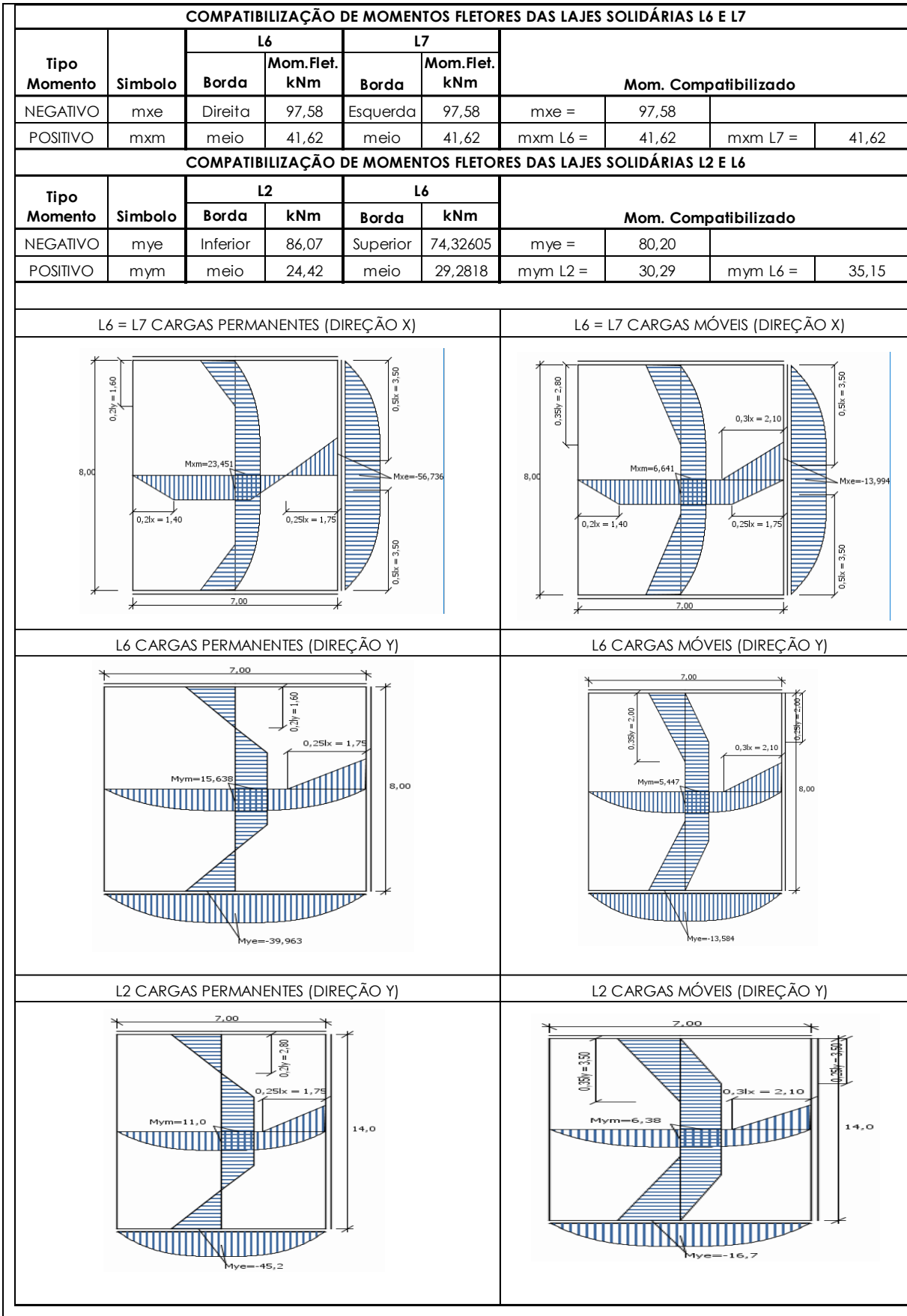
CÁLCULO L6=L7



CARGAS PERMANENTES

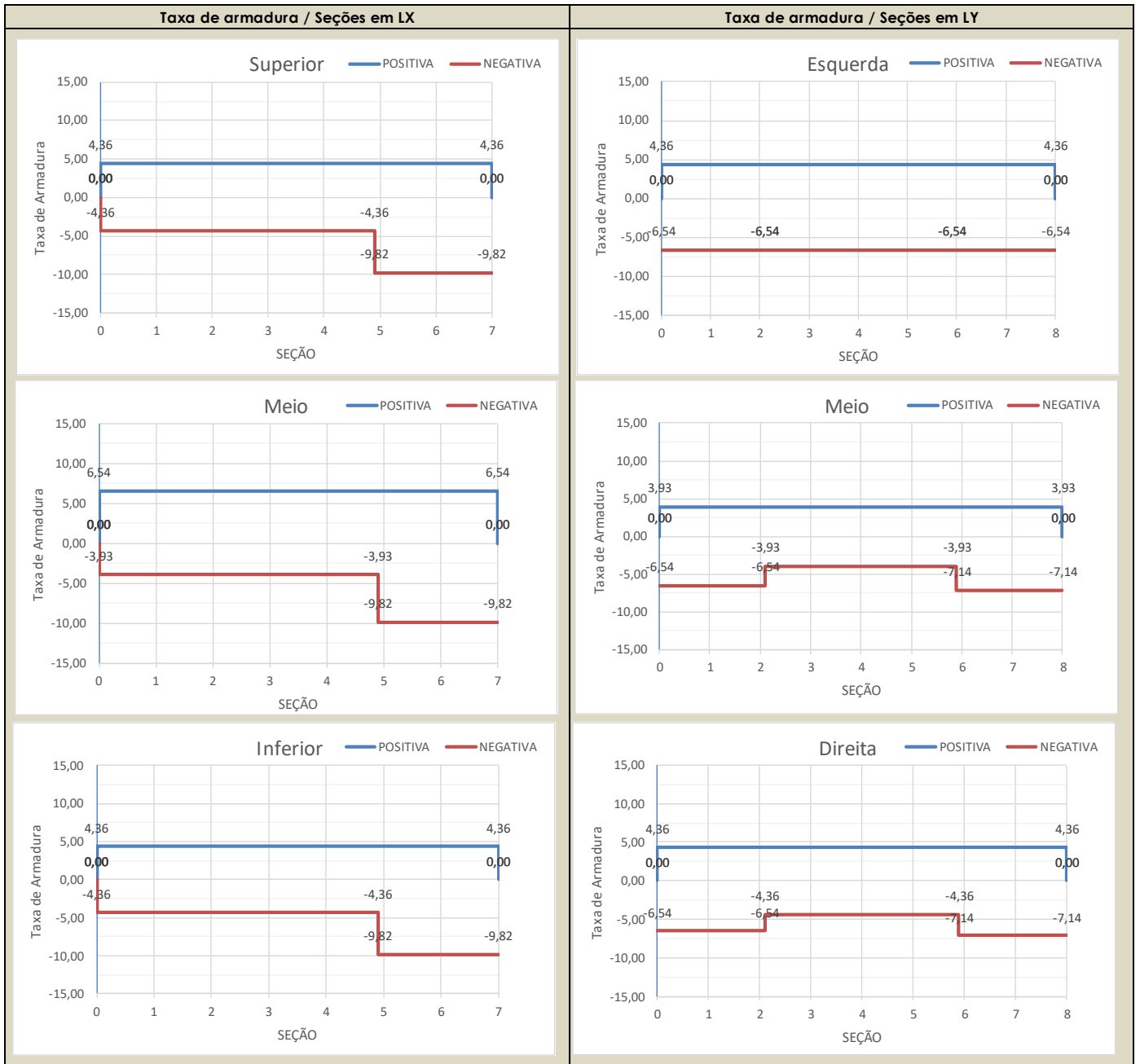
Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	0,93	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	8,13	kN/m ²
subtotal		11,82	kN/m²

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES



MEMORIAL DE CÁLCULO ARMADURA LONGITUDINAL																				
Borda		Superior				Interior				Direita				Esquerda				Meio do vão		
Direção		LX	LY	Mxe	Mye	LX	LY	Mxe	Mye	LX	LY	Mxe	Mye	LX	LY	Mxe	Mye	LX	LY	
Seção		Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe	Mxe
Momento		positivo	negativo	positivo	negativo	positivo	negativo	positivo	negativo	positivo	negativo	positivo	negativo	positivo	negativo	positivo	negativo	positivo	negativo	positivo
Armação		Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária	Principal	Secundária
Descrição	Simbolo	Grandezas																		
Base Viga	bw	cm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Altura Total	h	cm	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Altura útil Iaje	d	cm	27	26	26	27	26	26	27	27	26	26	26	27	26	26	26	22	22	21
h-d	d'	cm	3	4	4	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	3	4
cobrimento nominal	c	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Arm. Transversal	Øt	mm	0	10	10	0	10	10	0	0	0	10	10	0	10	10	0	0	0	10
Mom. Ações Perm.	M _{sg}	kNcm/m	0	2345,1	0	3996,3	0	2345,1	0	3996,3	0	5673,6	0	1563,8	0	0	0	2345,1	0	1563,8
Mom. Cargas móveis	M _{sq}	kNcm/m	0	664,1	0	1358,4	0	664,1	0	1358,4	0	1399,4	0	544,7	0	0	0	664,1	0	544,7
coef. Cargas móveis	φ		1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688
Mom. Cálculo (Comb. Crítica)	M _{sd}	kNcm/m	0,0	3341,3	0,0	6033,9	0,0	3341,3	0,0	8020,0	0,0	9758,0	0,0	2380,9	0,0	0,0	4162,0	0,0	3029,0	0,0
Coef. Resistência Conc.	Kc		-	20,232	-	12,082	-	20,232	-	9,090	-	7,471	-	28,393	-	-	11,629	-	14,559	-
Cálculo	βx		-	0,034	-	0,058	-	0,034	-	0,078	-	0,096	-	0,024	-	-	0,060	-	0,048	-
Coef. Resistência aço	Ks		-	0,023	-	0,024	-	0,023	-	0,024	-	0,024	-	0,023	-	-	0,024	-	0,023	-
Arm. Mínima	As,min	cm ² /m	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Arm. Calculada	As,calc	cm ² /m	4,50	4,50	4,50	5,26	4,50	4,50	4,50	7,05	4,50	8,64	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,46	3,75	3,75
Arm. Máxima	4% AC	cm ²	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	100	100	100
Verificação	max e min	Φ	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Arranjo das armaduras	As,adot	mm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/
		cm	18	18	12	18	18	18	11	18	11	18	8	18	18	18	18	12	20	20
Arm. Total	As,efet	cm ² /m	4,36	4,36	6,54	4,36	4,36	4,36	7,14	4,36	9,82	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	6,54	3,93	3,93	3,93
Verif. Tx Armadura	efet > 95%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Verif. Tx Armadura	efet > 110%calc		ok	ok	recalc	ok	ok	ok	ok	ok	recalc	ok	ok	ok	ok	ok	recalc	ok	ok	ok
Verif. Armadura	Ativa ou Distribuição		As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa	As,dist	As,ativa

DIMENSÕES LAJE		QUANTITATIVO DE AÇO																		
LX	LY	7,00 m				8,00 m														
DIREÇÃO ARMAÇÃO	SEÇÃO EM Y	ARMADURA POSITIVA						ARMADURA NEGATIVA												
		POSIÇÃO EM X			POSIÇÃO EM X			POSIÇÃO EM X			POSIÇÃO EM X									
		A	Φ	c/	7,00	Φ	c/	7,00	A	Φ	c/	4,90	Φ	c/	4,90	A	Φ	c/	7,00	
LX	SUP	arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	18,00	10,00	c/	18,00	10,00	c/	8,00
		comprimento	0,00			700,00			0,00				0,00			490,00			210,00	
	comp.total+ancoragem/m	0,00			4255,56			0,00				0,00			2493,06			3291,67		
	comp.distribuição	0,00			0,00			0,00				2,80			2,80			2,80		
	peso (kg)	0,00			0,00			0,00				0,00			43,56			57,51		
	arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	20,00	10,00	c/	20,00	10,00	c/	8,00	
	comprimento	0,00			700,00			0,00				0,00			490,00			210,00		
	comp.total+ancoragem/m	0,00			6383,33			0,00				0,00			2202,50			3310,00		
	comp.distribuição	8,00			8,00			8,00				2,40			2,40			2,40		
	peso (kg)	0,00			318,66			0,00				0,00			32,98			49,57		
LY	INF	arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	18,00	10,00	c/	18,00	10,00	c/	8,00
		comprimento	0,00			700,00			0,00				0,00			490,00			210,00	
	comp.total+ancoragem/m	0,00			4255,56			0,00				0,00			2493,06			3291,67		
	comp.distribuição	0,00			0,00			0,00				2,80			2,80			2,80		
	peso (kg)	0,00			0,00			0,00				0,00			43,56			57,51		
	arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	20,00	10,00	c/	20,00	10,00	c/	8,00	
	comprimento	0,00			700,00			0,00				0,00			490,00			210,00		
	comp.total+ancoragem/m	0,00			4255,56			0,00				0,00			2493,06			3291,67		
	comp.distribuição	0,00			0,00			0,00				2,80			2,80			2,80		
	peso (kg)	0,00			0,00			0,00				0,00			43,56			57,51		
RESUMO ARMADURA	ESQ	arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	12,00	10,00	c/	12,00	10,00	c/	12,00
		comprimento	0,00			800,00			0,00				210,00			380,00			210,00	
	comp.total+ancoragem/m	0,00			4811,11			0,00				2370,83			3166,67			2041,67		
	comp.distribuição	0,00			0,00			0,00				2,10			2,10			2,10		
	peso (kg)	0,00			0,00			0,00				31,07			41,50			26,75		
	arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	20,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	12,00	10,00	c/	20,00	10,00	c/	11,00	
	comprimento	0,00			800,00			0,00				210,00			380,00			210,00		
	comp.total+ancoragem/m	0,00			4330,00			0,00				2151,67			1655,00			2362,27		
	comp.distribuição	7,00			7,00			7,00				2,80			2,80			2,80		
	peso (kg)	0,00			189,13			0,00				37,59			28,92			41,27		
DIR	arranjo	0,00	c/	0,00	10,00	c/	18,00	0,00	c/	0,00	0,00	c/	18,00	10,00	c/	18,00	10,00	c/	11,00	
	comprimento	0,00			800,00			0,00				210,00			380,00			210,00		
	comp.total+ancoragem/m	0,00			4811,11			0,00				2133,33			1902,78			2343,94		
	comp.distribuição	0,00			0,00			0,00				2,10			2,10			2,10		
peso (kg)	0,00			0,00			0,00				27,96			24,93			30,71			
RESUMO ARMADURA																				
NEGATIVA	PESO +10 % (kg) 575,40																			
POSITIVA	PESO +10 % (kg) 507,79																			
TOTAL		1083,19																		



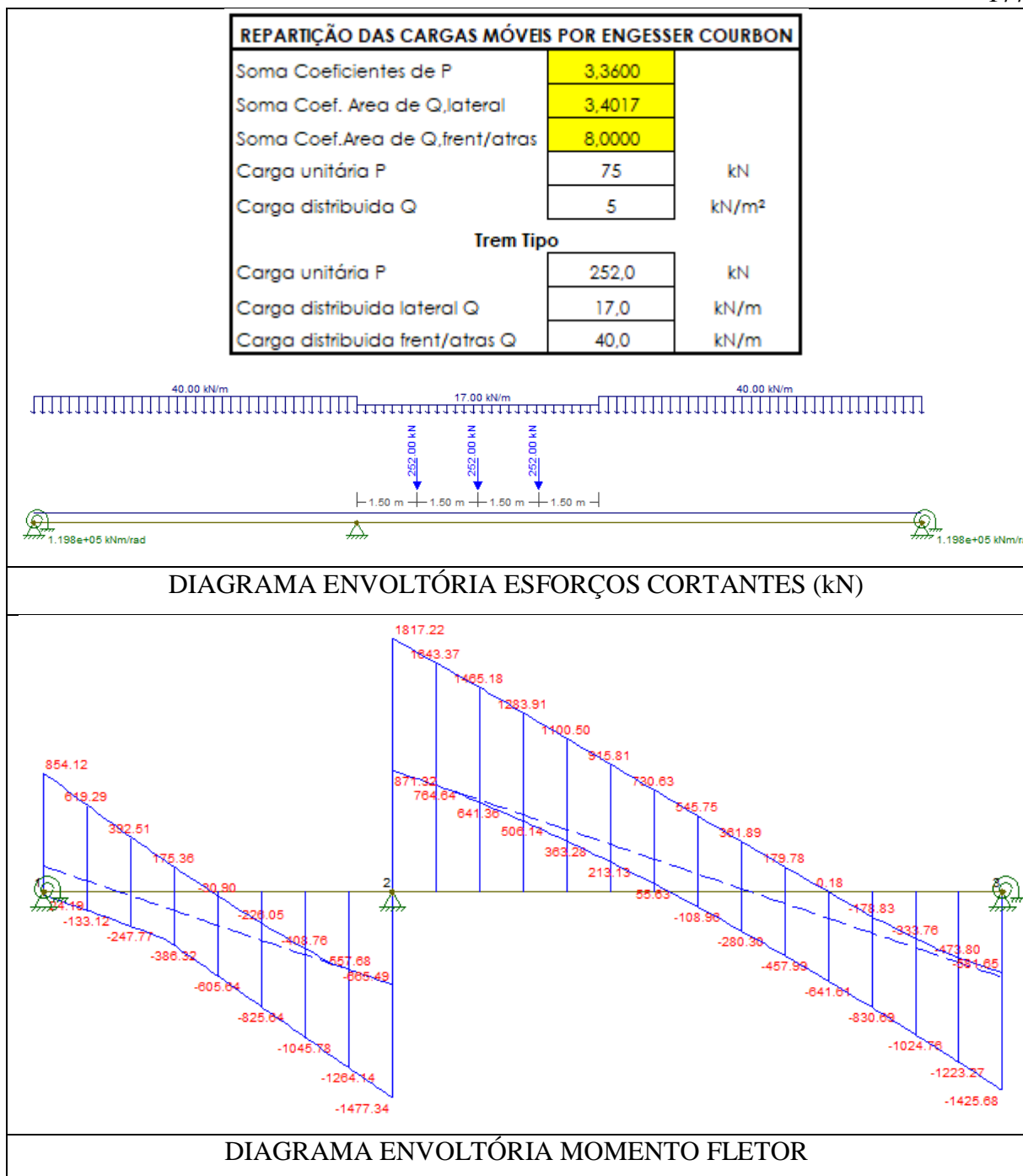
Cálculo das Longarinas

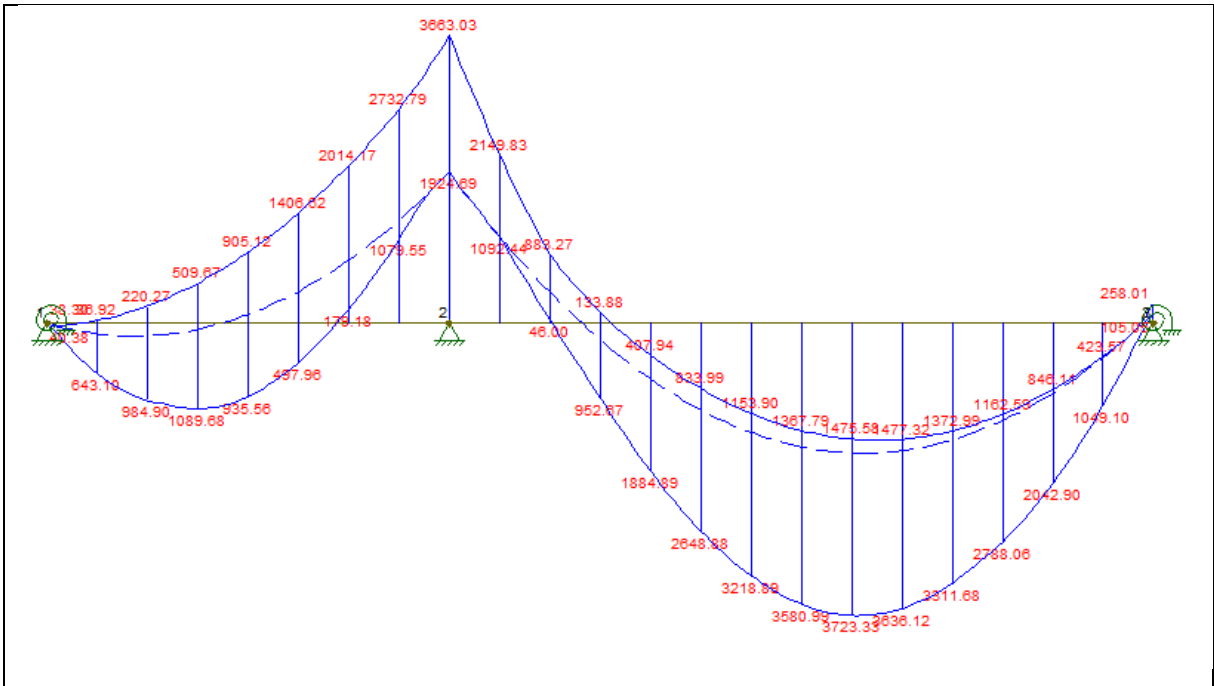
CÁLCULO V1 = V3

CÁLCULO DEVIDO AS CARGAS MÓVEIS				
SEÇÃO LONGITUDINAL				
RIGIDEZ PILAR				
$k_{pilar} = 4 * E_{cs} * I / L_{flambagem\ pilar}$				
$k = \frac{4 * 2684 * (30 * 50^3 / 12)}{560 / 2} = 11.982.142,9\ kNcm$				
TREM TIPO				
REPARTIÇÃO TRANSVERSAL POR ENGESSEUR COURBON				
nº longarinas	3			
posição da carga	x1 -1 a	x2 0 a	x3 1 a	
xi²	2 a²			
posição da carga				
vigas	1	2	3	Σ
1	0,833 P	0,333 P	-0,167 P	1,00
2	0,333 P	0,333 P	0,333 P	1,00
3	-0,167 P	0,333 P	0,833 P	1,00

VIGA V1=V3

The diagram shows a beam with four point loads P and three supports. The supports have reactions of 0,33, 0,17, and 0,17. The beam is subjected to two distributed loads: q, frent/atrás and q, lat. A note indicates A, lat=3,4017 and A, tot=8.





CÁLCULO DEVIDO A CARGA PERMANENTE

DIAGRAMA CORPO LIVRE

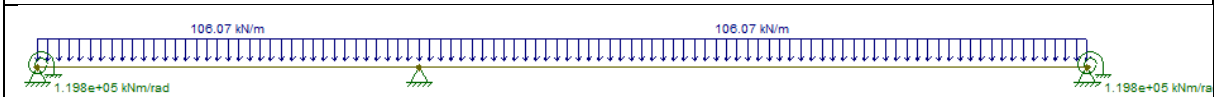


DIAGRAMA ESFORÇO CORTANTE

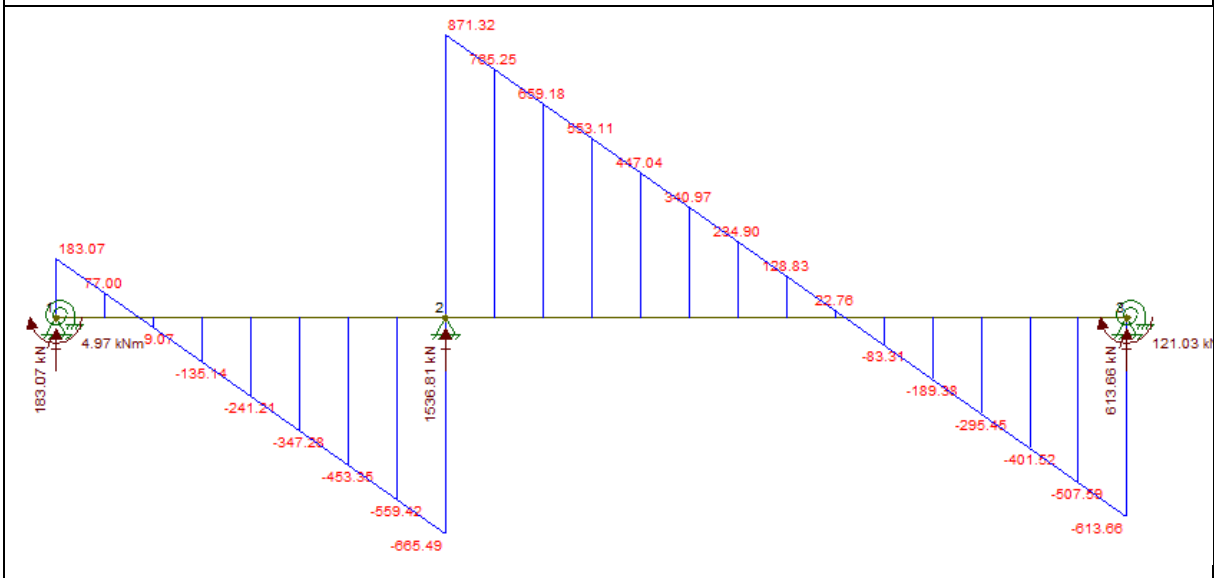
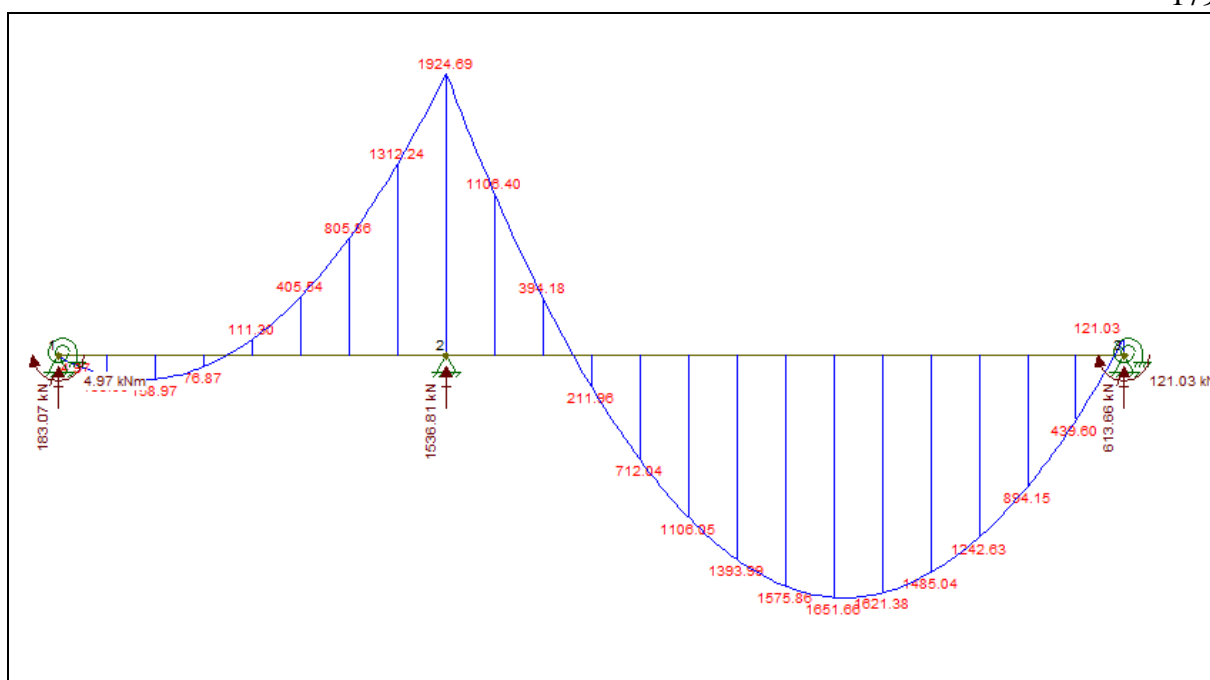
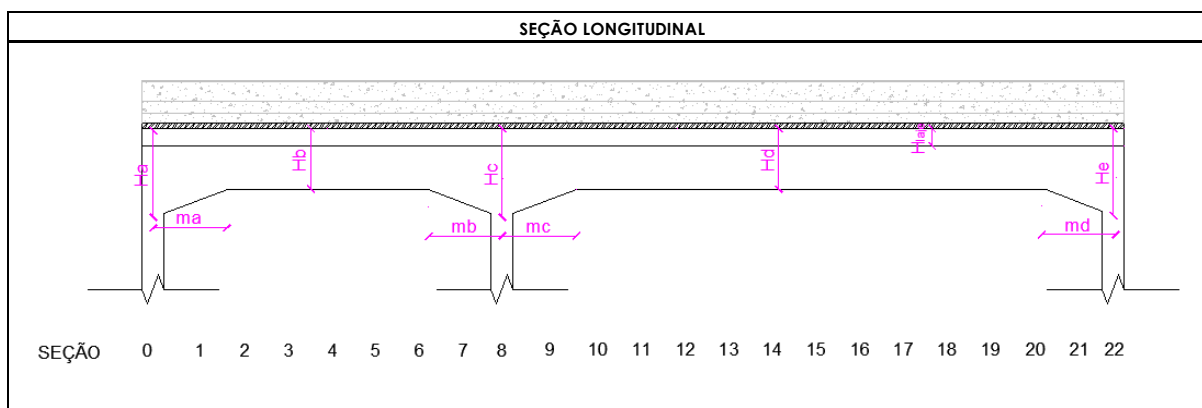


DIAGRAMA MOMENTO FLETOR



Não são apresentadas todas as memórias de cálculo das longarinas, entretanto, todos os resultados substanciais estão apresentados no corpo deste trabalho.

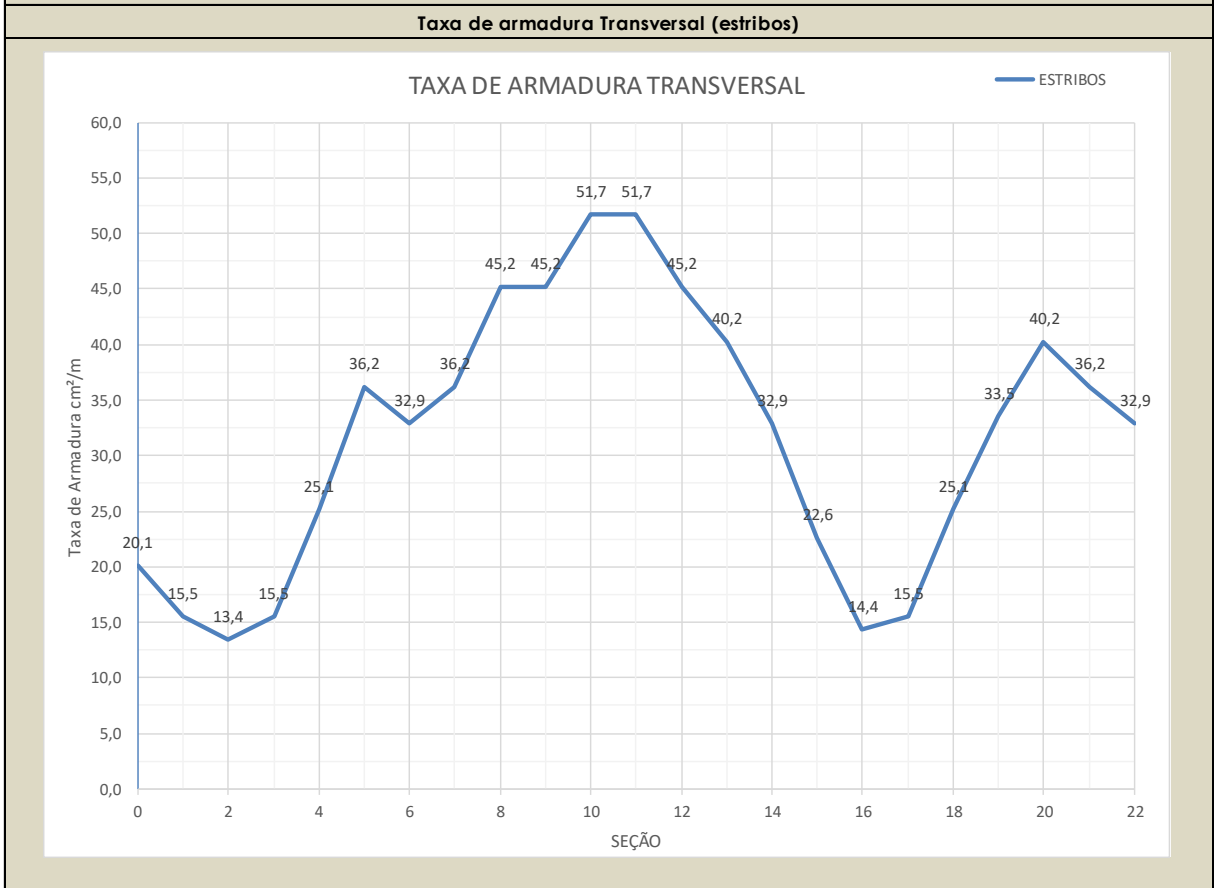
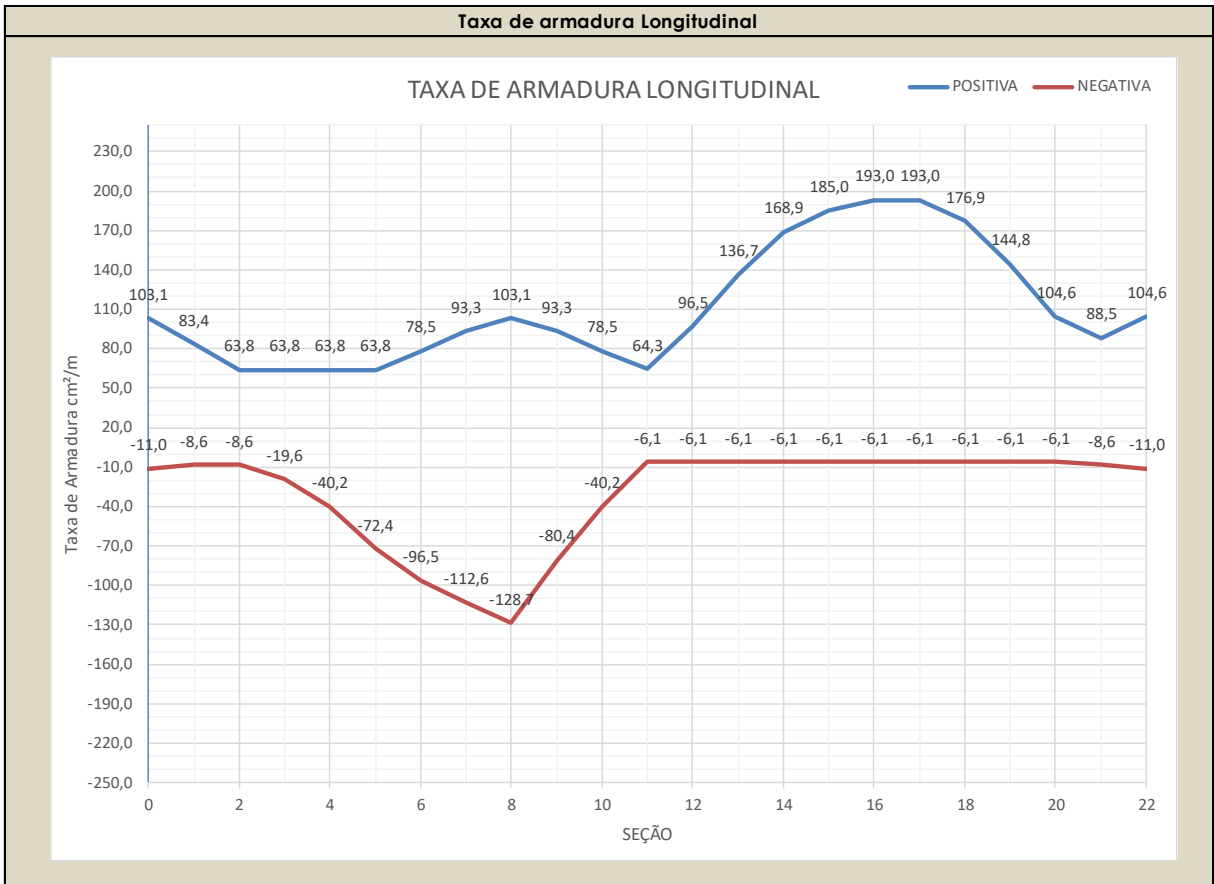
Seção Longitudinal:



h MÍSLA PILAR A	Ha	250	cm
LARGURA MISULA A	ma	200	cm
h 1º TRAMO	Hb	150	cm
LARGURA MISULA B	mb	300	cm
h MÍSLA PILAR INTERM.	Hc	250	cm
LARGURA MISULA C	mc	300	cm
h 2º TRAMO	Hd	150	cm
LARGURA MISULA D	md	200	cm
h MÍSLA PILAR B	He	250	cm

seções		
S 0	250	cm
S 1	200	cm
S 2	150	cm
S 3	150	cm
S 4	150	cm
S 5	150	cm
S 6	183	cm
S 7	217	cm
S 8	250	cm
S 9	217	cm
S 10	183	cm
S 11	150	cm
S 12	150	cm
S 13	150	cm
S 14	150	cm
S 15	150	cm
S 16	150	cm
S 17	150	cm
S 18	150	cm
S 19	150	cm
S 20	150	cm
S 21	200	cm
S 22	250	cm

Gráficos de Taxa de Armaduras:



CÁLCULO V2

CÁLCULO DEVIDO AS CARGAS MÓVEIS				
SEÇÃO LONGITUDINAL				
RIGIDEZ PILAR				
$k_{pilar} = 4 * E_{cs} * I / L_{flambagem\ pilar}$				
$k = \frac{4 * 2684 * (30 * 50^3 / 12)}{560 / 2} = 11.982.142,9\ kNcm$				
TREM TIPO				
REPARTIÇÃO TRANSVERSAL POR ENGESSER COURBON				
nº longarinas	3			
posição da carga	x1 -1 a	x2 0 a	x3 1 a	
xi²	2 a²			
posição da carga				
vigas	1	2	3	Σ
1	0,833 P	0,333 P	-0,167 P	1,00
2	0,333 P	0,333 P	0,333 P	1,00
3	-0,167 P	0,333 P	0,833 P	1,00

q, frent/atrás

q, lat

q, lat

P **P** **P** **P**

0,33 **0,33** **0,33**

A, lat=5,12
A, tot=7,133

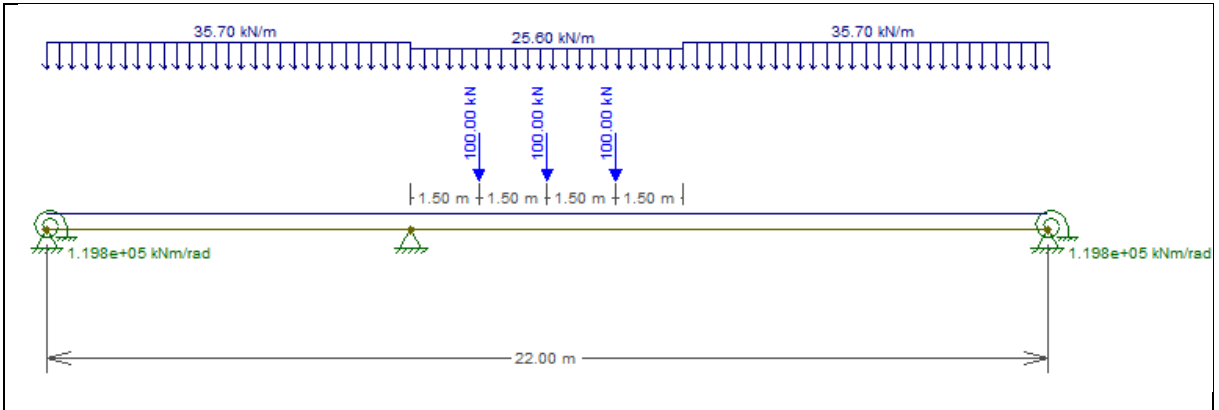


DIAGRAMA ENVOLTÓRIA ESFORÇOS CORTANTES (kN)

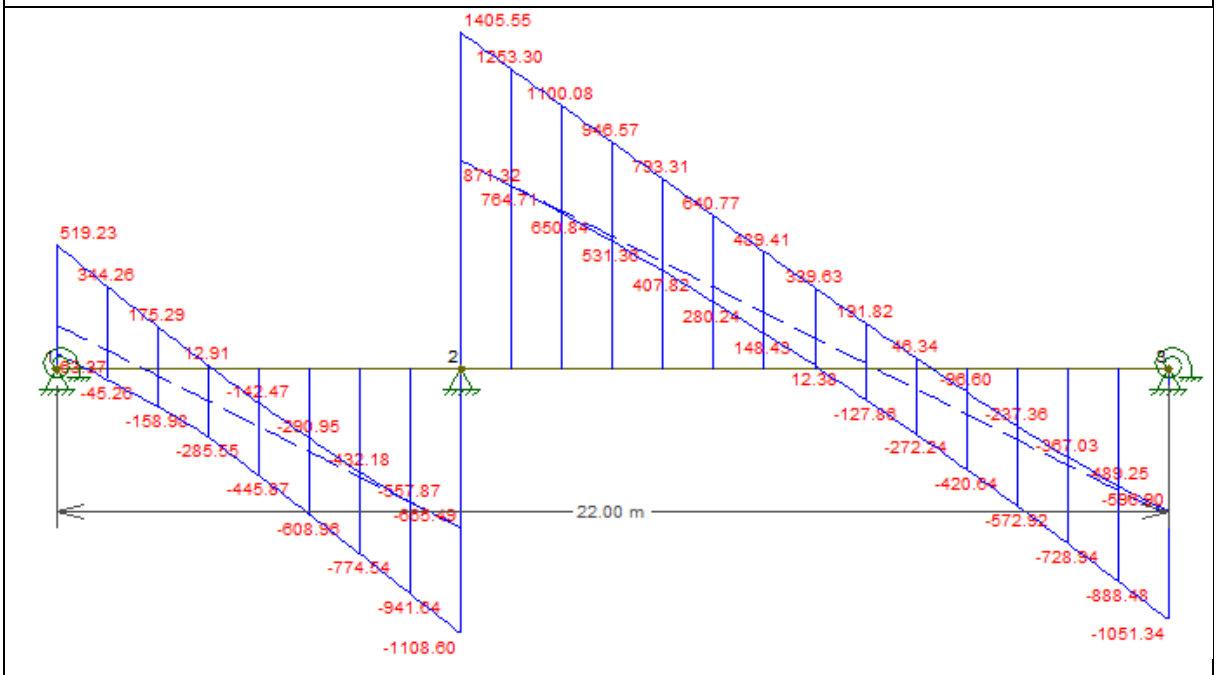
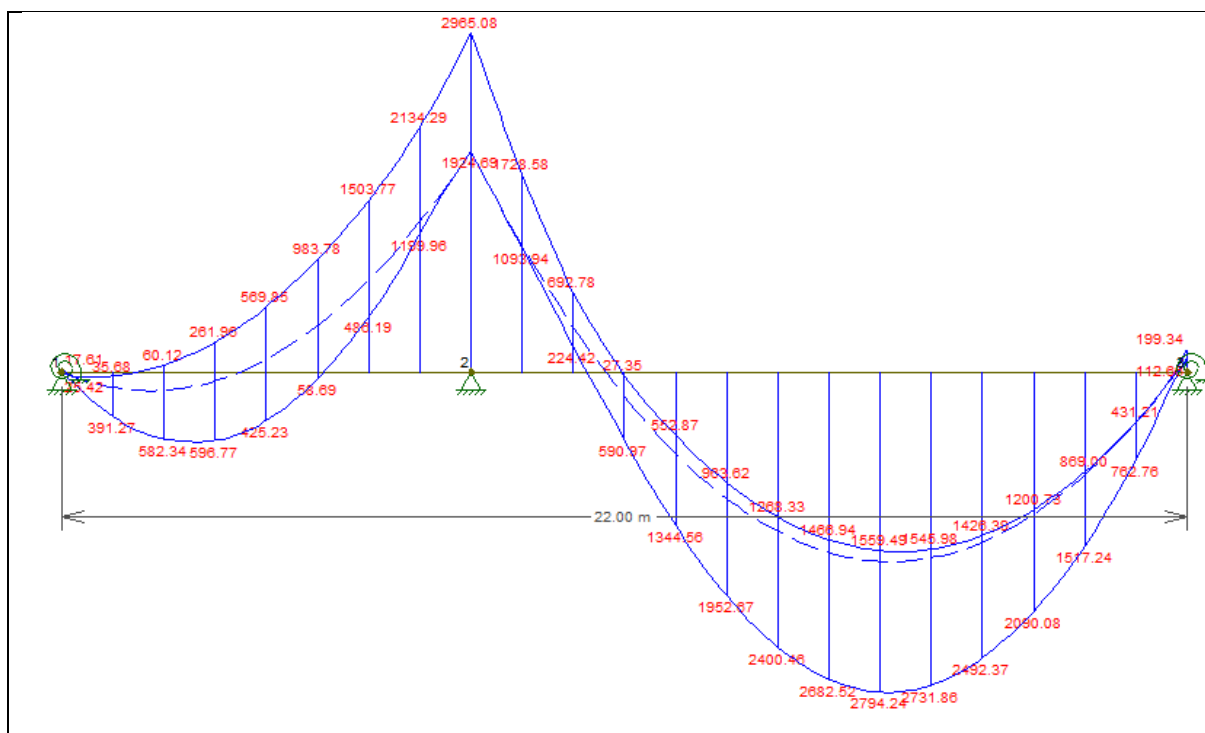


DIAGRAMA ENVOLTÓRIA MOMENTO FLETOR

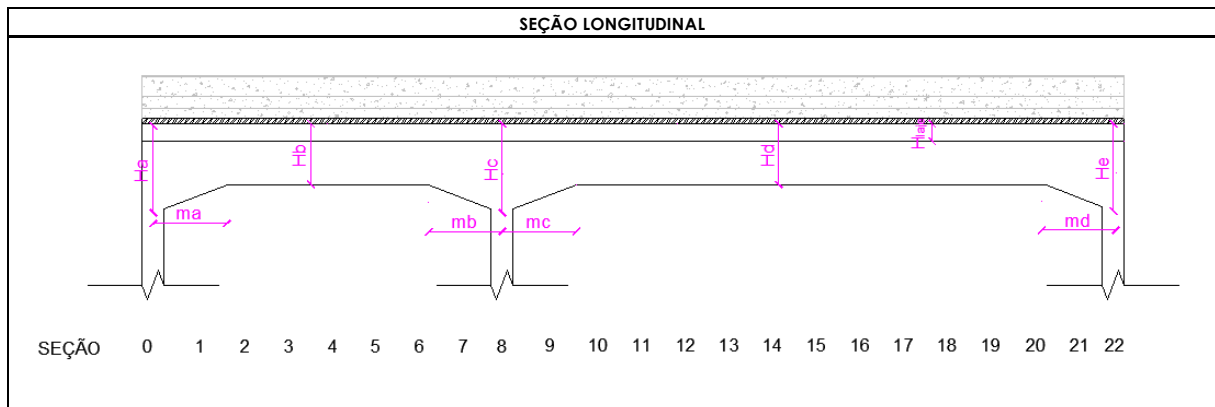


CÁLCULO DEVIDO A CARGA PERMANENTE

DEVIDO AS VIGAS POSSUIREM CARREGAMENTOS SIMÉTRICOS E AS VIGAS SEREM ESPAÇADAS SIMETRICAMENTE, PARA O CARREGAMENTO PERMANENTE, POR ENCESSER COURBON, OS DIAGRAMAS SÃO IDÊNTICOS PARA TODAS AS VIGAS DESTE TABULEIRO.

Não são apresentadas todas as memórias de cálculo das longarinas. Apenas os resultados no corpo deste trabalho.

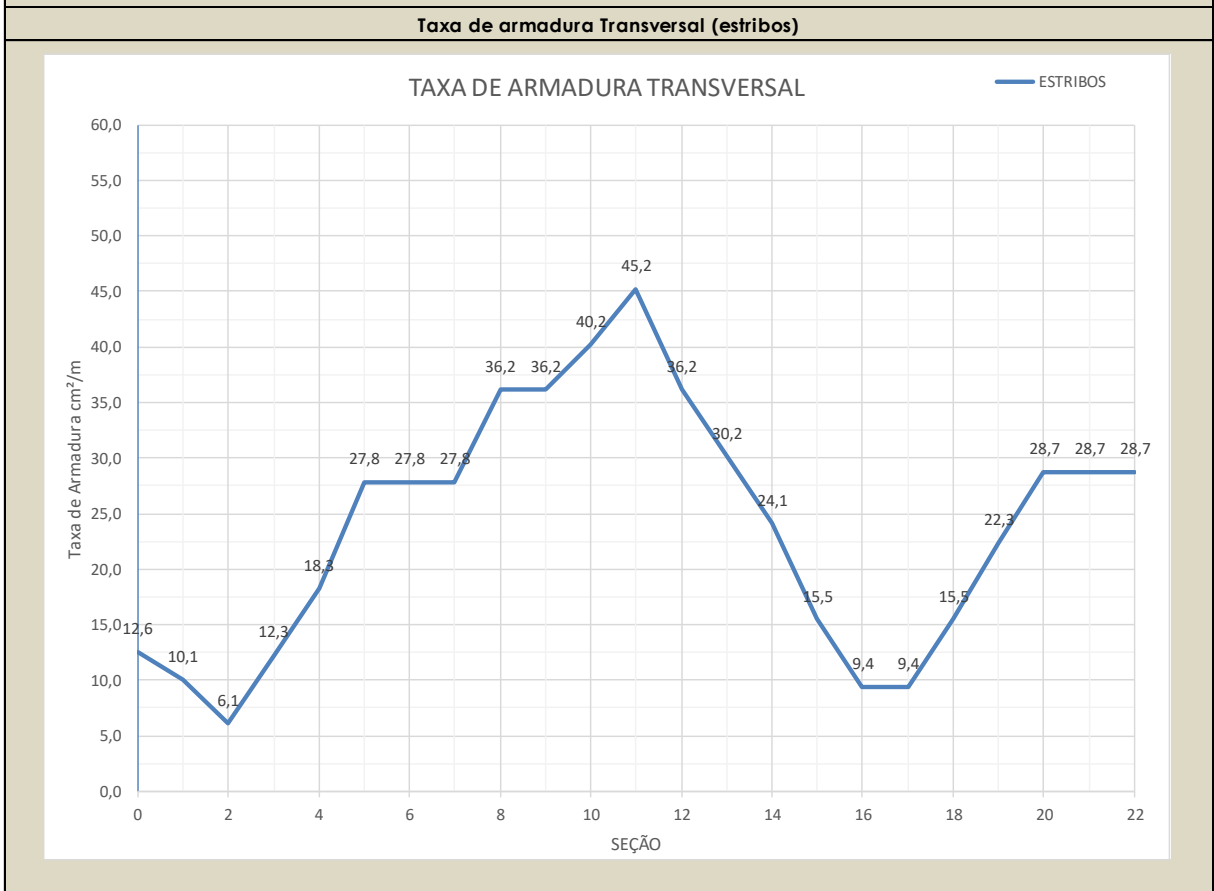
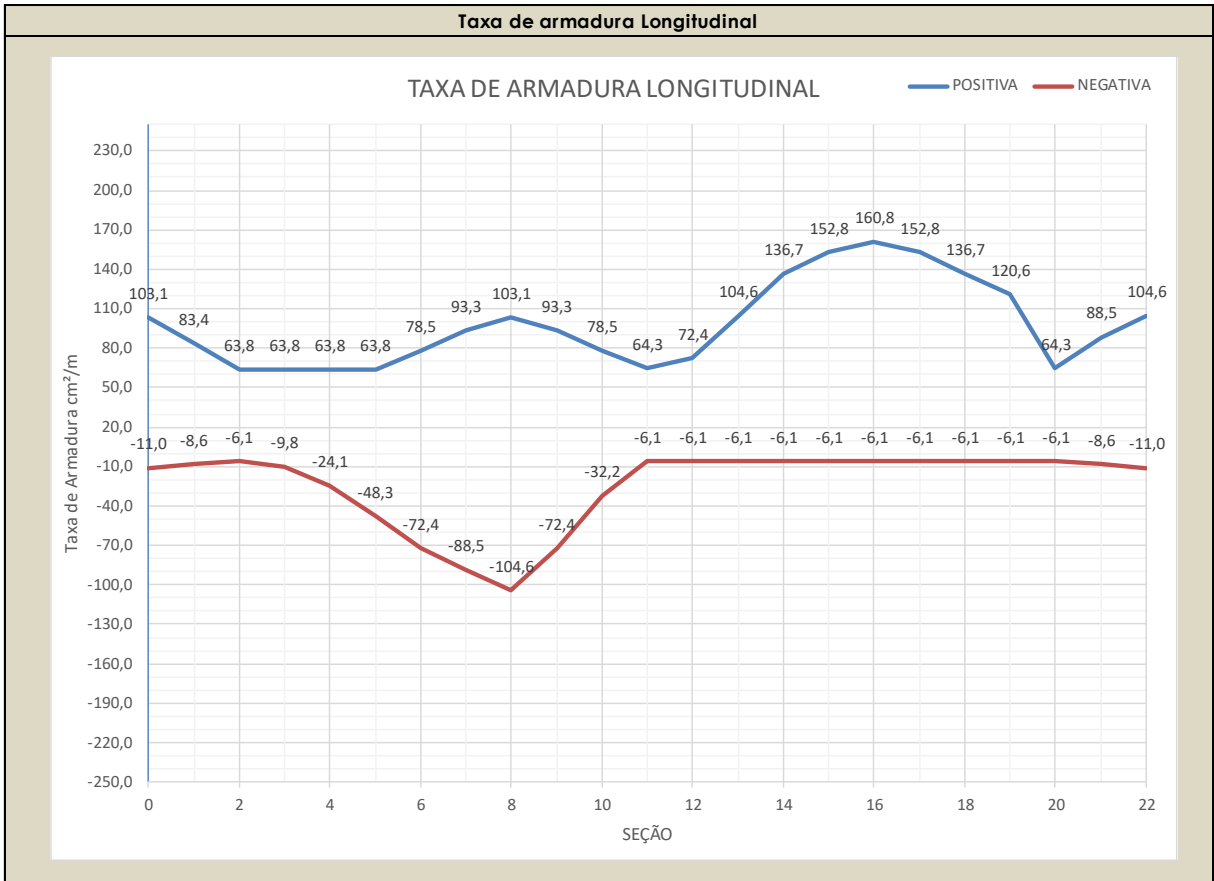
Seção Longitudinal:



h MÍSULA PILAR A	Ha	250	cm
LARGURA MISULA A	ma	200	cm
h 1º TRAMO	Hb	150	cm
LARGURA MISULA B	mb	300	cm
h MÍSULA PILAR INTERM.	Hc	250	cm
LARGURA MISULA C	mc	300	cm
h 2º TRAMO	Hd	150	cm
LARGURA MISULA D	md	200	cm
h MÍSULA PILAR B	He	250	cm

seções		
S 0	250	cm
S 1	200	cm
S 2	150	cm
S 3	150	cm
S 4	150	cm
S 5	150	cm
S 6	183	cm
S 7	217	cm
S 8	250	cm
S 9	217	cm
S 10	183	cm
S 11	150	cm
S 12	150	cm
S 13	150	cm
S 14	150	cm
S 15	150	cm
S 16	150	cm
S 17	150	cm
S 18	150	cm
S 19	150	cm
S 20	150	cm
S 21	200	cm
S 22	250	cm

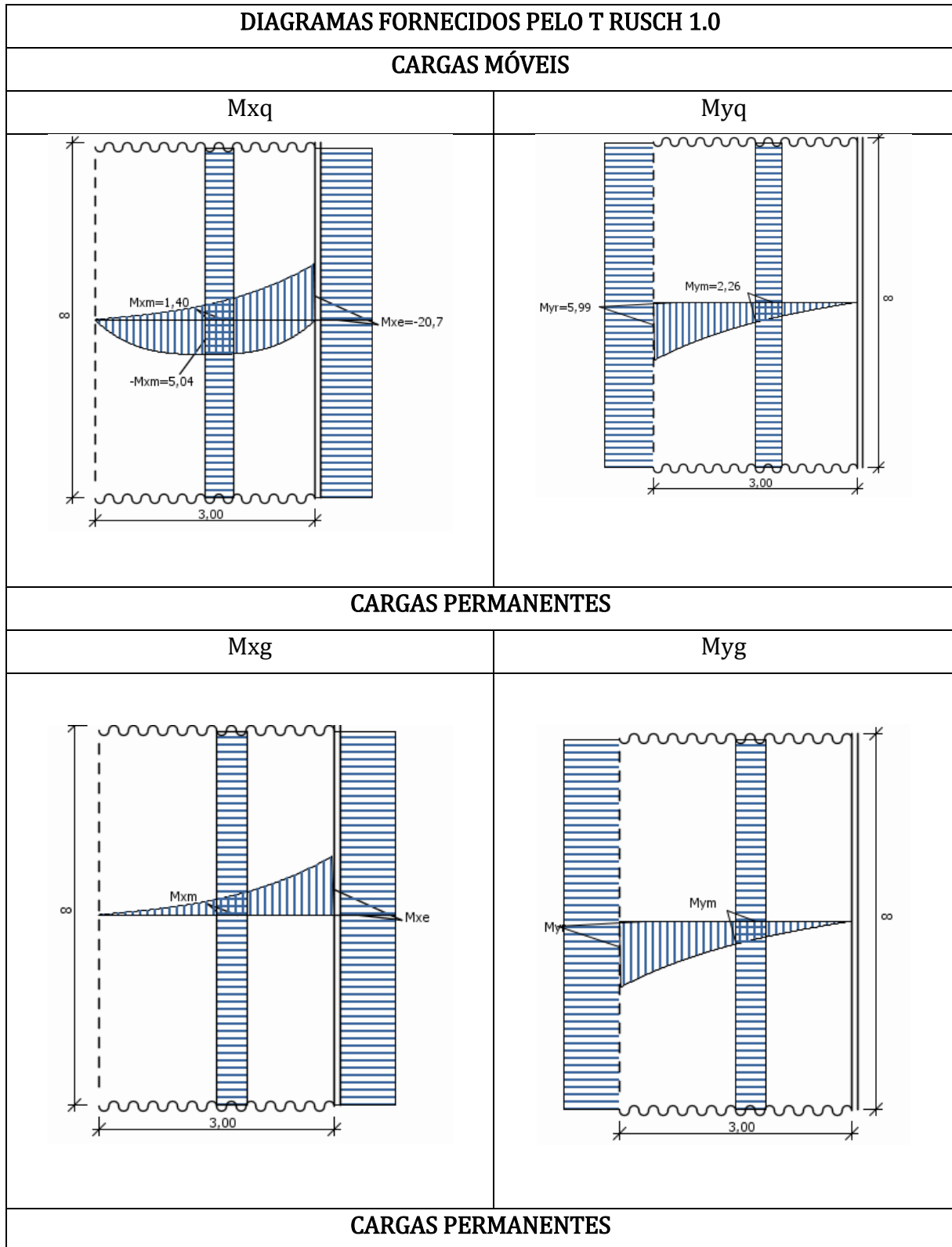
Gráficos de Taxa de Armaduras

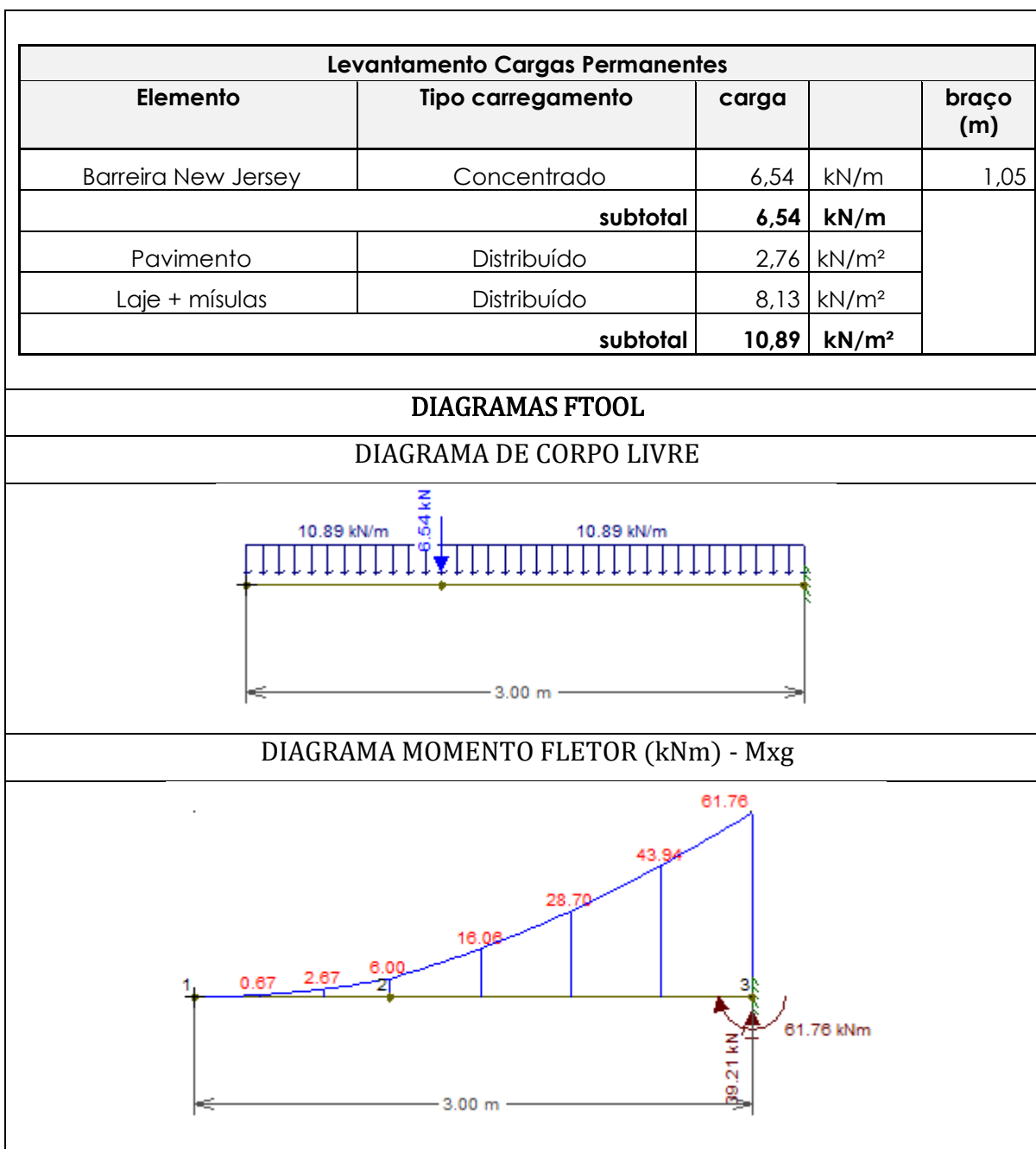


TABULEIRO C

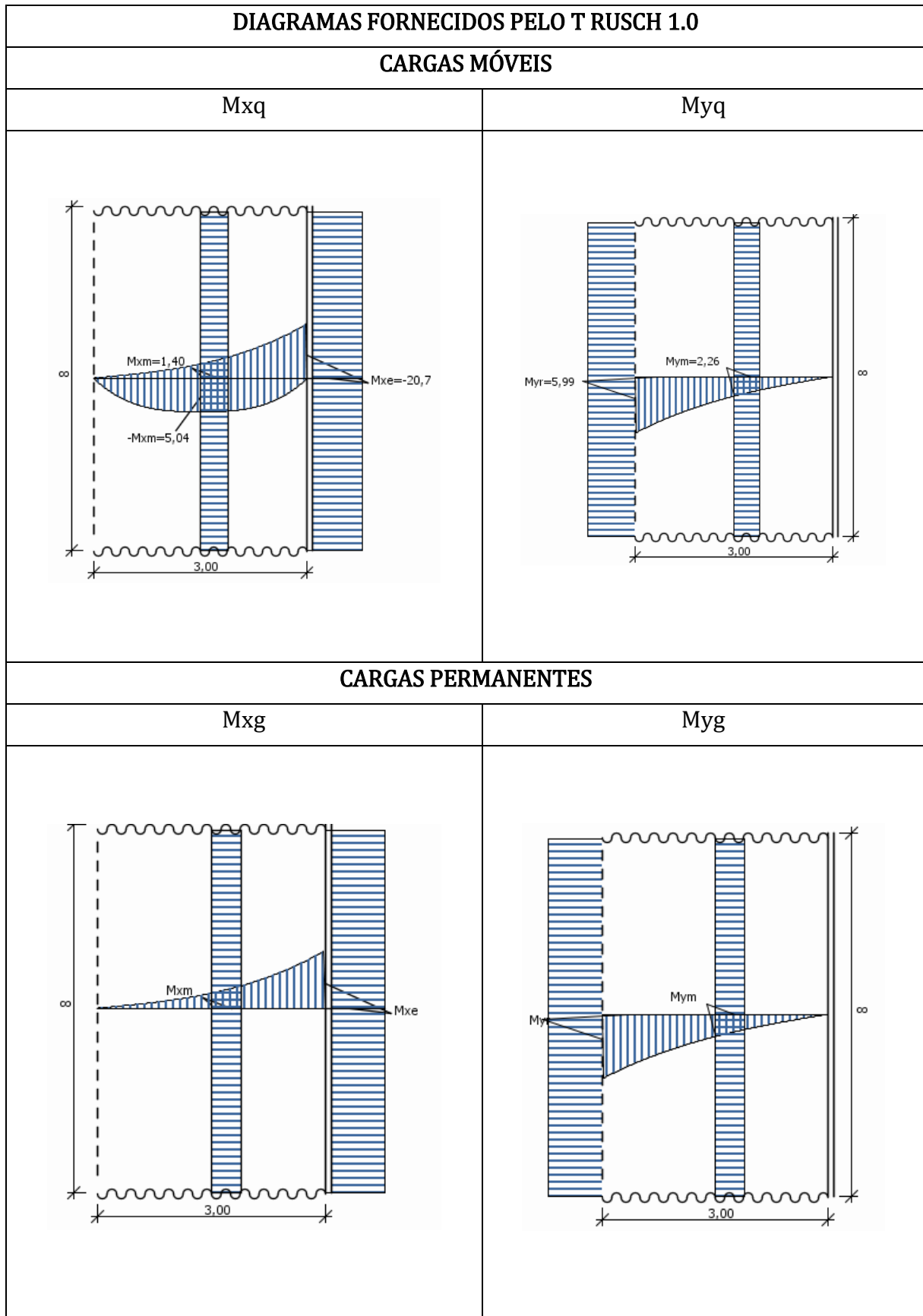
Cálculo das lajes

CÁLCULO L1=L5





CÁLCULO L6=L10



CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes				
Elemento	Tipo carregamento	carga		braço (m)
Barreira New Jersey	Concentrado	6,54	kN/m	0,15
subtotal		6,54	kN/m	
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²	
Laje + mísulas	Distribuído	8,13	kN/m ²	
subtotal		10,89	kN/m²	

DIAGRAMAS FTOOL

DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

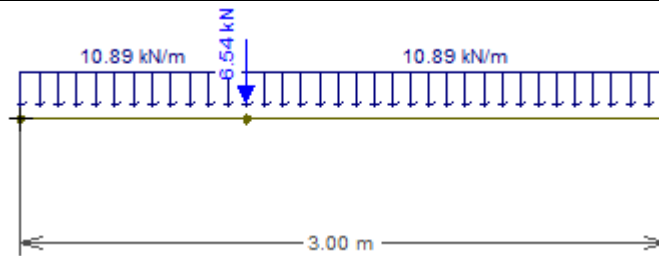
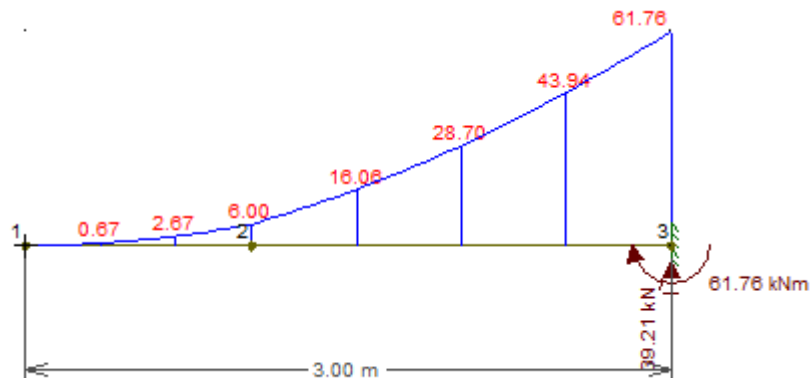
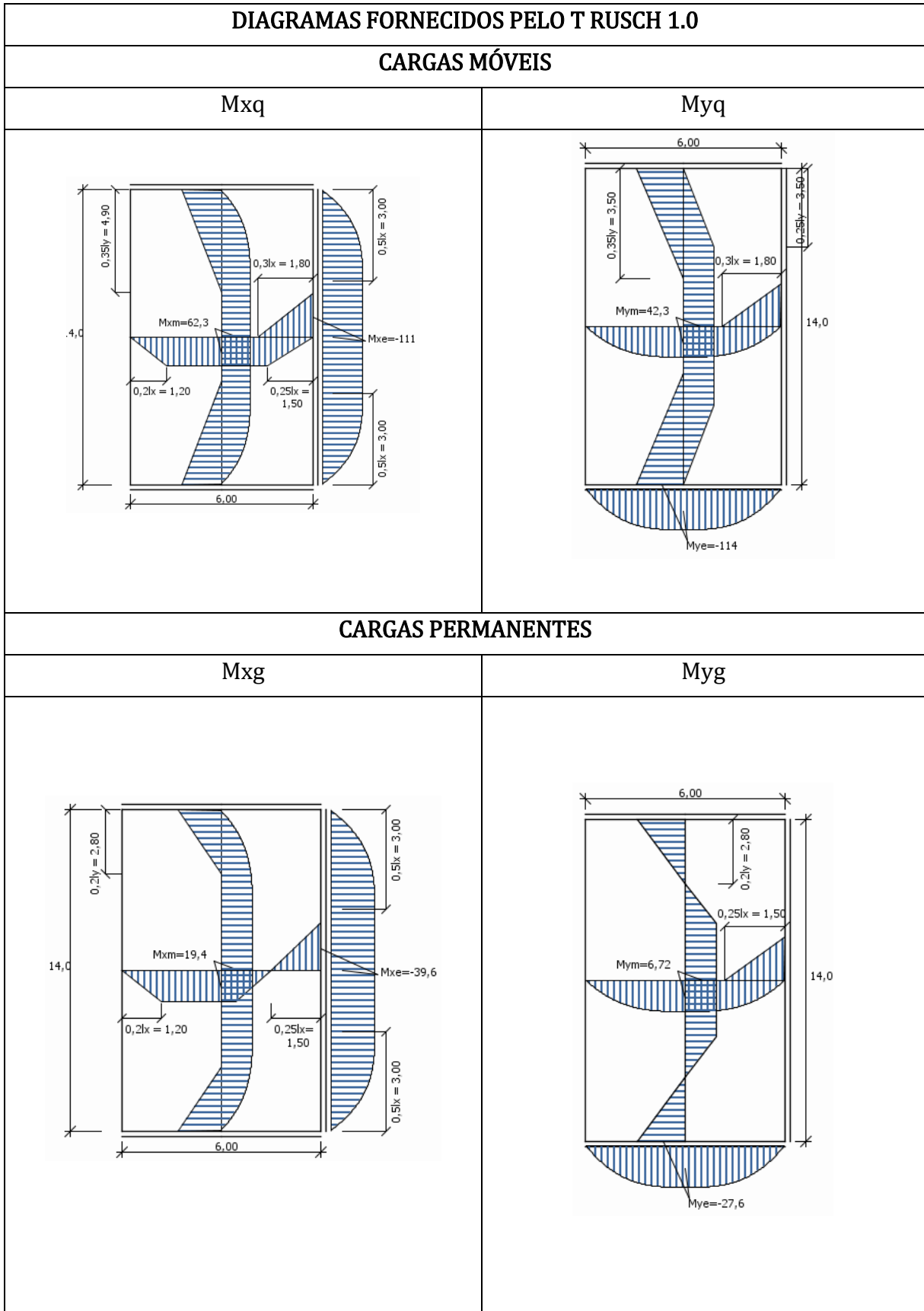


DIAGRAMA MOMENTO FLETOR (kNm) - M_{xg}





CARGAS PERMANENTES

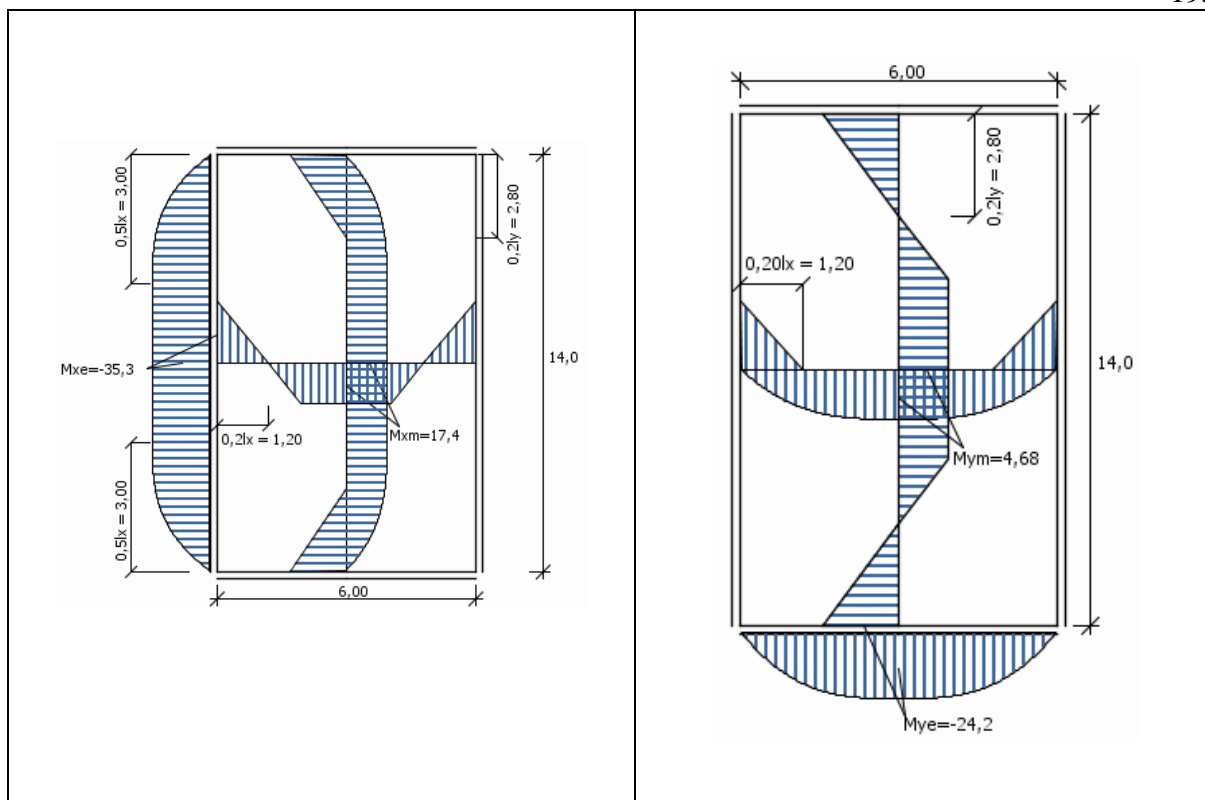
Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	-	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	6,88	kN/m ²
subtotal		9,64	kN/m²

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L2 E L3									
Tipo Momento	Símbolo	L2		L3		Mom. Compatibilizado			
		Borda	Mom.Flet. kNm	Borda	Mom.Flet. kNm				
NEGATIVO	mxe	Direita	219,96	Esquerda	181,755	mxe =	200,86	DIREITA	
POSITIVO	mxm	meio	119,64	meio	90,84	mxm L2 =	138,74	mxm L3 = 109,94	
COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L2 E L7									
Tipo Momento	Símbolo	L2		L7		Mom. Compatibilizado			
		Borda	kNm	Borda	kNm				
NEGATIVO	mye	Inferior	208,26	Superior	182,439	mye =	195,35	INFERIOR	
POSITIVO	mym	meio	72,522	meio	69,258	mym L2 =	85,43	mym L7 = 82,17	
L2 CARGAS PERMANENTES (DIREÇÃO X)					L2 CARGAS MOVEIS (DIREÇÃO X)				
L2 CARGAS PERMANENTES (DIREÇÃO Y)					L2 CARGAS MÓVEIS (DIREÇÃO Y)				
L3 CARGAS PERMANENTES (DIREÇÃO X)					L3 CARGAS MÓVEIS (DIREÇÃO X)				
L7 CARGAS PERMANENTES (DIREÇÃO Y)					L7 CARGAS MÓVEIS (DIREÇÃO Y)				
ANÁL) ARMADO P EM GUARAPUAVA - PK				IDADE

CÁLCULO L3

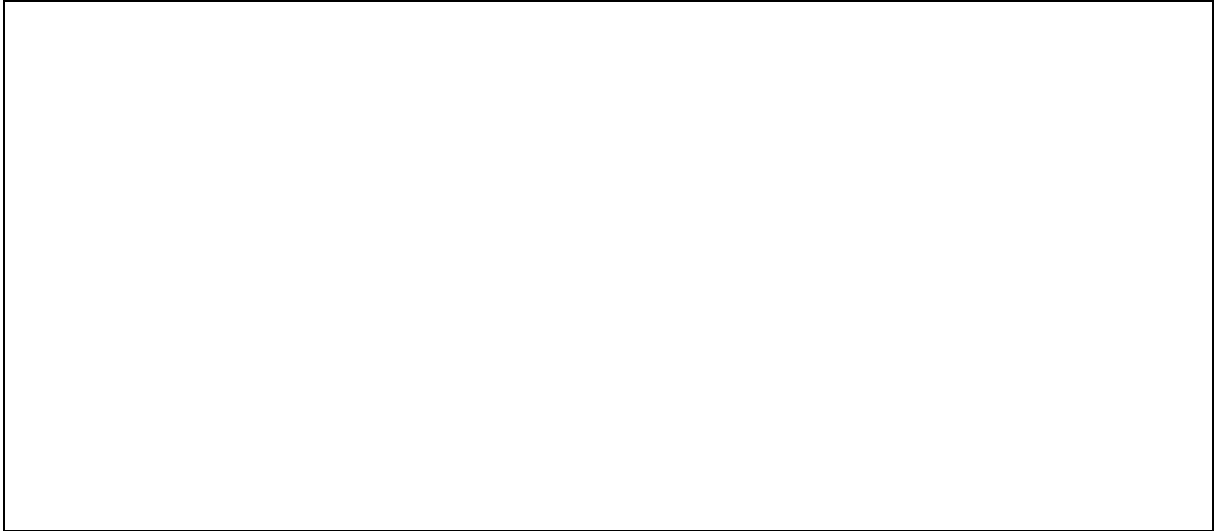
DIAGRAMAS FORNECIDOS PELO T RUSCH 1.0	
CARGAS MÓVEIS	
Mxq	Myq
CARGAS PERMANENTES	
Mxg	Myg



CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	2,18	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	6,88	kN/m ²
subtotal		11,81	kN/m²

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES



CÁLCULO L7=L9

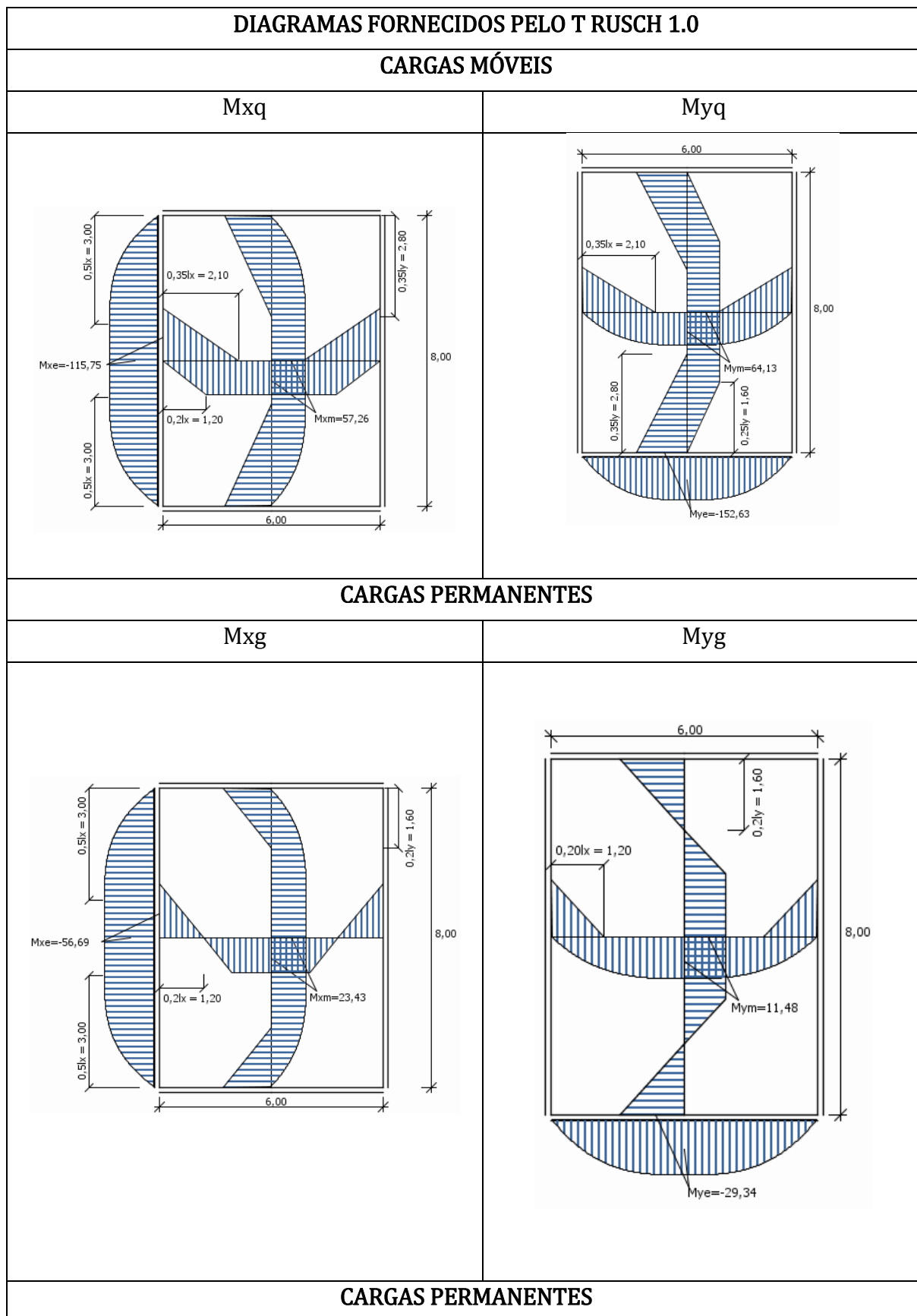
DIAGRAMAS FORNECIDOS PELO T RUSCH 1.0	
CARGAS MÓVEIS	
Mxq	Myq
CARGAS PERMANENTES	
Mxg	Myg
CARGAS PERMANENTES	

Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	-	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	6,88	kN/m ²
subtotal		9,64	kN/m²

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L7 E L8									
Tipo Momento	Símbolo	L7		L8		Mom. Compatibilizado			
		Borda	Mom.Flet. kNm	Borda	Mom.Flet. kNm				
NEGATIVO	mxe	Direita	111,2955	Esquerda	250,1565	mxe =	200,13		
POSITIVO	mxm	meio	111,2955	meio	117,5205	mxm L7 =	180,73	mxm L8 =	186,95
COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L2 E L7									
Tipo Momento	Símbolo	L2		L7		Mom. Compatibilizado			
		Borda	kNm	Borda	kNm				
NEGATIVO	mye	Inferior	208,26	Superior	182,439	mye =	195,35		
POSITIVO	mym	meio	72,522	meio	69,258	mym L2 =	85,43	mym L7 =	82,17
L2 CARGAS PERMANENTES (DIREÇÃO Y)					L2 CARGAS MOVEIS (DIREÇÃO Y)				
L7 CARGAS PERMANENTES (DIREÇÃO Y)					L7 CARGAS MÓVEIS (DIREÇÃO Y)				
L7 CARGAS PERMANENTES (DIREÇÃO X)					L7 CARGAS MÓVEIS (DIREÇÃO X)				
L8 CARGAS PERMANENTES (DIREÇÃO X)					L8 CARGAS MÓVEIS (DIREÇÃO X)				
ANÁLISE					CIDADE				
) ARMADO P. DOS LAGOS EM GUARAPUAVA - PR									

CÁLCULO L8



Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	2,18	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	6,88	kN/m ²
subtotal		11,81	kN/m²

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES

Cálculo das Longarinas

V1=V4

CÁLCULO DEVIDO AS CARGAS MÓVEIS					
SEÇÃO LONGITUDINAL					
RIGIDEZ PILAR					
$k_{pilar} = 4 * E_{cs} * I / L_{f\text{lambagem pilar}}$					
$k = \frac{4 * 2684 * (30 * 50^3 / 12)}{560 / 2} = 11.982.142,9 \text{ kNcm}$					
TREM TIPO					
REPARTIÇÃO TRANSVERSAL POR ENGESSEY COURBON					
n° longarinas	4				
posição da carga	x1	x2	x3	x4	
	-1,5 a	-0,5 a	0,5 a	1,5 a	
xi²	5 a²				
posição da carga					
vigas	1	2	3	4	Σ
1	0,700 P	0,400 P	0,100 P	-0,200 P	1,00
2	0,400 P	0,300 P	0,200 P	0,100 P	1,00
3	0,100 P	0,200 P	0,300 P	0,400 P	1,00
4	-0,200 P	0,100 P	0,400 P	0,700 P	1,00

VIGA V1=V4

q, frent/atrás

q, lat

q, lat

P P P P

0,78 0,7 0,68 0,63 0,53 0,4 0,1 0,2

A, lat=2,556
A, tot=7,225

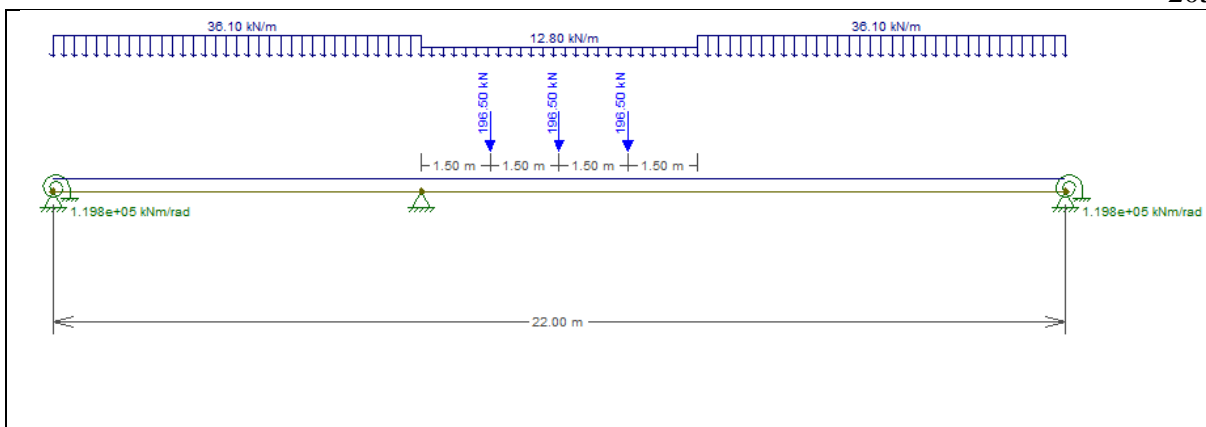


DIAGRAMA ENVOLTÓRIA ESFORÇOS CORTANTES (kN)

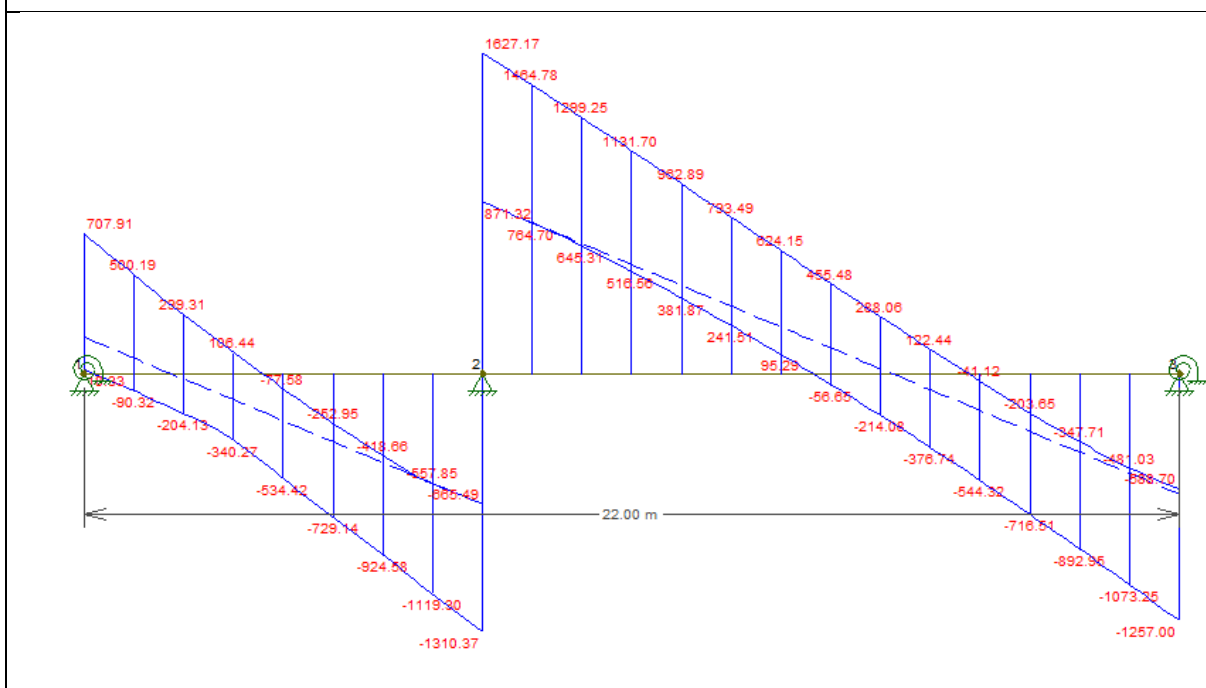
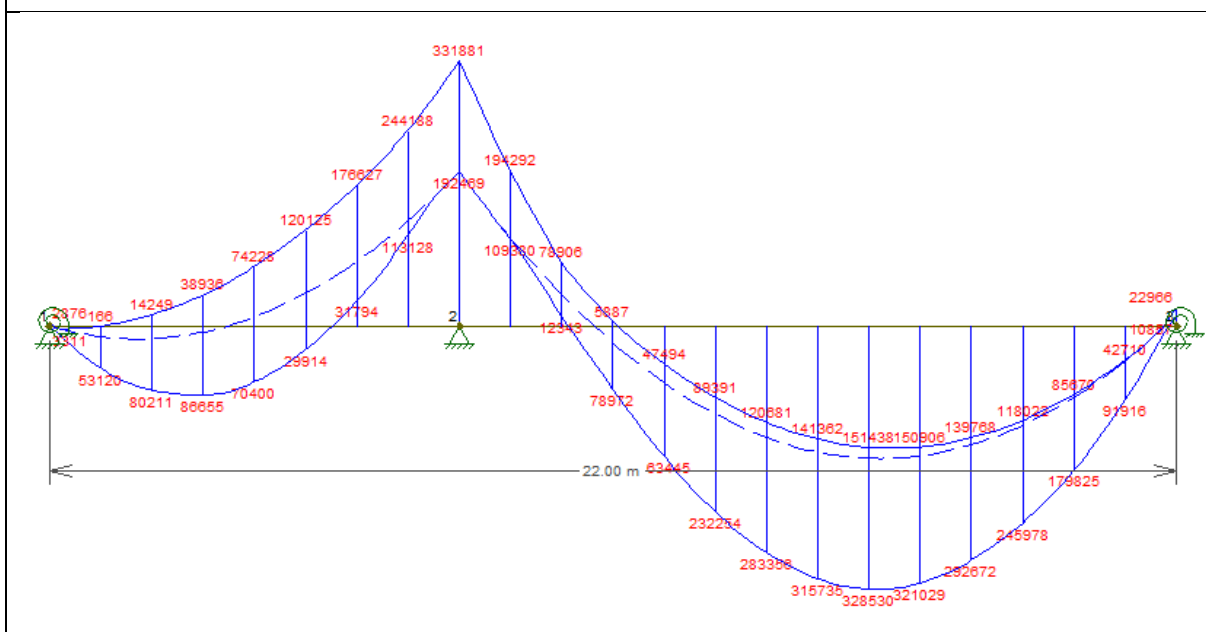
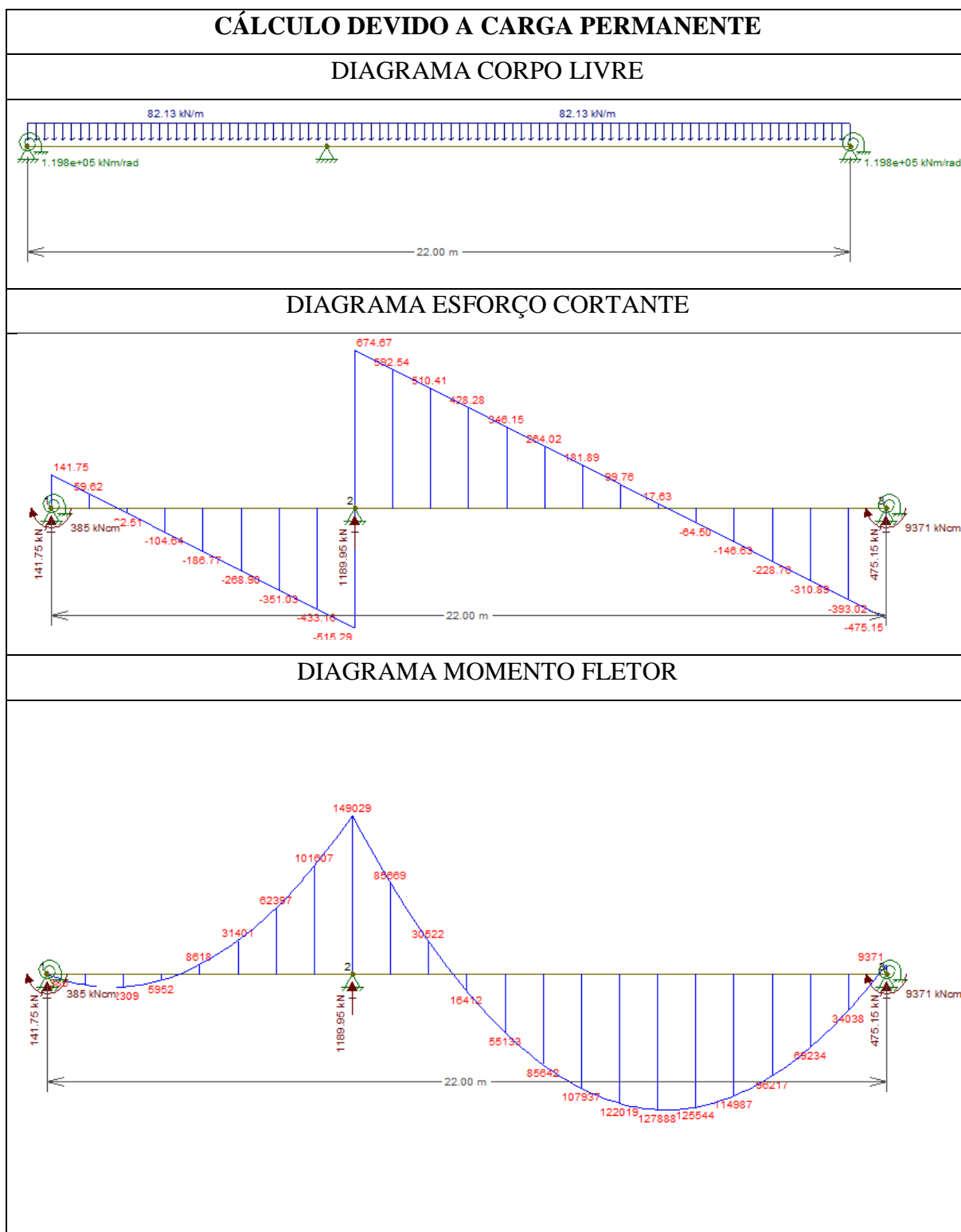


DIAGRAMA ENVOLTÓRIA MOMENTO FLETOR

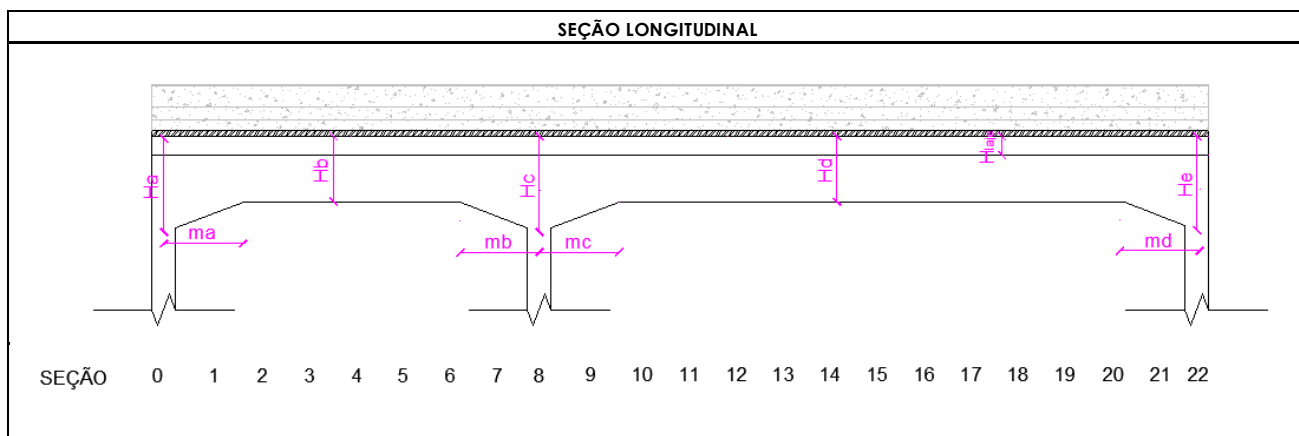




Não são apresentadas todas as memórias de cálculo das longarinas, entretanto, todos os resultados substanciais estão apresentados no corpo deste trabalho.

Seção Longitudinal:

Todas as longarinas deste tabuleiro possuem mesma seção longitudinal



h MÍSULA PILAR A	Ha	200	cm
LARGURA MISULA A	ma	100	cm
h 1º TRAMO	Hb	150	cm
LARGURA MISULA B	mb	300	cm
h MÍSULA PILAR INTERM.	Hc	250	cm
LARGURA MISULA C	mc	300	cm
h 2º TRAMO	Hd	150	cm
LARGURA MISULA D	md	100	cm
h MÍSULA PILAR B	He	200	cm

seções		
S 0	200	cm
S 1	150	cm
S 2	150	cm
S 3	150	cm
S 4	150	cm
S 5	150	cm
S 6	167	cm
S 7	183	cm
S 8	250	cm
S 9	217	cm
S 10	183	cm
S 11	150	cm
S 12	150	cm
S 13	150	cm
S 14	150	cm
S 15	150	cm
S 16	150	cm
S 17	150	cm
S 18	150	cm
S 19	150	cm
S 20	150	cm
S 21	150	cm
S 22	200	cm

Gráficos de Taxa de Armaduras:



V2=V3

CÁLCULO DEVIDO AS CARGAS MÓVEIS					
SEÇÃO LONGITUDINAL					
RIGIDEZ PILAR					
$k_{pilar} = 4 * E_{cs} * I / L_{flambagem\ pilar}$					
$k = \frac{4 * 2684 * (30 * 50^3 / 12)}{560 / 2} = 11.982.142,9\ kNcm$					
TREM TIPO					
REPARTIÇÃO TRANSVERSAL POR ENGESSER COURBON					
n° longarinas	4				
posição da carga	x1	x2	x3	x4	
	-1,5 a	-0,5 a	0,5 a	1,5 a	
xi²	5 a²				
posição da carga					
vigas	1	2	3	4	Σ
1	0,700 P	0,400 P	0,100 P	-0,200 P	1,00
2	0,400 P	0,300 P	0,200 P	0,100 P	1,00
3	0,100 P	0,200 P	0,300 P	0,400 P	1,00
4	-0,200 P	0,100 P	0,400 P	0,700 P	1,00

VIGA V3=V4

q, frent/atrás

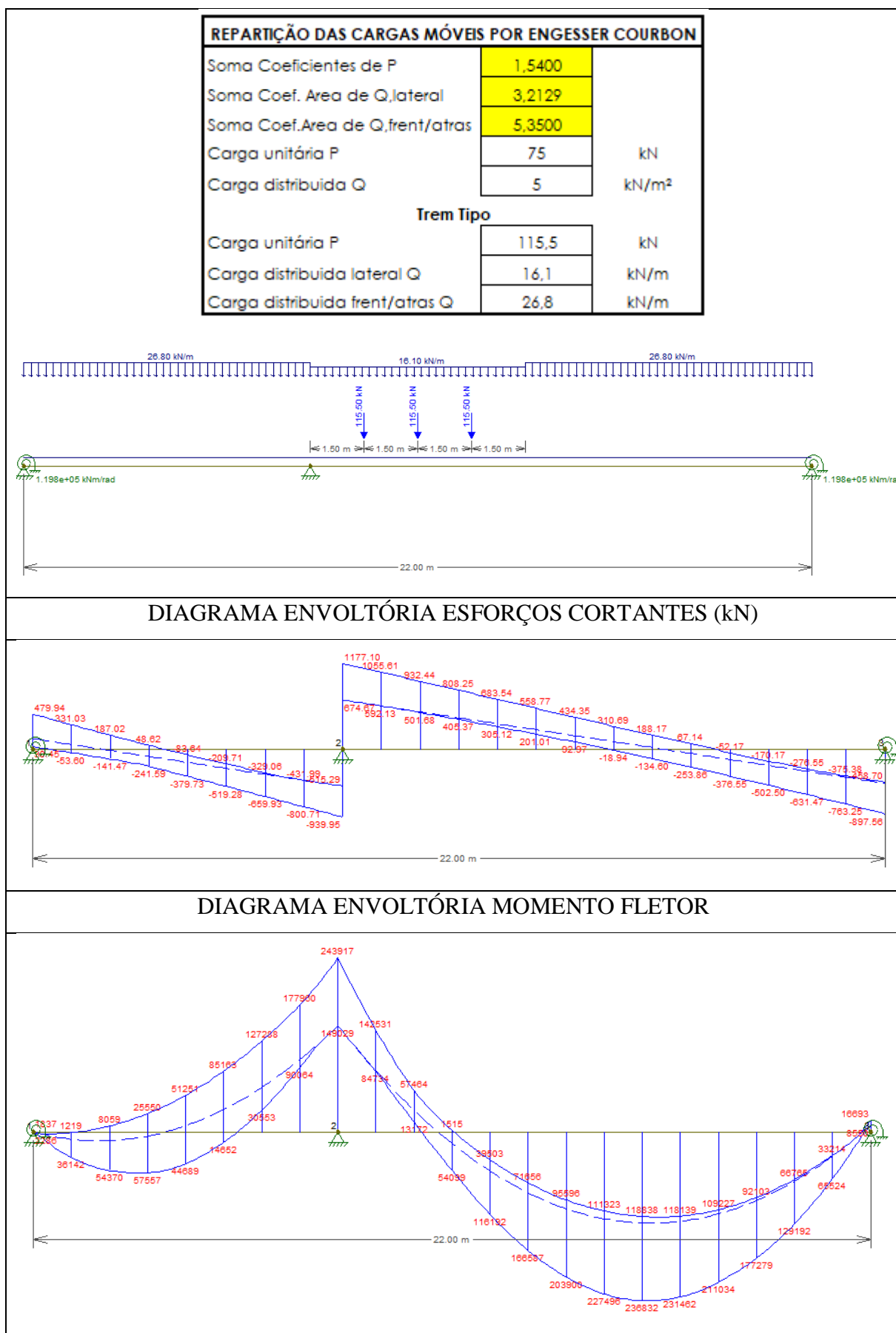
q, lat

q, lat

P P P P

0,43 0,4 0,39 0,38 0,34 0,3 0,2 0,1

A, lat=3,2129
A, tot=5,35

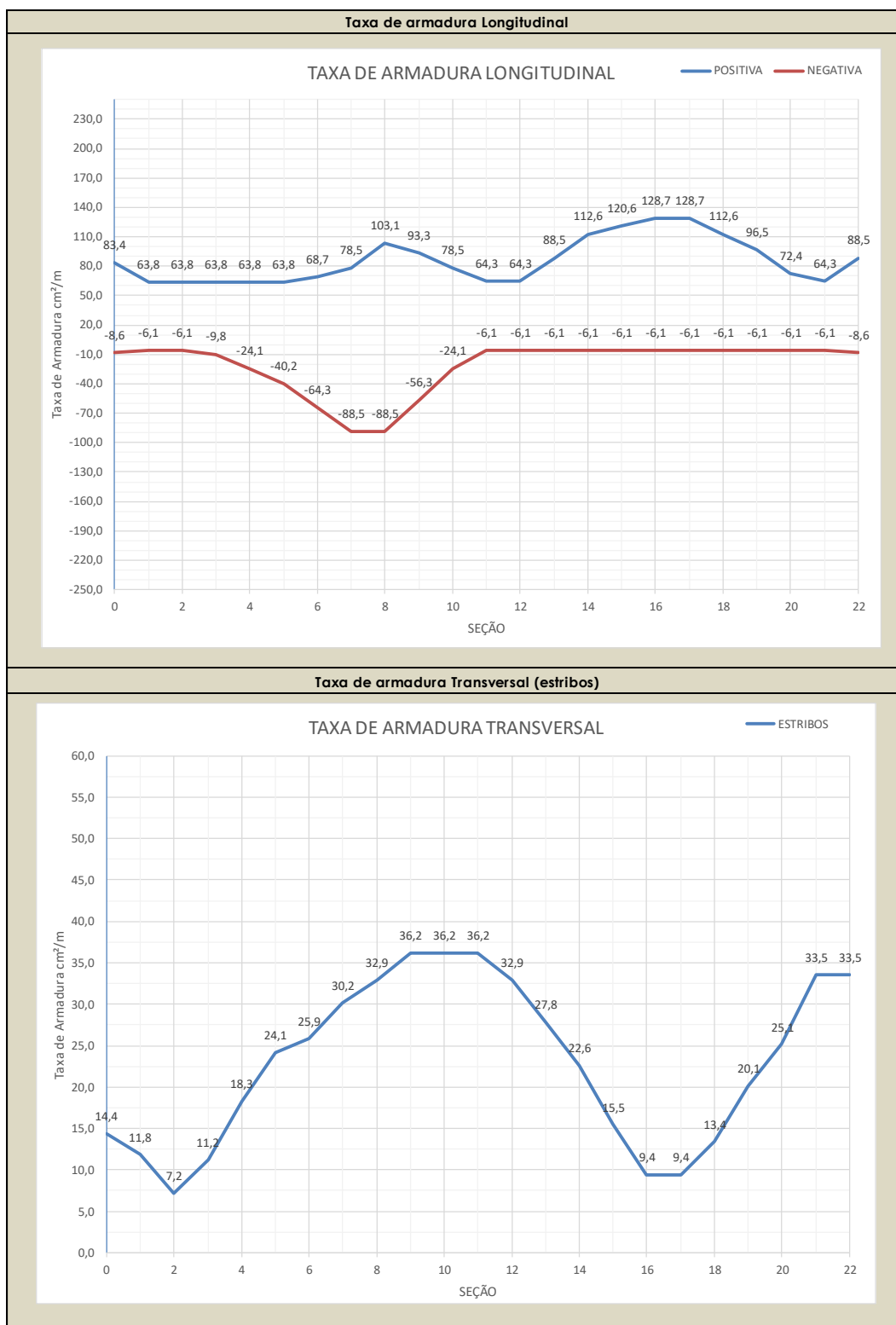


CÁLCULO DEVIDO A CARGA PERMANENTE

DEVIDO AS VIGAS POSSUIREM CARREGAMENTOS SIMÉTRICOS E AS VIGAS SEREM ESPAÇADAS SIMETRICAMENTE, PARA O CARREGAMENTO PERMANENTE, POR ENGESSER COURBON, OS DIAGRAMAS SÃO IDÊNTICOS PARA TODAS AS VIGAS DESTE TABULEIRO.

Não são apresentadas todas as memórias de cálculo das longarinas, entretanto, todos os resultados substanciais estão apresentados no corpo deste trabalho.

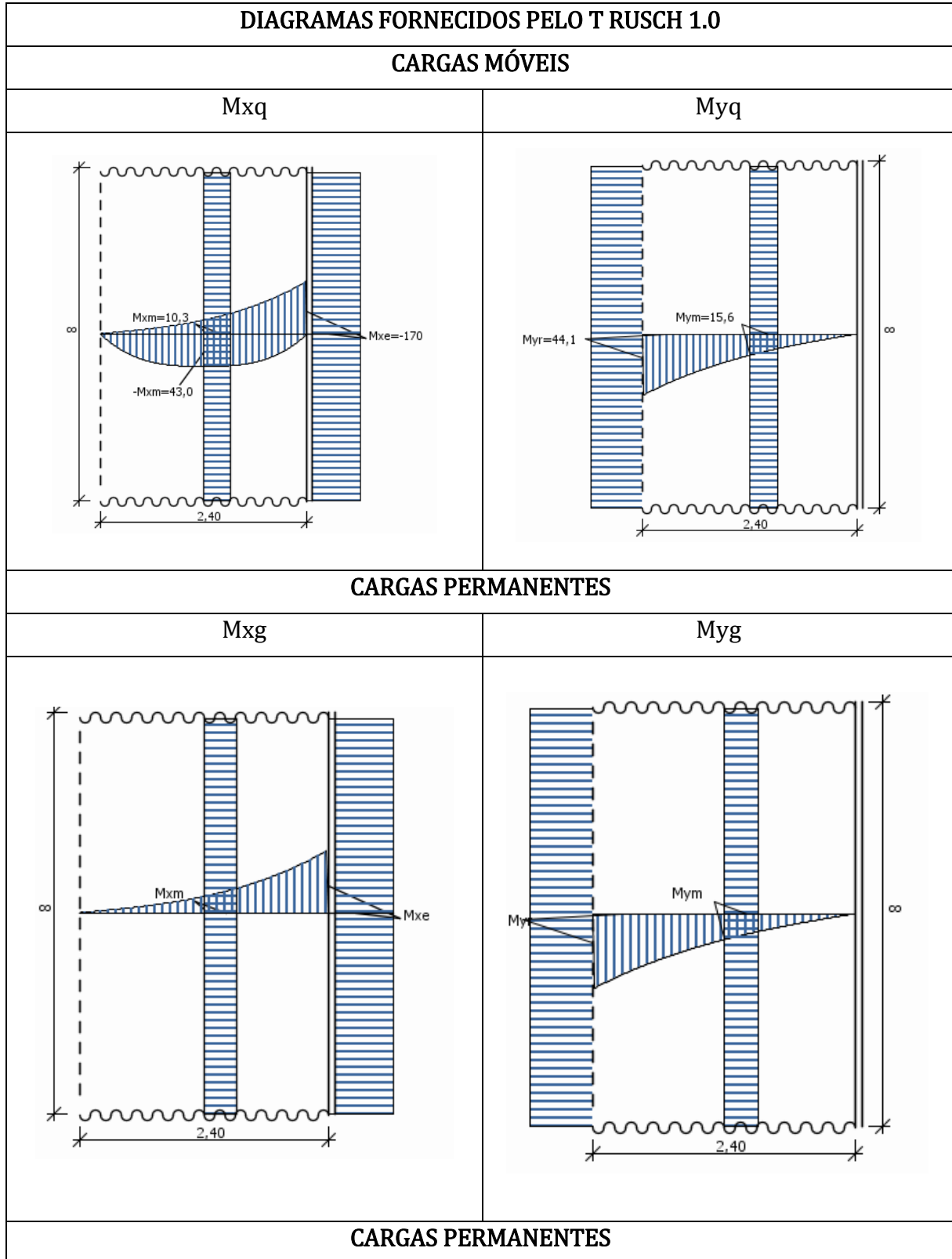
Gráficos de Taxa de Armaduras:

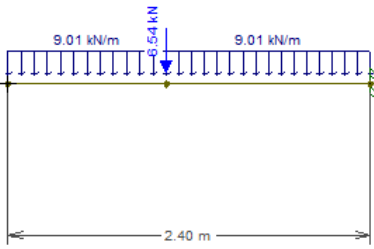
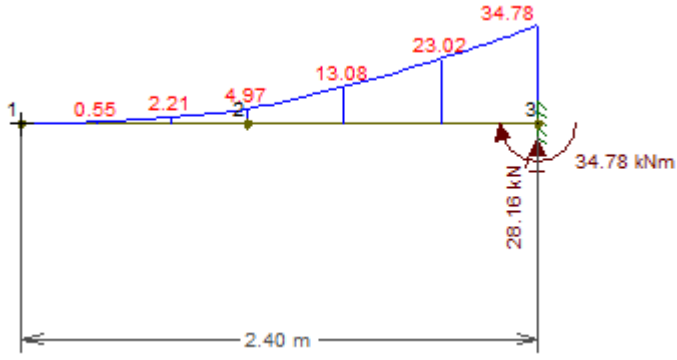


TABULEIRO D

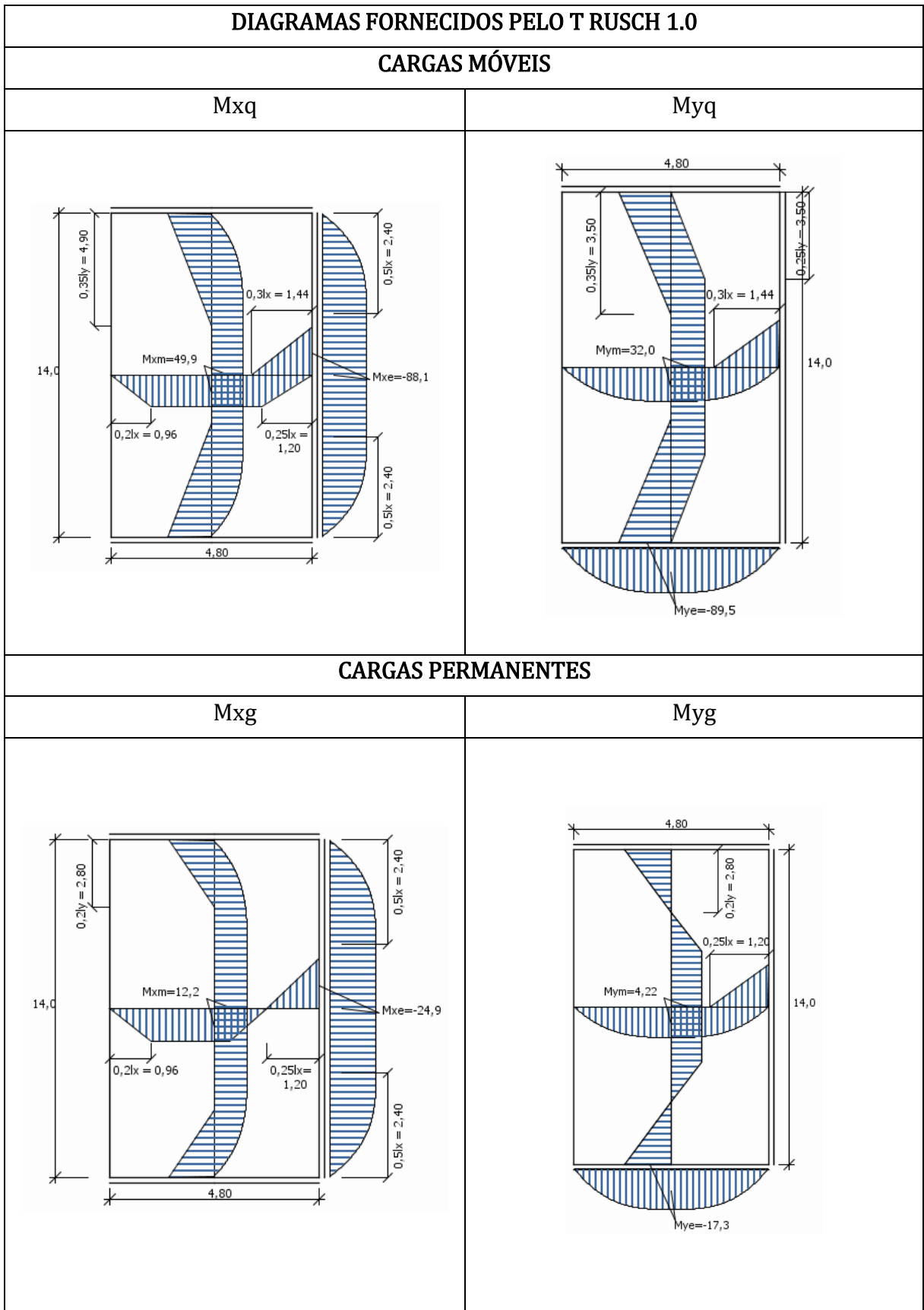
Cálculo das lajes

CÁLCULO L1=L6



Levantamento Cargas Permanentes				
Elemento	Tipo carregamento	carga		braço (m)
Barreira New Jersey	Concentrado	6,54	kN/m	1,05
subtotal		6,54	kN/m	
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²	
Laje + mísulas	Distribuído	6,25	kN/m ²	
subtotal		9,01	kN/m²	
DIAGRAMAS FTOOL				
DIAGRAMA DE CORPO LIVRE				
				
DIAGRAMA MOMENTO FLETOR (kNm) - M _{xg}				
				

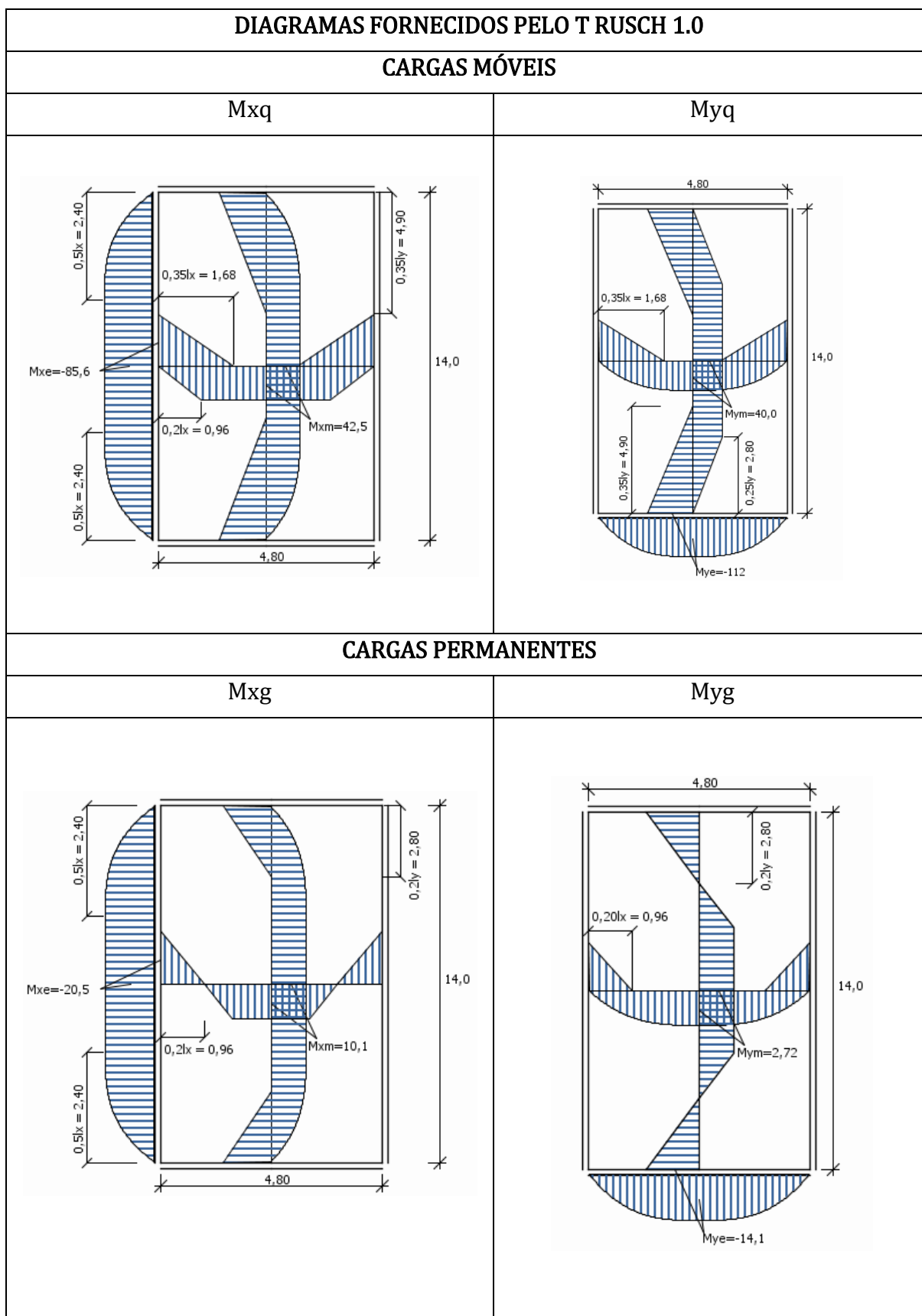
CÁLCULO L2=L5



CARGAS PERMANENTES			
Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	-	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	6,88	kN/m ²
subtotal		9,64	kN/m²
COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTO FLETOR			

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L2 E L3								
Tipo Momento	Símbolo	L2		L3		Mom. Compatibilizado		
		Borda	Mom.Flet. kNm	Borda	Mom.Flet. kNm			
NEGATIVO	mxe	Direita	165,765	Esquerda	156,075	mxe =	160,92	DIREITA
POSITIVO	mxm	meio	91,32	meio	77,385	mxm L2 =	96,17	mxm L3 = 82,23
COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L2 E L8								
Tipo Momento	Símbolo	L2		L8		Mom. Compatibilizado		
		Borda	kNm	Borda	kNm			
NEGATIVO	mye	Inferior	157,605	Superior	55,4925	mye =	126,08	INFERIOR
POSITIVO	mym	meio	53,697	meio	55,4925	mym L2 =	104,75	mym L8 = 106,55
CARGAS PERMANENTES					CARGAS MÓVEIS			
LAJE	L2	DIREÇÃO	LX					
LAJE	L2	DIREÇÃO	LY					
LAJE	L3	DIREÇÃO	LX					
LAJE	L8	DIREÇÃO	LY					
ANÁLISE DE				ARMADO PARA				CIDADE
DOS LAGOS EM GUARAPUAVA - PR								

CÁLCULO L3=L4



CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	1,09	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	6,88	kN/m ²
subtotal		10,72	kN/m²

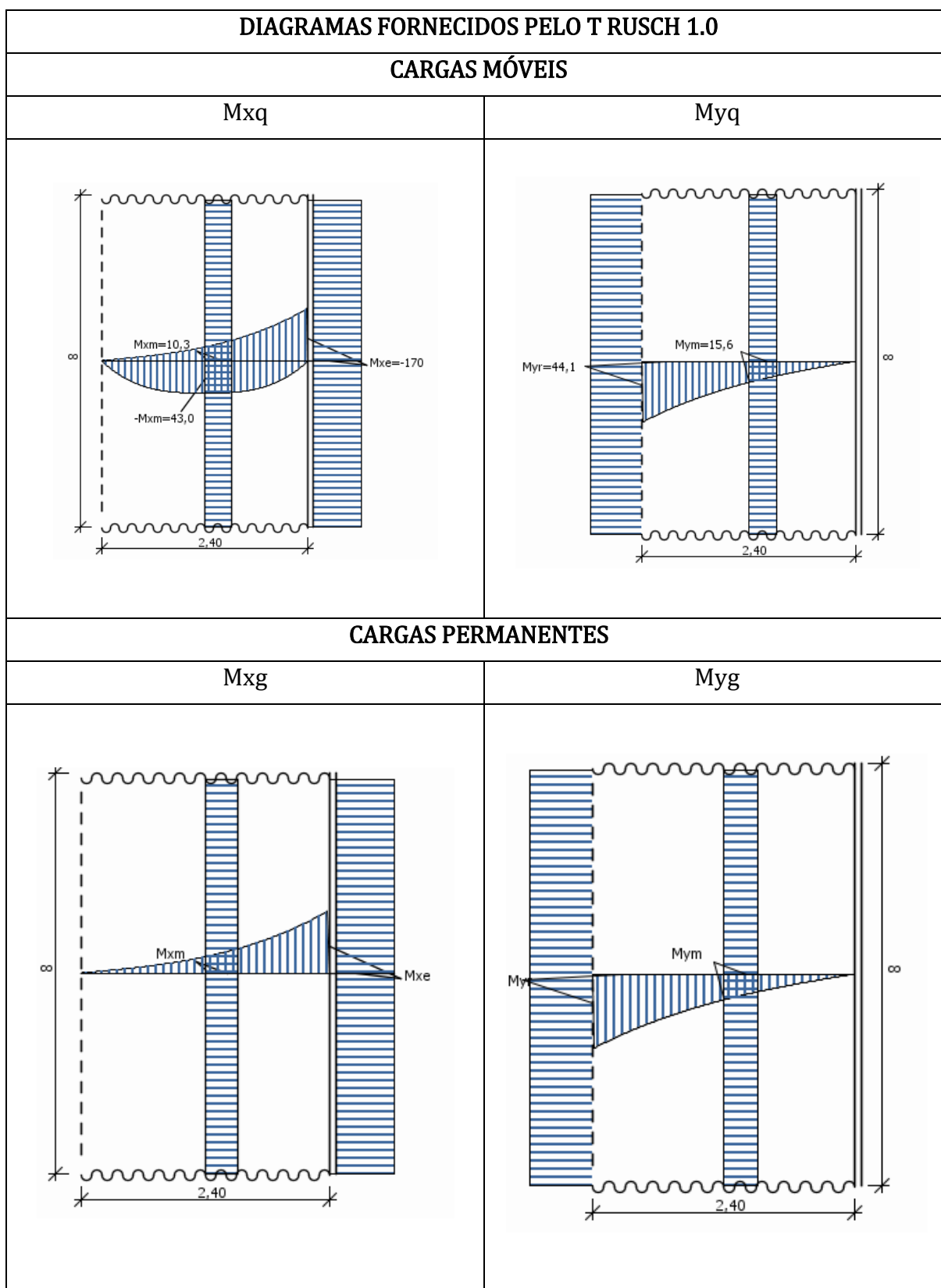
COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L3 E L4									
Tipo Momento	Símbolo	L3		L4		Mom. Compatibilizado			
		Borda	Mom.Flet. kNm	Borda	Mom.Flet. kNm				
NEGATIVO	mxe	Direita	156,075	Esquerda	156,08	mxe =	156,08		
POSITIVO	mxm	meio	77,385	meio	77,39	mxm L3 =	77,39	mxm L4 =	77,39

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L3 E L8									
Tipo Momento	Símbolo	L3		L9		Mom. Compatibilizado			
		Borda	kNm	Borda	kNm				
NEGATIVO	mye	Inferior	76,94	Superior	313,38	mye =	250,70		
POSITIVO	mym	meio	76,94	meio	120,23	mym L3 =	195,16	mym L9 =	238,45

CARGAS PERMANENTES					CARGAS MÓVEIS					
LAJE	L3	DIREÇÃO	LX		LAJE	L3	DIREÇÃO	LY		

CÁLCULO L7=L12



CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes				
Elemento	Tipo carregamento	carga		braço (m)
Barreira New Jersey	Concentrado	6,54	kN/m	1,05
subtotal		6,54	kN/m	
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²	
Laje + mísulas	Distribuído	6,25	kN/m ²	
subtotal		9,01	kN/m²	

DIAGRAMAS FTOOL

DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

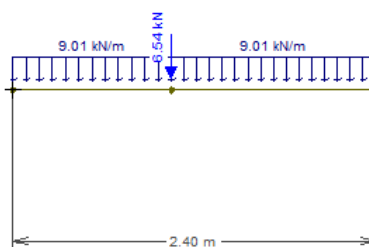
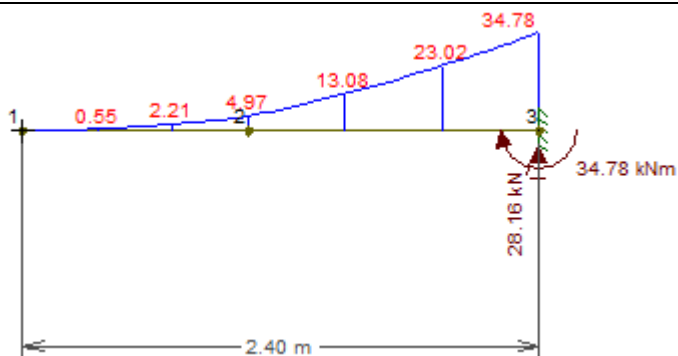
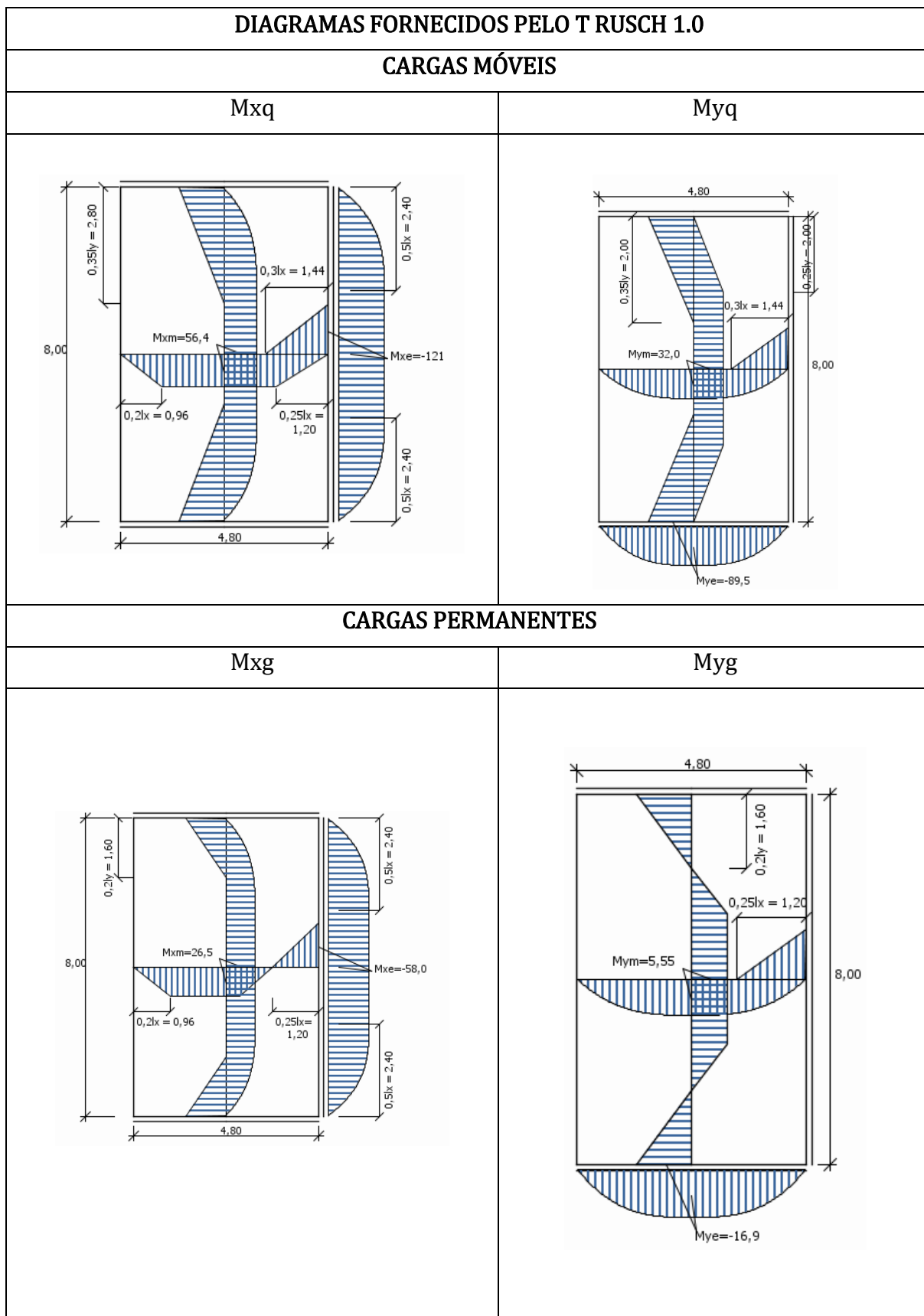


DIAGRAMA MOMENTO FLETOR (kNm) - M_{xg}



CÁLCULO L8=L11



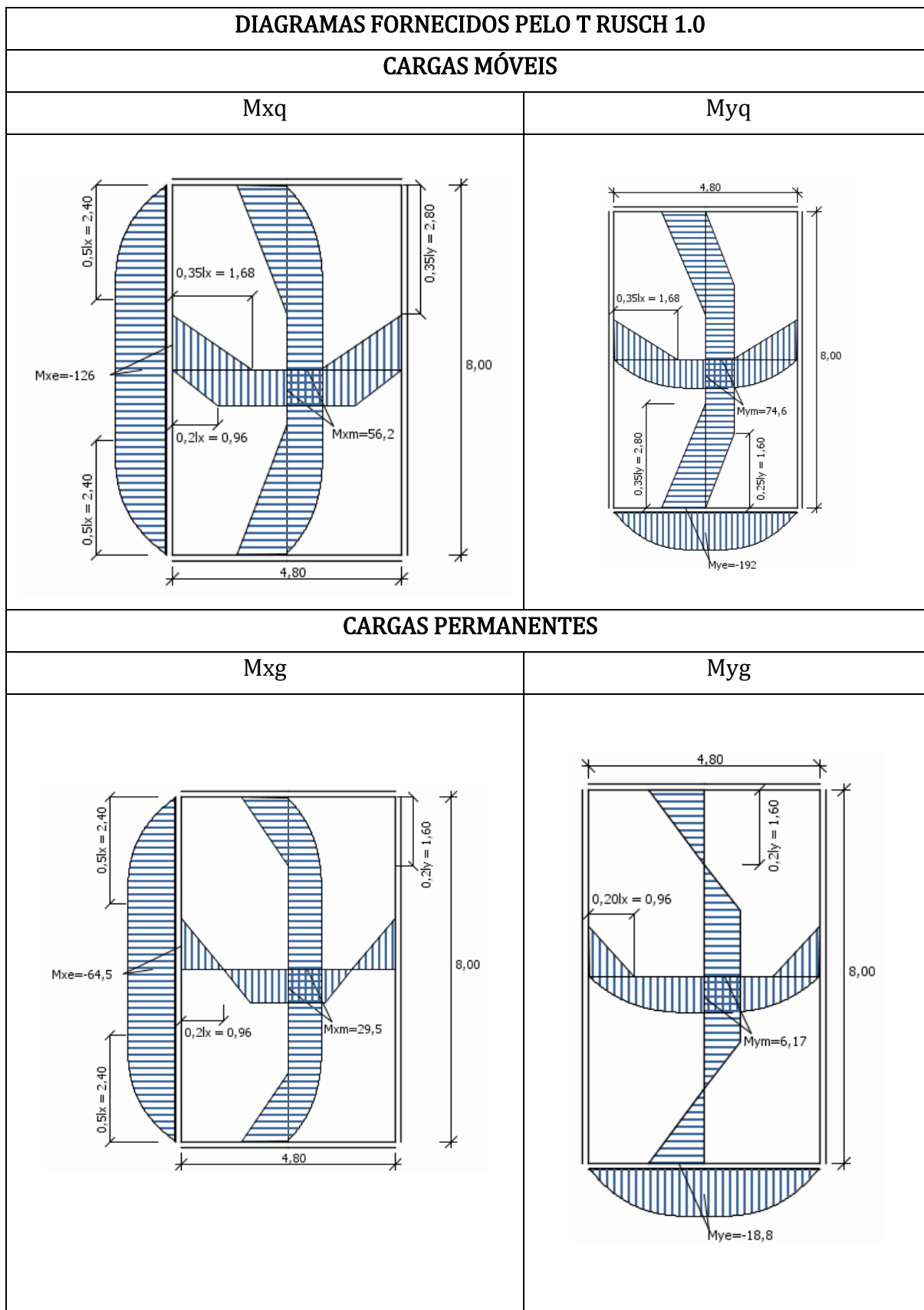
CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	-	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	6,88	kN/m ²
subtotal		9,64	kN/m²

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L2 E L3								
Tipo Momento	Símbolo	L9		L8		Mom. Compatibilizado		
		Borda	Mom.Flet. kNm	Borda	Mom.Flet. kNm			
NEGATIVO	mxe	Direita	276,08	Esquerda	259,80	mxe =	267,94	DIREITA
POSITIVO	mxm	meio	124,13	meio	120,38	mxm L9 =	132,26	mxm L8 = 128,51
COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L2 E L8								
Tipo Momento	Símbolo	L2		L8		Mom. Compatibilizado		
		Borda	kNm	Borda	kNm			
NEGATIVO	mye	Inferior	157,61	Superior	55,49	mye =	126,08	INFERIOR
POSITIVO	mym	meio	53,70	meio	55,49	mym L2 =	104,75	mym L8 = 106,55
CARGAS PERMANENTES					CARGAS MÓVEIS			
LAJE	L8	DIREÇÃO	LX					
LAJE	L8	DIREÇÃO	LY					
LAJE	L2	DIREÇÃO	LY					

CÁLCULO L9=L10



CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	1,36	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	6,88	kN/m ²
subtotal		11,00	kN/m²

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L3 E L4								
Tipo Momento	Símbolo	L10		L9		Mom. Compatibilizado		
		Borda	Mom.Flet. kNm	Borda	Mom.Flet. kNm			
NEGATIVO	mxe	Direita	276,075	Esquerda	276,08	mxe =	276,08	DIREITA
POSITIVO	mxm	meio	124,125	meio	124,13	mxm L10 =	124,13	mxm L9 = 124,13
COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L2 E L3								
Tipo Momento	Símbolo	L9		L8		Mom. Compatibilizado		
		Borda	kNm	Borda	kNm			
NEGATIVO	mxe	Direita	276,08	Esquerda	259,80	mxe =	267,94	ESQUERDA
POSITIVO	mxm	meio	124,13	meio	120,38	mxm L9 =	132,26	mxm L8 = 128,51
COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTOS FLETORES DAS LAJES SOLIDÁRIAS L3 E L8								
Tipo Momento	Símbolo	L3		L9		Mom. Compatibilizado		
		Borda	kNm	Borda	kNm			
NEGATIVO	mye	Inferior	76,94	Superior	313,38	mye =	250,70	SUPERIOR
POSITIVO	mym	meio	76,94	meio	120,23	mym L3 =	195,16	mym L9 = 238,45
CARGAS PERMANENTES								
LAJE	L9	DIREÇÃO LX						
LAJE	L9	DIREÇÃO LY						
LAJE	L8	DIREÇÃO LX						
LAJE	L3	DIREÇÃO LY						

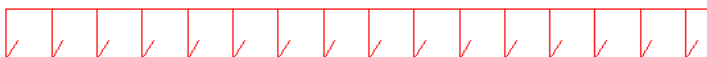
Cálculo das Longarinas

V1=V5


CÁLCULO DEVIDO AS CARGAS MÓVEIS						
SEÇÃO LONGITUDINAL						
RIGIDEZ PILAR						
$k_{pilar} = 4 * E_{cs} * I / L_{flambagem\ pilar}$						
$k = \frac{4 * 2684 * (30 * 50^3 / 12)}{560 / 2} = 11.982.142,9\ kNcm$						
TREM TIPO						
REPARTIÇÃO TRANSVERSAL POR ENGESSER COURBON						
n° longarinas	5					
posição da carga	x1	x2	x3	x4	x5	
	-2 a	-1 a	0 a 1	a	2 a	
xj²	10 a²					
posição da carga						
vigas	1	2	3	4	5	
1	0,6 P	0,4 P	0,2 P	0,0 P	-0,2 P	Σ
2	0,4 P	0,3 P	0,2 P	0,1 P	0,0 P	1,00
3	0,2 P	0,2 P	0,2 P	0,2 P	0,2 P	1,00
4	0,0 P	0,1 P	0,2 P	0,3 P	0,4 P	1,00
5	-0,2 P	0,0 P	0,2 P	0,4 P	0,6 P	1,00

VIGA V1=V5

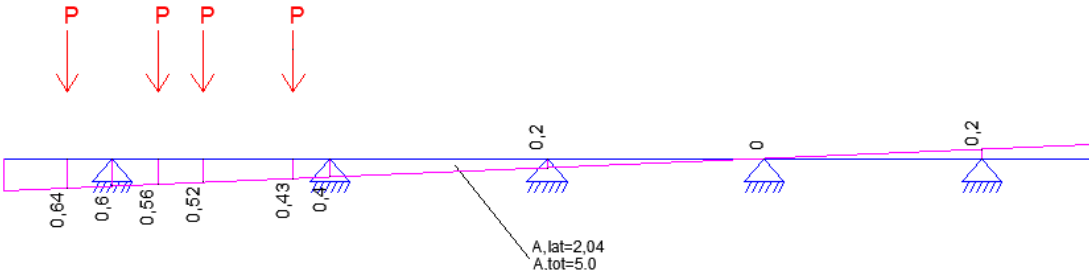
q, frent/atrás

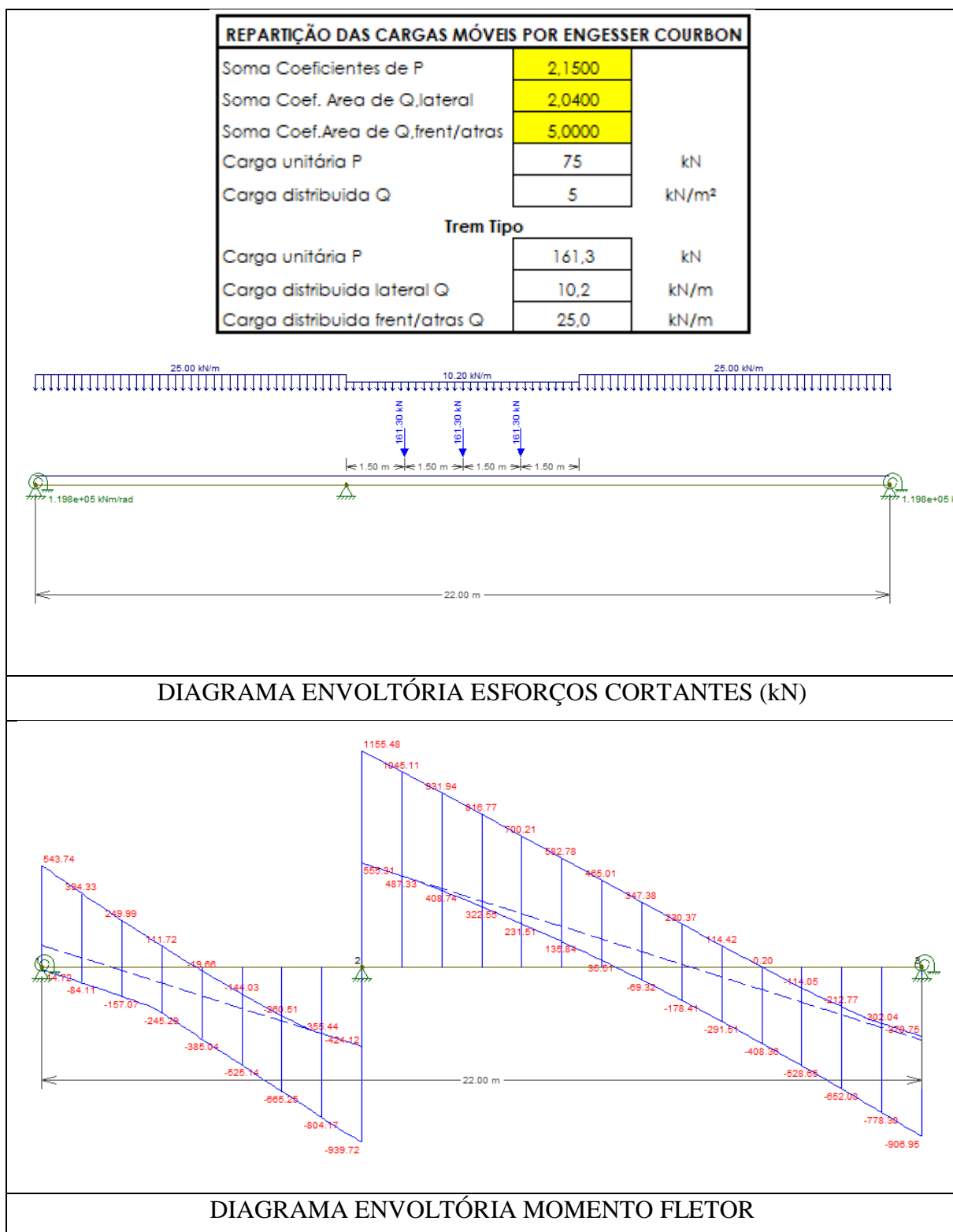


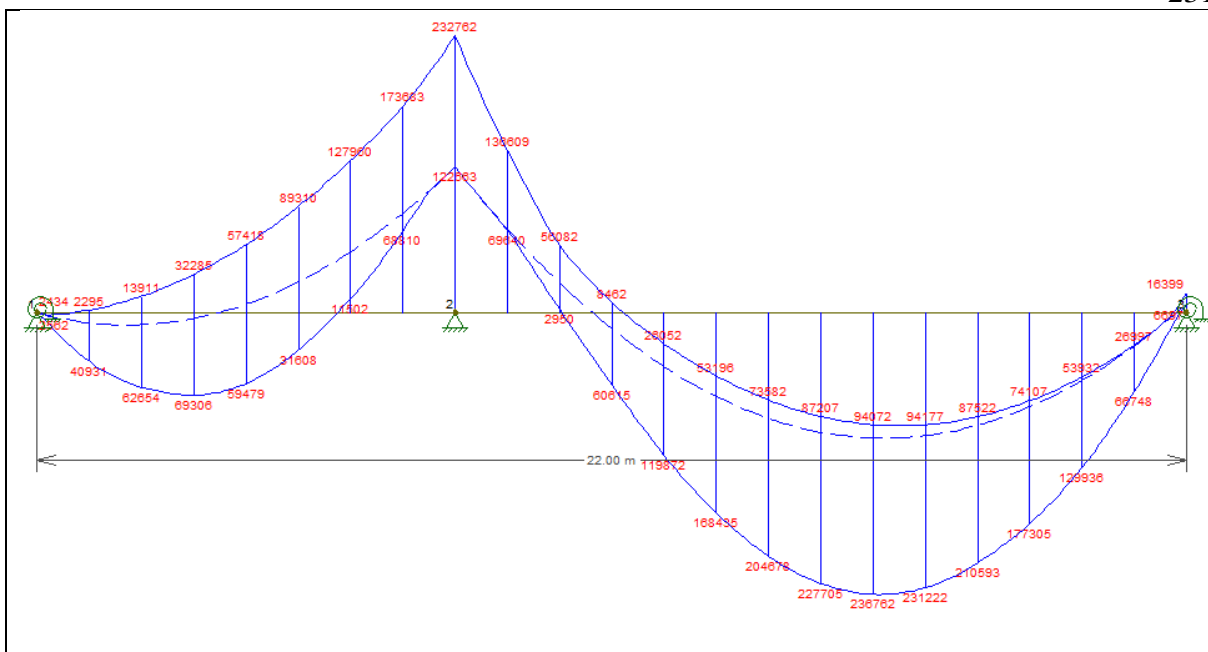
q, lat



P P P P







CÁLCULO DEVIDO A CARGA PERMANENTE

DIAGRAMA CORPO LIVRE

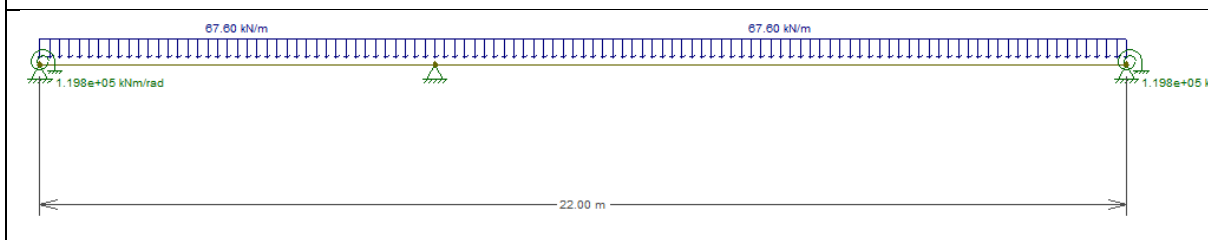


DIAGRAMA ESFORÇO CORTANTE

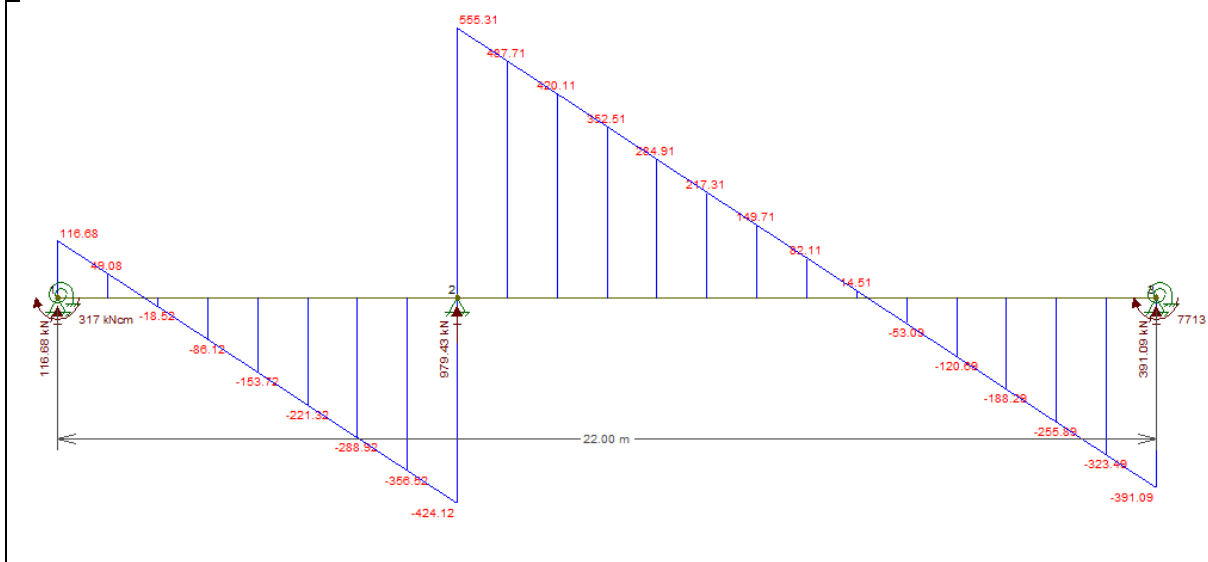
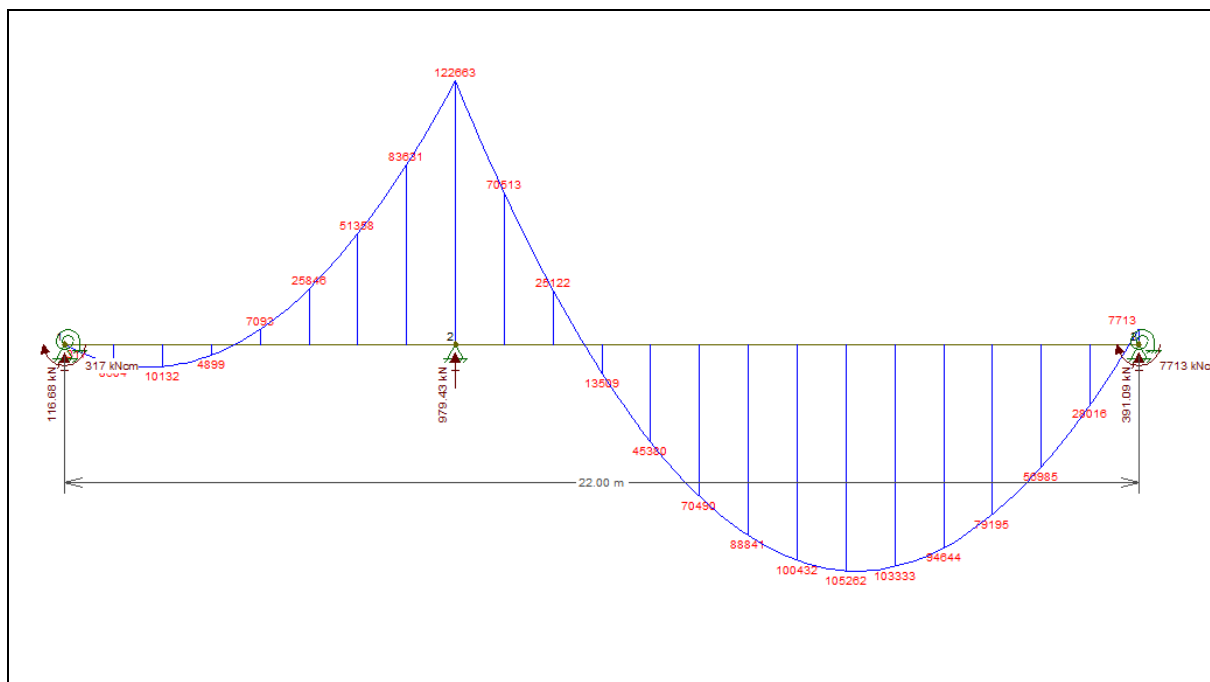


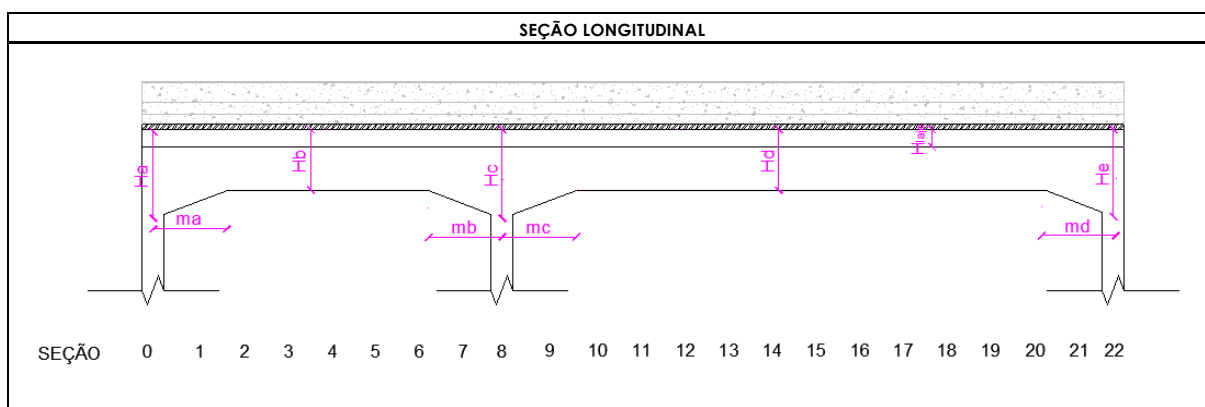
DIAGRAMA MOMENTO FLETOR



Não são apresentadas todas as memórias de cálculo das longarinas, entretanto, todos os resultados substanciais estão apresentados no corpo deste trabalho.

Seção Longitudinal

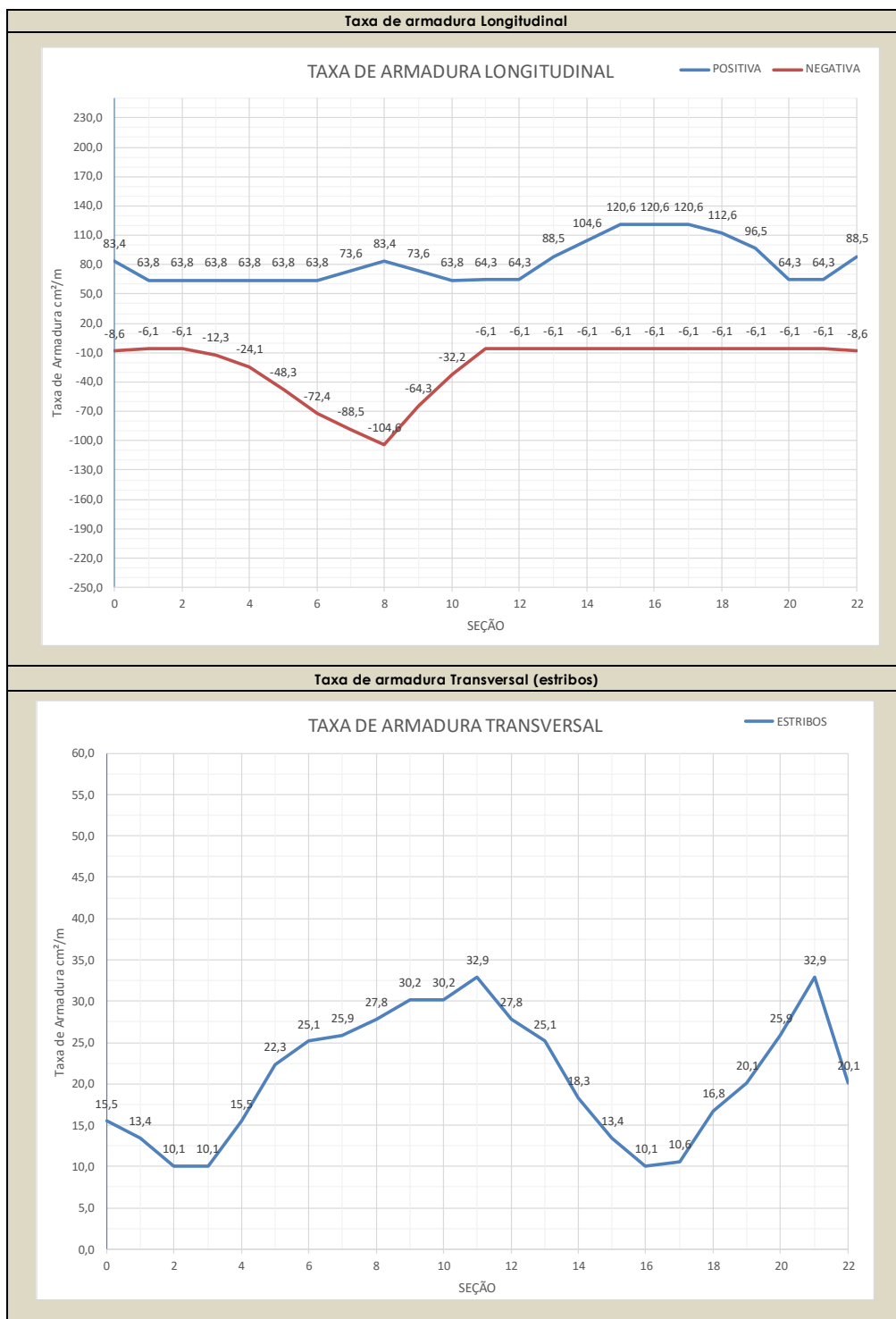
Todas as longarinas deste tabuleiro possuem mesma seção longitudinal



h MÍSULA PILAR A	Ha	200	cm
LARGURA MISULA A	ma	100	cm
h 1º TRAMO	Hb	150	cm
LARGURA MISULA B	mb	200	cm
h MÍSULA PILAR INTERM.	Hc	200	cm
LARGURA MISULA C	mc	200	cm
h 2º TRAMO	Hd	150	cm
LARGURA MISULA D	md	100	cm
h MÍSULA PILAR B	He	200	cm

seções		
S 0	200	cm
S 1	150	cm
S 2	150	cm
S 3	150	cm
S 4	150	cm
S 5	150	cm
S 6	150	cm
S 7	175	cm
S 8	200	cm
S 9	175	cm
S 10	150	cm
S 11	150	cm
S 12	150	cm
S 13	150	cm
S 14	150	cm
S 15	150	cm
S 16	150	cm
S 17	150	cm
S 18	150	cm
S 19	150	cm
S 20	150	cm
S 21	150	cm
S 22	200	cm

Gráficos de Taxa de Armaduras:



V2=V4

CÁLCULO DEVIDO AS CARGAS MÓVEIS

SEÇÃO LONGITUDINAL

RIGIDEZ PILAR

$$k_{pilar} = 4 * E_{cs} * I / L_{flambagem\ pilar}$$

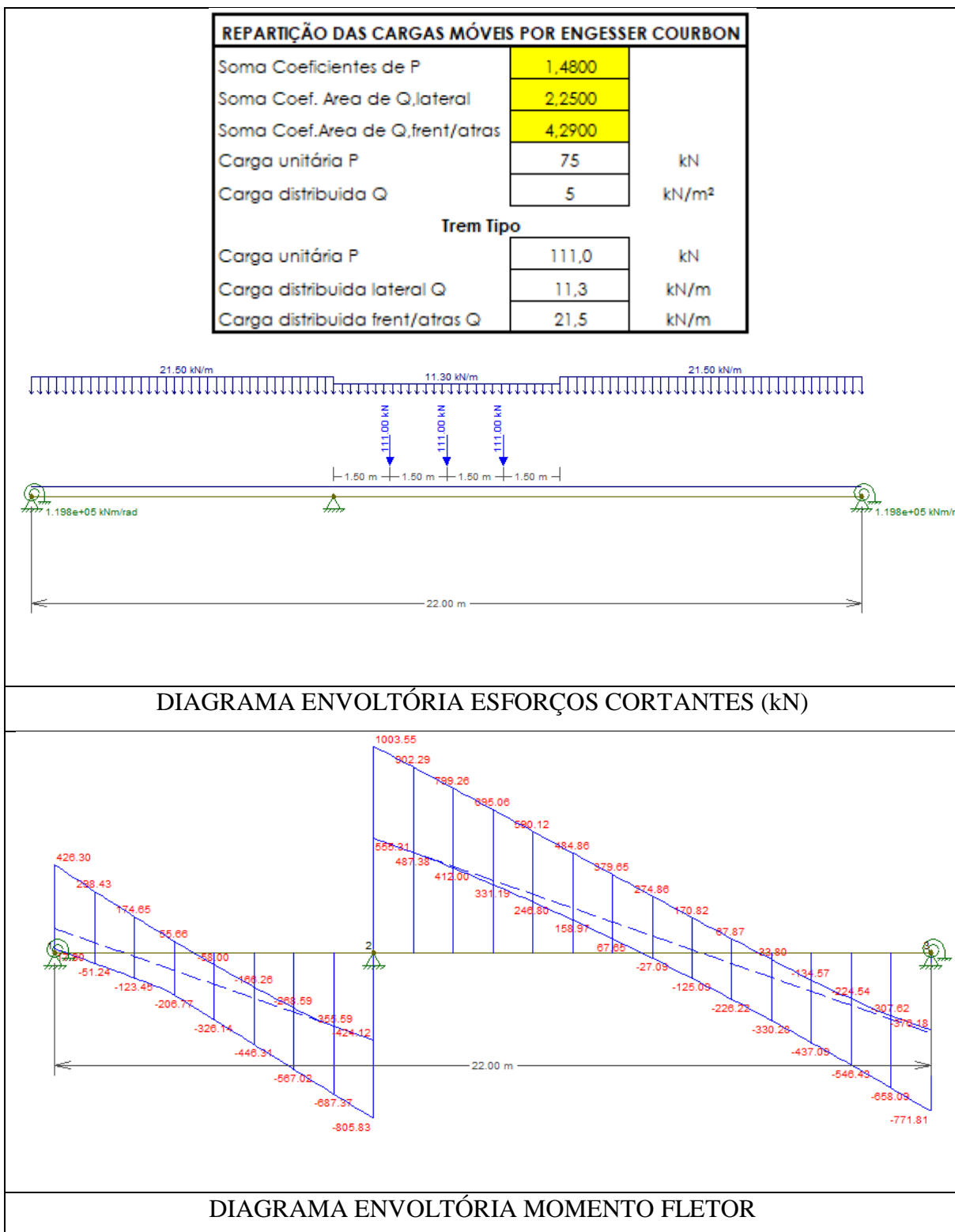
$$k = \frac{4 * 2684 * (30 * 50^3 / 12)}{560 / 2} = 11.982.142,9\ kNcm$$

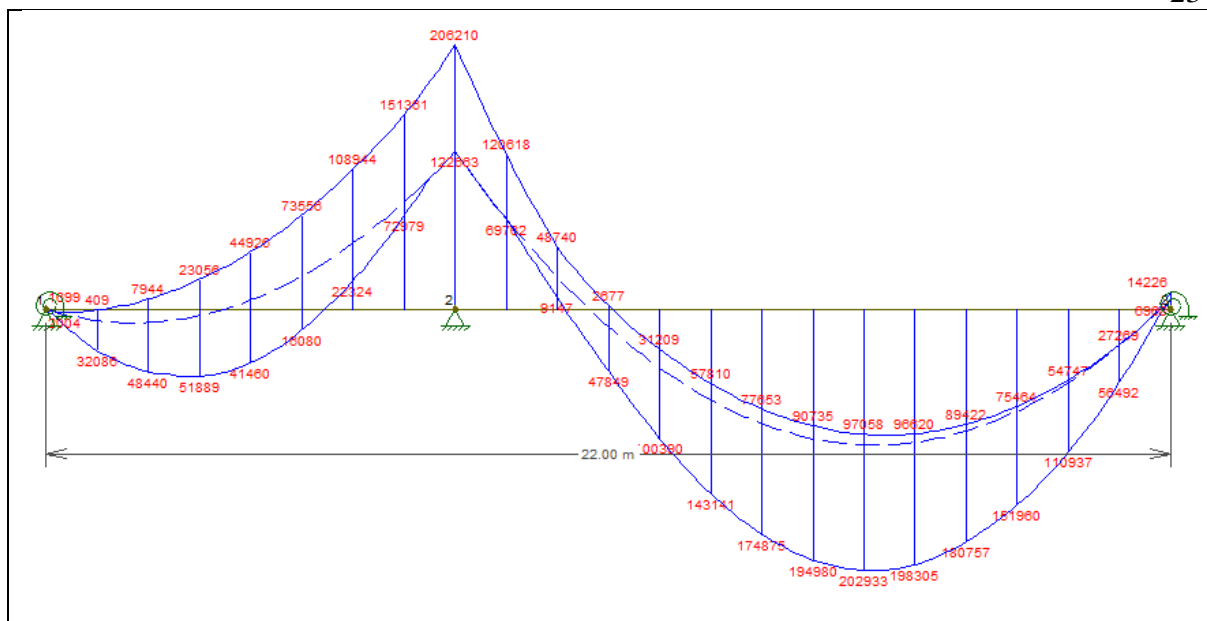
TREM TIPO

REPARTIÇÃO TRANSVERSAL POR ENGESSER COURBON

n° longarinas	5					
posição da carga	x1	x2	x3	x4	x5	
	-2 a	-1 a	0 a	1 a	2 a	
xi²	10 a²					
posição da carga						
vigas	1	2	3	4	5	Σ
1	0,6 P	0,4 P	0,2 P	0,0 P	-0,2 P	1,00
2	0,4 P	0,3 P	0,2 P	0,1 P	0,0 P	1,00
3	0,2 P	0,2 P	0,2 P	0,2 P	0,2 P	1,00
4	0,0 P	0,1 P	0,2 P	0,3 P	0,4 P	1,00
5	-0,2 P	0,0 P	0,2 P	0,4 P	0,6 P	1,00

VIGA V2=V4



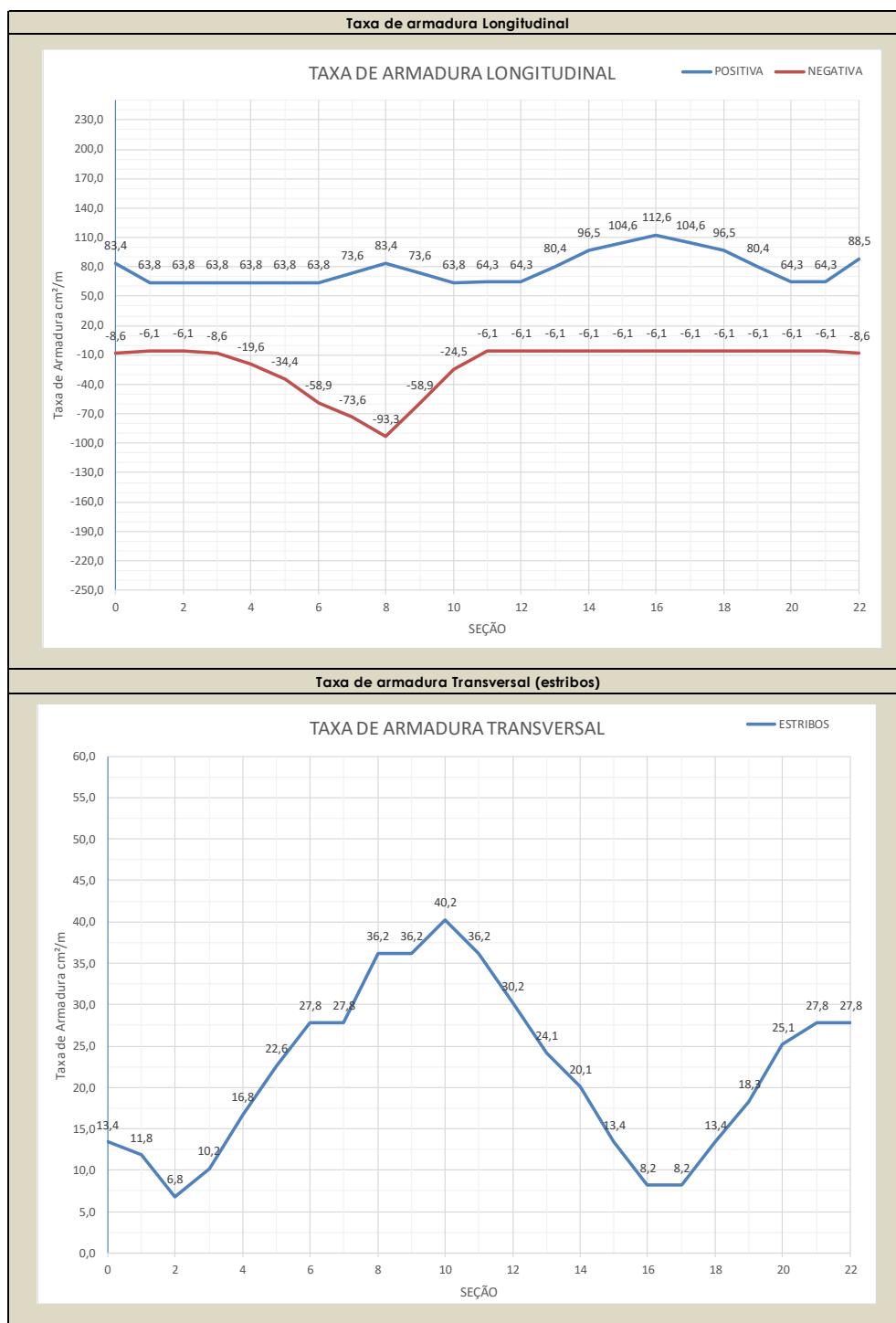


CÁLCULO DEVIDO A CARGA PERMANENTE

DEVIDO AS VIGAS POSSUIREM CARREGAMENTOS SIMÉTRICOS E AS VIGAS SEREM ESPAÇADAS SIMETRICAMENTE, PARA O CARREGAMENTO PERMANENTE, POR ENGESSER COURBON, OS DIAGRAMAS SÃO IDÊNTICOS PARA TODAS AS VIGAS DESTE TABULEIRO.

Não são apresentadas todas as memórias de cálculo das longarinas, entretanto, todos os resultados substanciais estão apresentados no corpo deste trabalho.

Gráficos de Taxa de Armaduras:



CÁLCULO DEVIDO AS CARGAS MÓVEIS

SEÇÃO LONGITUDINAL

RIGIDEZ PILAR

$$k_{pilar} = 4 * E_{cs} * I / L_{flambagem\ pilar}$$

$$k = \frac{4 * 2684 * (30 * 50^3 / 12)}{560 / 2} = 11.982.142,9\ kNcm$$

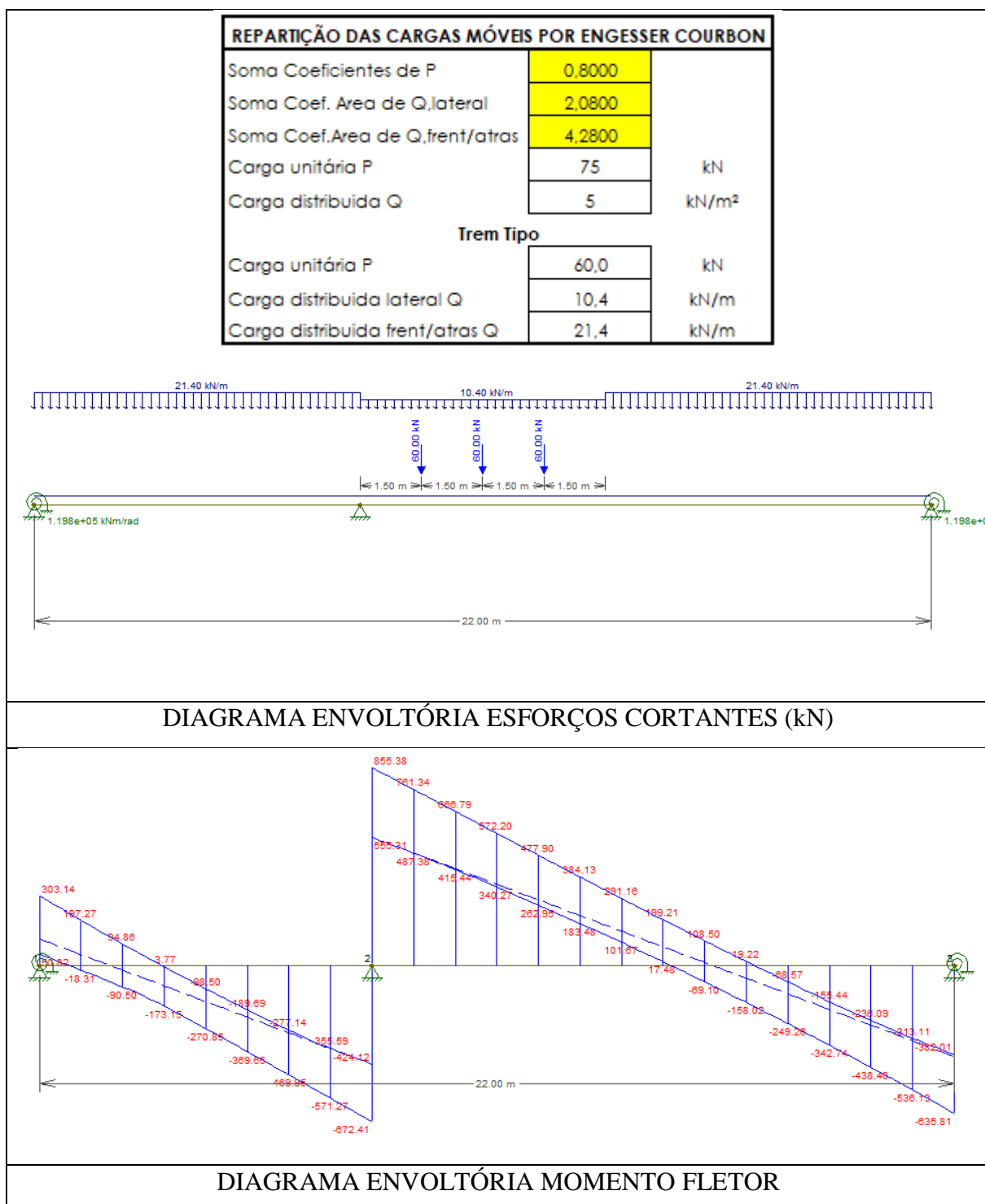
TREM TIPO

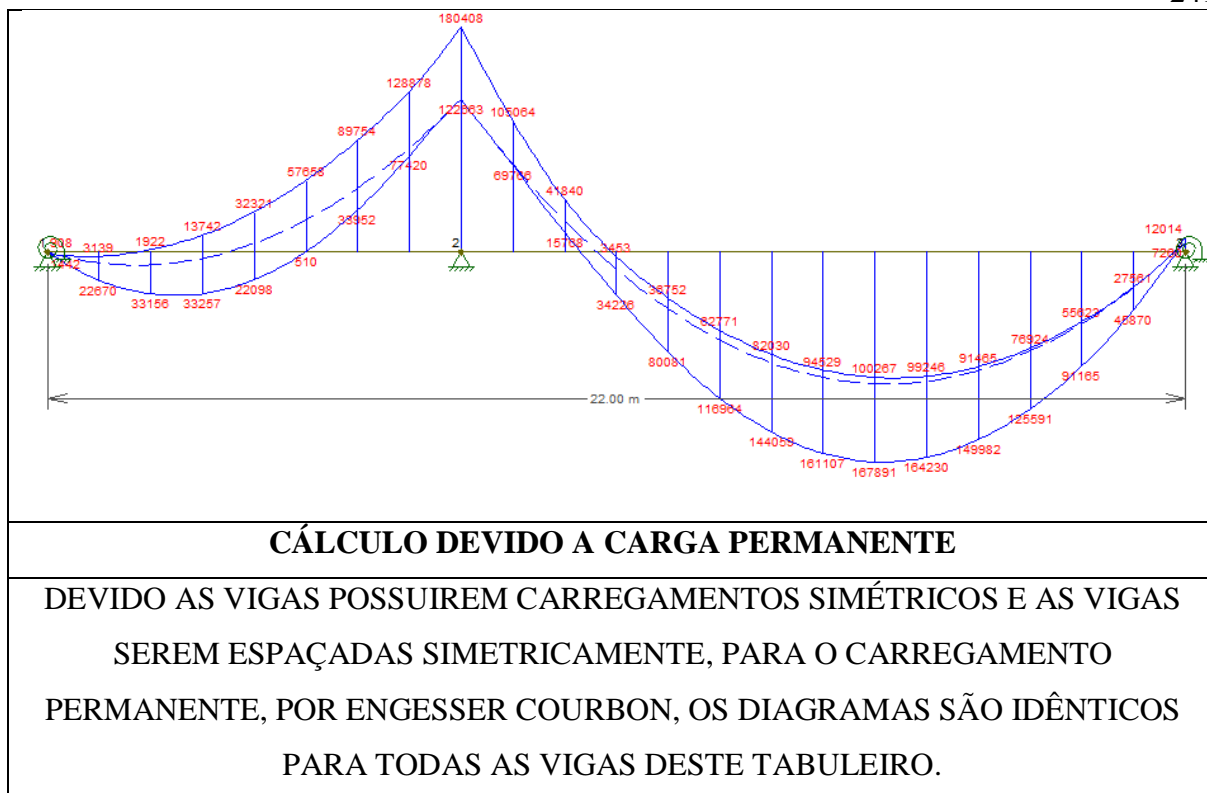
REPARTIÇÃO TRANSVERSAL POR ENGESSER COURBON

nº longarinas	5					
posição da carga	x1	x2	x3	x4	x5	
	-2 a	-1 a	0 a	1 a	2 a	
xi²	10 a²					
posição da carga						
vigas	1	2	3	4	5	Σ
1	0,6 P	0,4 P	0,2 P	0,0 P	-0,2 P	1,00
2	0,4 P	0,3 P	0,2 P	0,1 P	0,0 P	1,00
3	0,2 P	0,2 P	0,2 P	0,2 P	0,2 P	1,00
4	0,0 P	0,1 P	0,2 P	0,3 P	0,4 P	1,00
5	-0,2 P	0,0 P	0,2 P	0,4 P	0,6 P	1,00

VIGA V3

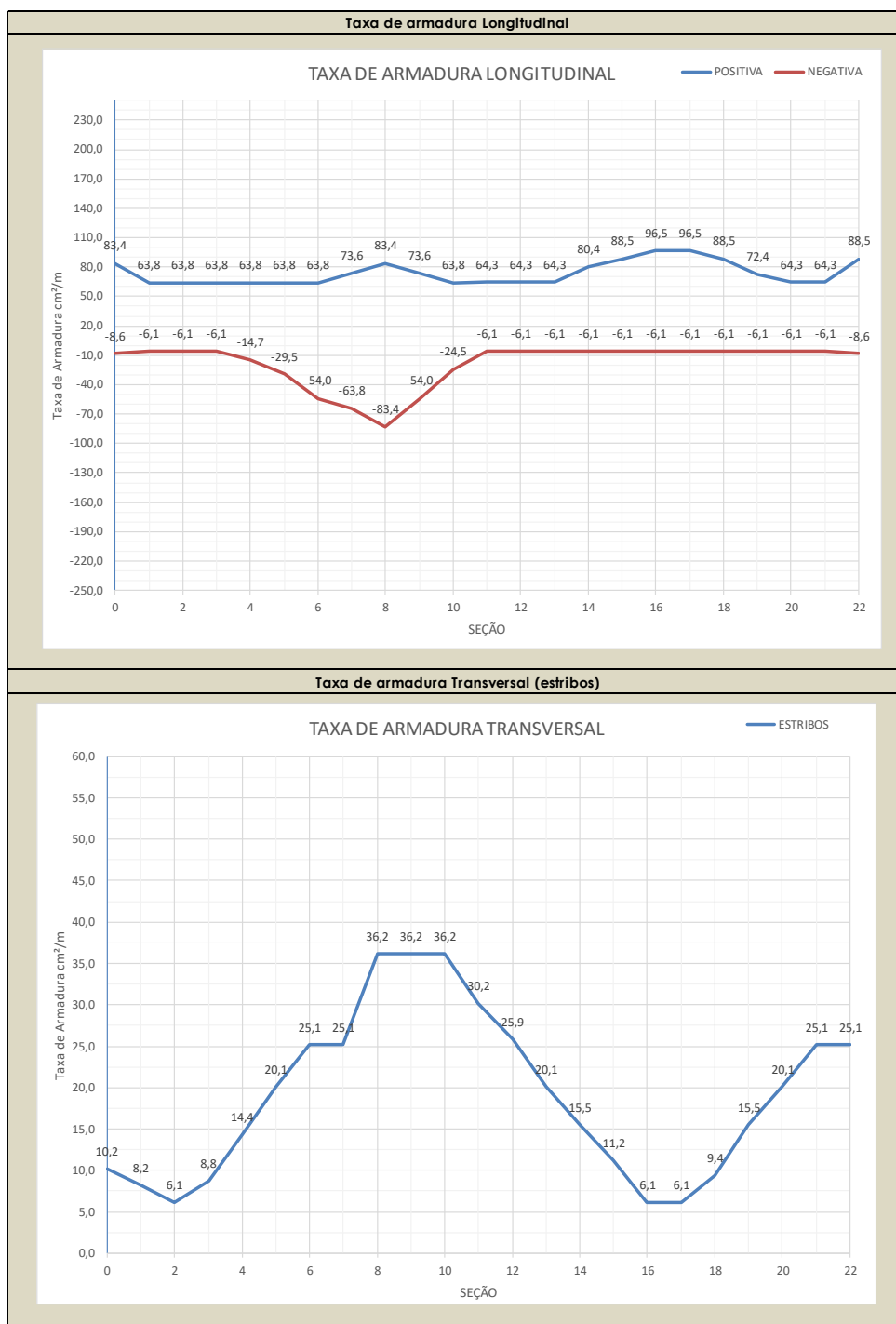
$q, \text{frent/atrás}$
 q, lat
 P
 $0,2$
 $0,2$
 $0,2$
 $0,2$
 $0,2$
 $0,2$
 $A, \text{lat}=2,08$
 $A, \text{tot}=4,28$





Não são apresentadas todas as memórias de cálculo das longarinas, entretanto, todos os resultados substanciais estão apresentados no corpo deste trabalho.

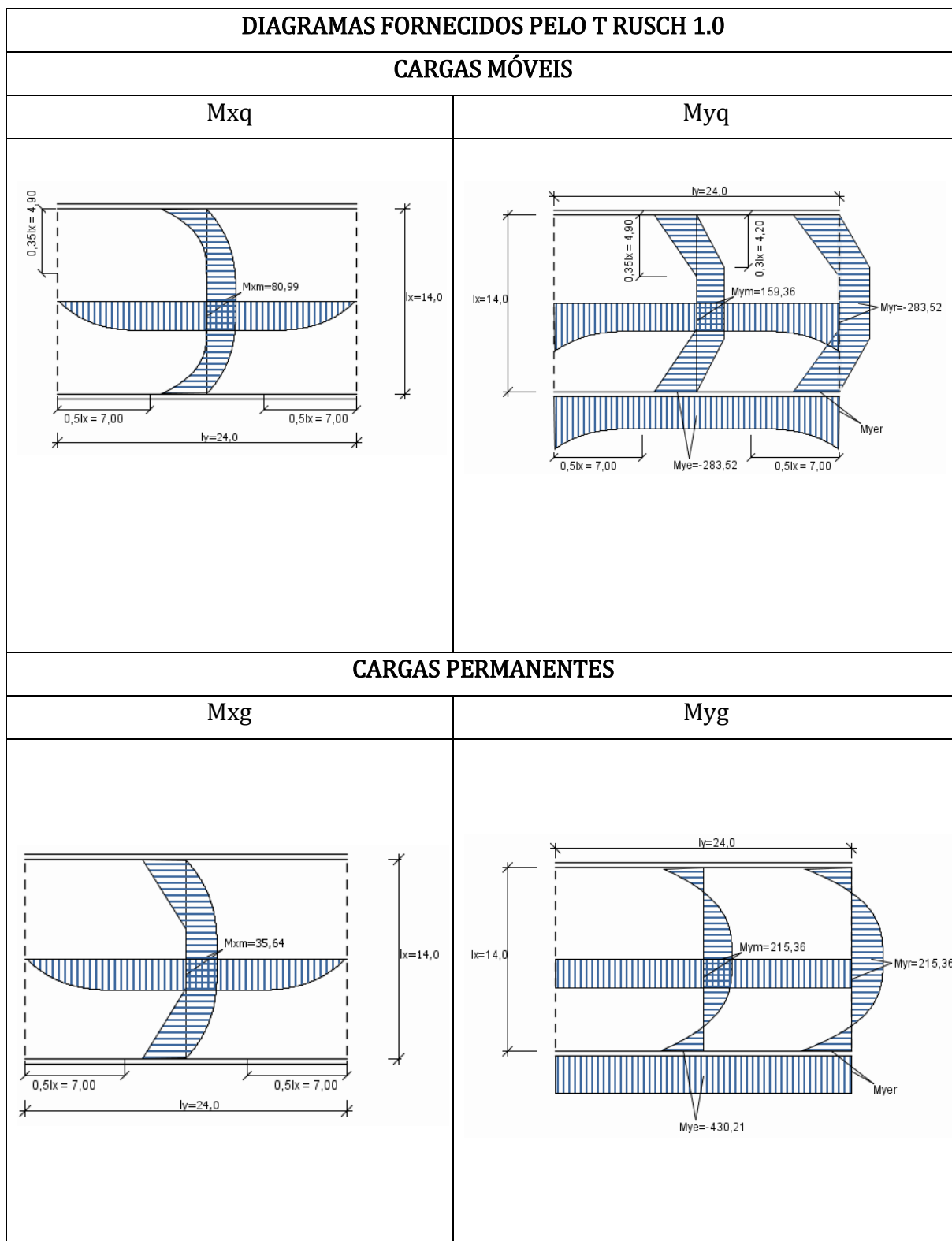
Gráficos de Taxa de Armaduras:



TABULEIRO E

Cálculo das lajes

CÁLCULO L1



CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	1,09	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	22,50	kN/m ²
subtotal		26,35	kN/m²

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTO FLETOR

DIAGRAMAS FORNECIDOS PELO T RUSCH 1.0	
CARGAS MÓVEIS	
Mxq	Myq
CARGAS PERMANENTES	
Mxg	Myg

CARGAS PERMANENTES

Levantamento Cargas Permanentes			
Elemento	Tipo carregamento	carga	
Barreira New Jersey	Concentrado convertido em distribuido	1,09	kN/m ²
Pavimento	Distribuído	2,76	kN/m ²
Laje + mísulas	Distribuído	22,50	kN/m ²
subtotal		26,35	kN/m²

COMPATIBILIZAÇÃO DE MOMENTO FLETOR

APÊNDICE B – MODELO TAXA ARMADURA LAJES

PLANILHA ELETRÔNICA – TAXA DE ARMADURA POR SEÇÕES DE LAJES

Borda		MEMORIAL DE CÁLCULO ARMADURA LONGITUDINAL															
		Superior			Interior			Direita			Esquerda			Melo do vão			
Direção		LX	LY	Mxe	Mye	Mxe	Mye	LX	LY	Mxe	Mye	LX	LY	Mxe	Mye	LX	LY
Seção		Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye	Mxe	Mye
Momento		Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
Armação		Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá	Principa	Secundá
Descrição	Símbolo	Grandeza															
Base Viga	bw	cm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Altura Total	h	cm	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Altura útil laje	d	cm	56,875	54,375	56,875	54,375	56,875	54,375	56,875	54,375	56,875	54,375	56,875	54,375	56,875	54,375	56,875
h-d	d'	cm	3,125	5,625	3,125	3,75	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125
cobrimento nominal	c	cm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Arm. Transversal	qt	mm	0	25	12,5	0	0	25	12,5	0	0	25	12,5	0	0	25	12,5
Mom. Ações Perm.	Msg	kNcm/m	0	11,64	0	14,048	0	11,64	0	14,048	0	11,64	0	14,048	0	11,64	0
Mom. Cargas móveis	Msq	kNcm/m	0	40,20	0	15,667	0	40,20	0	15,667	0	40,20	0	15,667	0	40,20	0
coef. Cargas móveis	ψ		1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688	1,688
Mom. Cál. (Comb.Crítica)	Msd	kNcm/m	0,0	719,40	0,0	80,485,1	0,0	719,40	0,0	80,485,1	0,0	719,40	0,0	80,485,1	0,0	719,40	0,0
Coef. Resistência Conc.	Kc		-	41,099	-	3,931	-	41,099	-	3,931	-	41,099	-	3,931	-	41,099	-
Cálculo	βx		-	0,017	-	0,189	-	0,017	-	0,189	-	0,017	-	0,189	-	0,017	-
Coef. Resistência aço	Ks		-	0,023	-	0,025	-	0,023	-	0,025	-	0,023	-	0,025	-	0,023	-
Arm. Mínima	As.mín	cm ² /m	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Arm. Calculada	As.calc	cm ² /m	9,00	9,00	9,00	35,60	9,00	9,00	9,00	35,60	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Arm. Máxima	4% Ac	cm ²	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Verificação	max e min		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Arranjo das armaduras	As.adot		Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
Arm. Total	As.efet	cm ² /m	12,5	12,5	12,5	25	12,5	12,5	12,5	25	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	20
Verif. Tx Armadura	efet > 95%calc		c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/	c/
Verif. Tx Armadura	efet < 110%calc		13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	15
Verif. Armadura	Aliva ou Distribuição		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
			As,díst	As,ativa	As,díst	As,ativa	As,díst	As,ativa	As,díst	As,ativa	As,díst	As,ativa	As,díst	As,ativa	As,díst	As,ativa	As,díst

SÃO MOMENTOS COMPATIBILIZADOS

APÊNDICE C – MODELO QUANTITATIVO AÇO LAJES

PLANILHA ELETRÔNICA – QUANTITATIVO DE AÇO NAS LAJES

DIMENSÕES LAJE		QUANTITATIVO DE AÇO																						
LX	LY	ARMADURA POSITIVA						ARMADURA NEGATIVA																
24,00	8,00	POSIÇÃO EM X						POSIÇÃO EM X																
m	m	A	0,00	Φ	c/	24,00	A	0,00	Φ	c/	24,00	A	0,00	Φ	c/	24,00	A	0,00	Φ	c/	24,00			
DIREÇÃO ARMAÇÃO	SEÇÃO EM Y	arranjo	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00	
		comprimento	0,00	2400,00																				
		comp.total+ancoragem/m	0,00	19096,15																				
		comp.distribuição	0,00	0,00																				
		peso (kg)	0,00	510,72																				
			0,00	18461,54																				
	LX	MEIO	arranjo	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00
			comprimento	0,00	2400,00																			
			comp.total+ancoragem/m	0,00	19096,15																			
			comp.distribuição	0,00	8,00																			
			peso (kg)	0,00	1509,36																			
				0,00	437,76																			
DIREÇÃO ARMAÇÃO	SEÇÃO EM X	arranjo	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00	12,50	c/	13,00	0,00	0,00	
		comprimento	0,00	2400,00																				
		comp.total+ancoragem/m	0,00	19096,15																				
		comp.distribuição	0,00	0,00																				
		peso (kg)	0,00	0,00																				
			0,00	0,00																				
DIREÇÃO ARMAÇÃO	SEÇÃO EM Y	arranjo	0,00	25,00	c/	16,00	0,00	0,00	25,00	c/	16,00	0,00	0,00	25,00	c/	16,00	0,00	0,00	25,00	c/	16,00	0,00	0,00	
		comprimento	0,00	800,00																				
		comp.total+ancoragem/m	0,00	6031,25																				
		comp.distribuição	7,00	7,00																				
		peso (kg)	0,00	1659,20																				
			0,00	470,84																				
	ESQ	MEIO	arranjo	0,00	20,00	c/	15,00	0,00	0,00	20,00	c/	15,00	0,00	0,00	20,00	c/	15,00	0,00	0,00	20,00	c/	15,00	0,00	0,00
			comprimento	0,00	800,00																			
			comp.total+ancoragem/m	0,00	6213,33																			
			comp.distribuição	10,00	10,00																			
			peso (kg)	0,00	1540,91																			
				0,00	1883,38																			
DIR	DIR	arranjo	0,00	25,00	c/	18,00	0,00	0,00	25,00	c/	18,00	0,00	0,00	25,00	c/	18,00	0,00	0,00	25,00	c/	18,00	0,00	0,00	
		comprimento	0,00	800,00																				
		comp.total+ancoragem/m	0,00	5361,11																				
		comp.distribuição	7,00	7,00																				
		peso (kg)	0,00	1474,84																				
			0,00	470,84																				
RESUMO ARMADURA																								
NEGATIVA	PESO + 10 % (kg)		7268,73																					
POSITIVA	PESO + 10 % (kg)		6184,31																					
		TOTAL		13453,03																				

APÊNDICE D – MODELO TAXA ARMADURA LONGITUDUDINAL DAS LONGARINAS

Seção Análise			0,0		1,0		2,0		3,0	
Momento			Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
Descrição	Simbolo	Grandeza								
Base Viga	bw	cm	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Base Viga T	bf	cm	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0
Altura Total	h	cm	170,0	170,0	162,5	162,5	155,0	155,0	147,5	147,5
Altura laje colaborante	hf	cm	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
Altura útil viga	d	cm	153,0	164,2	146,3	156,7	139,5	149,2	132,8	141,7
h-d	d'	cm	17,0	5,8	16,3	5,8	15,5	5,8	14,8	5,8
cobrimento nominal	c	cm	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Arm. Transversal (Estimada)	Øt	mm	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
Mom. Ações Perm.	M _{msg}	kNcm/m	90,0	0,0	18.956,0	0,0	21.988,0	0,0	9.185,0	0,0
Mom. Cargas móveis	M _{sq}	kNcm/m	500,0	600,0	72.125,0	27.682,0	114.773,0	55.874,0	139.008,0	84.069,0
coef. Cargas móveis	φ		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mom. Cálculo (Comb. Crítica)	M _{sd}	kNcm/m	464.300,0	58.037,5	424.236,0	63.063,1	385.979,5	127.288,0	349.530,3	191.519,7
Cálculo seção T	β _{xf}		0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cálculo seção T	k _{cf}		2,9	3,2	2,8	3,0	2,7	2,8	2,6	2,8
Cálculo seção T	k _{ca}		16,1	18,6	16,1	15,6	16,1	7,0	16,1	4,2
Cálculo seção T	β _{xa}		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Cálculo T Verificação	β _{xa} >β _{xf}		<	<	<	<	<	<	<	<
Flange	M ₀	kNcm/m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	k _{s0}		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	A _{s0}	cm ² /m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Momento Nervura	ΔM	kNcm/m	464.300,0	58.037,5	424.236,0	63.063,1	385.979,5	127.288,0	349.530,3	191.519,7
Mom. Cálculo Mínimo	m _{d,min}	kNcm/m	464.300,0	58.037,5	424.236,0	53.029,5	385.979,5	48.247,4	349.530,3	43.691,3
Coef. Resistência Conc. limite	k _{c,lim}	cm ² /kN	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Mom. Cálculo limite	m _{d,lim}	kNcm/m	4.027.739,2	579.522,4	3.680.189,9	527.775,6	3.348.319,5	478.448,3	3.032.128,0	431.540,6
Tipo armadura	Simplex ou Dupla		Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex
Domínio de Deformação Conc	1,2,3,4		2	2	2	2	2	2	2	2
Coef. Resistência Conc.	K _{c1}		16,13	18,57	16,13	15,56	16,13	6,99	16,13	4,19
Cálculo	β _x		0,043	0,038	0,043	0,045	0,043	0,102	0,043	0,176
Coef. Resistência aço 1	K _{s1}		0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,024	0,023	0,025
Mom. Cálculo 1	M _{1d}	kNcm/m	464.300,0	58.037,5	424.236,0	63.063,1	385.979,5	127.288,0	349.530,3	191.519,7
Arm. Calculada 1	A _{sd1}	cm ² /m	71,0	8,3	67,9	9,4	64,8	20,5	61,6	33,5
Mom. Cálculo 2	M _{2d}	kNcm/m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coef. Resistência aço 2	K _{s2}		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Arm. Calculada 2	A _{sd2}	cm ² /m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coef. Resistência aço comp	k _{s'}		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Arm. Calculada comp	A' _{sd}	kNcm/m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arm. Mínima	A _{s,min}	cm ² /m	6,8	6,8	6,5	6,5	6,2	6,2	5,9	5,9
Arm. TOTAL A _{s0} +A _{s1} +A _{s2} +A _{s'}	A _{s,calc}	cm ² /m	71,0	8,3	67,9	9,4	64,8	20,5	61,6	33,5
Arm. Máxima	4% A _c	cm ² /m	272,0	272,0	260,0	260,0	248,0	248,0	236,0	236,0
Verificação A _{sw}	máx e mín		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Arranjo das armaduras	As _{adot}	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
		mm	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
		qnt	15,0	2,0	14,0	2,0	14,0	5,0	13,0	7,0
		camadas	3,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0
		máxφ/cam	7,0	34,0	7,0	34,0	7,0	34,0	7,0	34,0
		ahoriz	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende
Arm. Total	As _{efet}	cm ² /m	73,6	9,8	68,7	9,8	68,7	24,5	63,8	34,4
Verif. Tx Armadura	efet > 95%calc		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Verif. Tx Armadura	efet < 110%calc		ok	recalc	ok	ok	ok	recalc	ok	ok
Verif. Armadura	Ativa ou Distribuição		As _{ativa}	As _{ativa}	As _{ativa}	As _{ativa}	As _{ativa}	As _{ativa}	As _{ativa}	As _{ativa}

Seção Análise			0,0		1,0		2,0		3,0	
Momento			Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
Taxa de armadura	cm ² /m		73,6	9,8	68,7	9,8	68,7	24,5	63,8	34,4
Comprimento armadura	m		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ancoragem armadura (Bordo)	cm		211,0	87,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qnt barras precisam ancoragem	und		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ancoragem armadura (Lb)	cm		85,5	98,1	83,5	85,9	87,5	98,9	85,4	84,7
Comprimento Total Aço	m		47,5	3,8	14,0	2,0	14,0	5,0	13,0	7,0
Qnt kg aço	kg		186,7	14,7	55,0	7,9	55,0	19,7	51,1	27,5
Qnt kg aço + 10%	kg		205,4	16,2	60,5	8,6	60,5	21,6	56,2	30,3

4,0		5,0		6,0		7,0		8,0		9,0		10,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0
140,0	140,0	155,0	155,0	170,0	170,0	185,0	185,0	200,0	200,0	191,4	191,4	182,9	182,9
32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
126,0	134,2	139,5	149,2	153,0	164,2	166,5	179,2	180,0	194,2	172,3	185,6	164,6	177,0
14,0	5,8	15,5	5,8	17,0	5,8	18,5	5,8	20,0	5,8	19,1	5,8	18,3	5,8
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
0,0	19.453,0	0,0	63.926,0	0,0	124.233,0	0,0	200.376,0	0,0	292.354,0	0,0	168.681,0	0,0	60.843,0
142.989,0	112.261,0	122.794,0	140.454,0	95.089,0	168.647,0	31.101,0	197.513,0	0,0	241.200,0	1.939,0	145.280,0	45.986,0	68.352,0
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
325.746,8	282.006,1	385.979,5	406.271,9	464.300,0	551.913,5	549.850,1	720.466,9	642.629,7	944.161,7	588.727,5	558.685,4	537.186,0	237.852,5
0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,2	3,2	3,4	3,4	3,7	3,4	3,7	3,2	3,4
15,6	2,6	16,1	2,2	16,1	2,0	16,1	1,8	16,1	1,6	16,1	2,5	16,1	5,3
0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1
<	<	<	<	<	<	<	<	<	>	<	<	<	<
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
325.746,8	282.006,1	385.979,5	406.271,9	464.300,0	551.913,5	549.850,1	720.466,9	642.629,7	944.161,7	588.727,5	558.685,4	537.186,0	237.852,5
314.888,6	39.361,1	385.979,5	48.247,4	464.300,0	58.037,5	549.850,1	68.731,3	642.629,7	80.328,7	588.727,5	73.590,9	537.186,0	67.148,2
1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
2.731.615,5	387.052,5	3.348.319,5	478.448,3	4.027.739,2	579.522,4	4.769.874,5	690.275,0	5.574.725,5	810.705,8	5.107.131,2	740.703,1	4.660.015,4	673.860,6
2	3	2	3	2	3	2	4	2	4	2	3	2	2
15,60	2,55	16,13	2,19	16,13	1,95	16,13	1,78	16,13	1,60	16,13	2,47	16,13	5,27
0,045	0,306	0,043	0,367	0,043	0,423	0,043	0,476	0,043	0,551	0,043	0,319	0,043	0,138
0,023	0,026	0,023	0,027	0,023	0,028	0,023	0,028	0,023	0,030	0,023	0,026	0,023	0,024
325.746,8	282.006,1	385.979,5	406.271,9	464.300,0	551.913,5	549.850,1	690.275,0	642.629,7	810.705,8	588.727,5	558.685,4	537.186,0	237.852,5
60,5	55,1	64,8	73,4	71,0	93,1	77,3	109,4	83,6	123,2	80,0	79,4	76,4	32,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30.192,0	0,0	133.455,9	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,000	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,000	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0
5,6	5,6	6,2	6,2	6,8	6,8	7,4	7,4	8,0	8,0	7,7	7,7	7,3	7,3
60,5	55,1	64,8	73,4	71,0	93,1	77,3	117,4	83,6	155,7	80,0	79,4	76,4	32,7
224,0	224,0	248,0	248,0	272,0	272,0	296,0	296,0	320,0	320,0	306,3	306,3	292,6	292,6
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	32,0	25,0	32,0	25,0
13,0	12,0	14,0	15,0	15,0	19,0	16,0	24,0	18,0	32,0	10,0	17,0	10,0	7,0
2,0	1,0	2,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0
7,0	34,0	7,0	34,0	7,0	34,0	7,0	34,0	7,0	34,0	6,0	34,0	6,0	34,0
atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende
105%	100%	105%	100%	104%	100%	105%	100%	105%	100%	106%	100%	106%	100%
63,8	58,9	68,7	73,6	73,6	93,3	78,5	117,8	88,4	157,1	80,4	83,4	80,4	34,4
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa

4,0		5,0		6,0		7,0		8,0		9,0		10,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
63,8	58,9	68,7	73,6	73,6	93,3	78,5	117,8	88,4	157,1	80,4	83,4	80,4	34,4
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	4,0	0,0	5,0	3,2	30,0	0,0	10,0	0,0	3,0
87,0	88,2	87,5	82,7	85,5	82,7	83,8	82,8	87,2	83,2	106,2	86,7	111,2	86,7
13,0	12,0	14,0	17,5	15,0	22,3	16,0	28,1	20,8	57,0	10,0	25,7	10,0	9,6
51,1	47,2	55,0	68,7	59,0	87,7	62,9	110,6	81,8	223,9	62,4	100,9	62,4	37,7
56,2	51,9	60,5	75,6	64,8	96,4	69,2	121,6	90,0	246,3	68,6	111,0	68,6	41,5

11,0		12,0		13,0		14,0		15,0		16,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0
174,3	174,3	165,7	165,7	157,1	157,1	148,6	148,6	140,0	140,0	144,3	144,3
32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
156,9	168,4	149,1	159,9	141,4	151,3	133,7	142,7	126,0	134,2	129,9	138,4
17,4	5,8	16,6	5,8	15,7	5,8	14,9	5,8	14,0	5,8	14,4	5,8
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
31.160,0	0,0	107.328,0	0,0	167.661,0	0,0	212.169,0	0,0	240.823,0	0,0	253.651,0	0,0
94.431,0	47.385,0	159.429,0	41.791,0	211.265,0	37.588,0	251.170,0	33.386,0	277.370,0	29.184,0	288.084,0	24.982,0
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
488.005,2	107.949,0	508.092,0	95.205,1	707.630,4	85.630,2	858.624,8	76.057,5	956.994,6	66.484,8	998.720,2	56.912,1
0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
3,2	3,2	2,8	3,2	2,8	2,9	2,6	2,8	2,5	2,6	2,5	2,7
16,1	10,5	14,0	10,7	9,0	10,7	6,7	10,7	5,3	10,8	5,4	13,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
488.005,2	107.949,0	508.092,0	95.205,1	707.630,4	85.630,2	858.624,8	76.057,5	956.994,6	66.484,8	998.720,2	56.912,1
488.005,2	61.000,6	441.185,0	55.148,1	396.725,5	49.590,7	354.626,7	44.328,3	314.888,6	39.361,1	334.462,5	41.807,8
1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
4.233.378,3	610.178,4	3.827.219,7	549.656,5	3.441.539,7	492.294,9	3.076.338,3	438.093,5	2.731.615,5	387.052,5	2.901.417,1	412.178,0
Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
16,13	10,51	14,01	10,74	9,05	10,69	6,66	10,71	5,31	10,83	5,40	13,47
0,043	0,067	0,050	0,066	0,078	0,066	0,108	0,066	0,137	0,065	0,134	0,052
0,023	0,024	0,023	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,023
488.005,2	107.949,0	508.092,0	95.205,1	707.630,4	85.630,2	858.624,8	76.057,5	956.994,6	66.484,8	998.720,2	56.912,1
72,8	15,1	80,0	14,1	118,8	13,4	154,3	12,6	184,8	11,7	186,9	9,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7,0	7,0	6,6	6,6	6,3	6,3	5,9	5,9	5,6	5,6	5,8	5,8
72,8	15,1	80,0	14,1	118,8	13,4	154,3	12,6	184,8	11,7	186,9	9,7
278,9	278,9	265,1	265,1	251,4	251,4	237,7	237,7	224,0	224,0	230,9	230,9
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
32,0	25,0	32,0	25,0	32,0	25,0	32,0	25,0	32,0	25,0	32,0	25,0
10,0	4,0	10,0	3,0	15,0	3,0	20,0	3,0	23,0	3,0	24,0	2,0
2,0	1,0	2,0	1,0	3,0	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0
6,0	34,0	6,0	34,0	6,0	34,0	6,0	34,0	6,0	34,0	6,0	34,0
atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende
106%	100%	105%	100%	103%	100%	101%	100%	100%	100%	100%	100%
80,4	19,6	80,4	14,7	120,6	14,7	160,8	14,7	185,0	14,7	193,0	9,8
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
recalc	recalc	ok	ok	ok	recalc	ok	recalc	ok	recalc	ok	ok
As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa

11,0		12,0		13,0		14,0		15,0		16,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
80,4	19,6	80,4	14,7	120,6	14,7	160,8	14,7	185,0	14,7	193,0	9,8
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	5,0	0,0	5,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0
116,6	106,9	106,2	86,4	107,2	90,9	110,1	96,5	105,7	103,8	109,0	83,9
10,0	5,1	10,0	3,0	20,4	3,0	25,5	3,0	23,0	4,0	25,1	2,0
62,4	19,9	62,4	11,8	127,1	11,8	159,1	11,8	143,5	15,9	156,6	7,9
68,6	21,9	68,6	13,0	139,8	13,0	175,1	13,0	157,9	17,5	172,2	8,6

17,0		18,0		19,0		20,0		21,0		22,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0	320,0	40,0
148,6	148,6	152,9	152,9	157,1	157,1	161,4	161,4	165,7	165,7	170,0	170,0
32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
133,7	142,7	137,6	147,0	141,4	151,3	145,3	155,6	149,1	159,9	153,0	164,2
14,9	5,8	15,3	5,8	15,7	5,8	16,1	5,8	16,6	5,8	17,0	5,8
3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
250.644,0	0,0	231.802,0	0,0	197.125,0	0,0	146.613,0	0,0	80.266,0	0,0	0,0	1.918,0
281.829,0	20.779,0	257.357,0	16.577,0	221.171,0	12.375,0	167.834,0	8.172,0	94.350,0	3.970,0	237,0	1.978,0
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
980.411,1	47.337,2	899.224,1	46.922,6	769.973,9	49.590,7	580.274,4	52.332,5	441.185,0	55.148,1	464.300,0	58.037,5
0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
2,6	2,8	2,7	2,8	2,8	2,9	2,8	2,9	2,8	3,2	2,9	3,2
5,8	17,2	6,7	18,4	8,3	18,5	11,6	18,5	16,1	18,5	16,1	18,6
0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
980.411,1	47.337,2	899.224,1	46.922,6	769.973,9	49.590,7	580.274,4	52.332,5	441.185,0	55.148,1	464.300,0	58.037,5
354.626,7	44.328,3	375.381,0	46.922,6	396.725,5	49.590,7	418.660,2	52.332,5	441.185,0	55.148,1	464.300,0	58.037,5
1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
3.076.338,3	438.093,5	3.256.379,2	464.799,2	3.441.539,7	492.294,9	3.631.819,9	520.580,7	3.827.219,7	549.656,5	4.027.739,2	579.522,4
Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex	Simplex
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5,84	17,21	6,74	18,42	8,31	18,46	11,64	18,50	16,13	18,54	16,13	18,57
0,124	0,041	0,106	0,038	0,085	0,038	0,060	0,038	0,043	0,038	0,043	0,038
0,024	0,023	0,024	0,023	0,024	0,023	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
980.411,1	47.337,2	899.224,1	46.922,6	769.973,9	49.590,7	580.274,4	52.332,5	441.185,0	55.148,1	464.300,0	58.037,5
177,4	7,8	157,0	7,5	129,7	7,7	94,1	7,9	69,2	8,1	71,0	8,3
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5,9	5,9	6,1	6,1	6,3	6,3	6,5	6,5	6,6	6,6	6,8	6,8
177,4	7,8	157,0	7,5	129,7	7,7	94,1	7,9	69,2	8,1	71,0	8,3
237,7	237,7	244,6	244,6	251,4	251,4	258,3	258,3	265,1	265,1	272,0	272,0
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ
32,0	25,0	32,0	25,0	32,0	25,0	32,0	25,0	32,0	25,0	32,0	25,0
23,0	2,0	20,0	2,0	17,0	2,0	12,0	2,0	9,0	2,0	9,0	2,0
4,0	1,0	4,0	1,0	3,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0
6,0	34,0	6,0	34,0	6,0	34,0	6,0	34,0	6,0	34,0	6,0	34,0
atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende	atende
101%	100%	101%	100%	103%	100%	105%	100%	105%	100%	105%	100%
185,0	9,8	160,8	9,8	136,7	9,8	96,5	9,8	72,4	9,8	72,4	9,8
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
ok	recalc	ok	recalc	ok	recalc	ok	recalc	ok	recalc	ok	recalc
As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa	As.ativa

17,0		18,0		19,0		20,0		21,0		22,0	
Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo	Positivo	negativo
185,0	9,8	160,8	9,8	136,7	9,8	96,5	9,8	72,4	9,8	72,4	9,8
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	316,6	170,0
3,0	0,0	3,0	0,0	5,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
110,1	104,5	108,2	108,7	111,4	105,8	108,3	103,1	110,4	100,5	107,6	98,1
26,3	2,0	23,2	2,0	22,6	2,0	15,2	2,0	9,0	2,0	37,5	5,4
164,1	7,9	145,1	7,9	140,8	7,9	95,1	7,9	56,2	7,9	234,0	21,2
180,5	8,6	159,6	8,6	154,9	8,6	104,7	8,6	61,8	8,6	257,4	23,3

APÊNDICE E – MODELO TAXA DE ARMADURA TRANSVERSAL NAS LONGARINAS

Seção Análise			0,0	1,0	2,0	3,0	4,0
Cortante. Ações Perm.	Vsg	kN	267,9	199,5	58,9	207,2	365,6
Cortante Cargas móveis	Vsq	kN	885,4	711,5	550,1	402,9	491,1
coef. Cargas móveis	φ		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Cortante Cálculo (Comb.Crítica)	Vsd	kN	2.378,5	1.890,2	1.332,6	1.197,6	1.612,3
Inclinação Bielas comprimidas	θ	$^{\circ}$	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
Compressão Concreto	Vrd2	kN	3.153,9	3.050,2	2.902,0	2.753,9	2.605,7
Cálculo Armadura	Vc0	kN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Vc1	kN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Asw	cm²/m	29,8	24,4	18,1	17,2	24,4
	Vsd,mín	kN	367,8	355,8	338,5	321,2	303,9
	As,mín	cm²/m	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Arm. Transversal	Φ	mm	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
	c/		c/	c/	c/	c/	c/
	s	cm	12,5	14,0	11,0	11,0	15,0
	ramos		4,0	4,0	2,0	2,0	4,0
	Asw,efet	cm²/m	29,0	25,9	18,3	18,3	24,1
Verificação se As efet > 95%*calc			ok	ok	ok	ok	ok
Verificação se As efet < 110%*calc			ok	ok	ok	ok	ok
Qnt aço	Asw	kg/m	8,5	16,5	8,0	7,8	15,1
Qnt aço + 10 %	Asw	kg/m	9,3	18,1	8,8	8,5	16,6

5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
523,9	682,3	840,7	1.315,9	1.157,6	999,2
613,7	796,3	946,6	1.278,4	1.186,0	1.089,0
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2.105,4	2.735,1	3.291,4	4.688,8	4.264,6	3.829,8
38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
2.902,0	3.153,9	3.450,2	3.746,6	3.607,9	3.438,5
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28,6	34,2	37,6	49,4	46,6	43,9
338,5	367,8	402,4	436,9	420,7	401,0
4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
c/	c/	c/	c/	c/	c/
13,0	11,0	10,0	7,0	8,0	8,0
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
27,8	32,9	36,2	51,7	45,2	45,2
ok	ok	ok	ok	ok	ok
ok	ok	ok	ok	ok	ok
16,0	17,0	17,9	18,8	18,3	17,8
17,6	18,7	19,7	20,7	20,1	19,5

11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
840,9	682,5	524,2	365,8	297,5	49,1
988,6	884,9	779,3	673,0	566,8	461,6
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
3.387,4	2.937,2	2.483,0	2.027,0	1.692,8	1.117,9
38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
3.269,2	3.099,9	2.879,2	2.658,5	2.489,2	2.573,8
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40,9	37,4	34,0	30,1	26,8	17,1
381,3	361,5	335,8	310,1	290,3	300,2
4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
c/	c/	c/	c/	c/	c/
9,0	10,0	10,0	11,0	13,0	12,0
4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2,0
40,2	36,2	36,2	32,9	27,8	16,8
ok	ok	ok	ok	ok	ok
ok	ok	ok	ok	ok	ok
17,2	16,7	16,1	15,6	15,1	7,7
18,9	18,4	17,8	17,2	16,6	8,4

17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0
109,2	267,6	425,9	584,3	742,6	901,0
484,7	587,6	698,7	817,4	943,2	1.075,6
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1.251,6	1.699,9	2.166,7	2.650,9	3.151,4	3.666,8
38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
2.658,5	2.743,2	2.879,2	3.015,2	3.099,9	3.184,5
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18,6	24,4	29,7	34,7	40,1	45,4
310,1	319,9	335,8	351,7	361,5	371,4
4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
c/	c/	c/	c/	c/	c/
11,0	15,0	12,0	10,0	9,0	8,0
2,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
18,3	24,1	30,2	36,2	40,2	45,2
ok	ok	ok	ok	ok	ok
ok	ok	ok	ok	ok	ok
7,8	15,9	16,1	16,4	16,7	8,5
8,6	17,5	17,8	18,1	18,4	9,3