

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS
ENGENHARIA CIVIL
ROGÉRIO ALVES CAMPOS

REAVALIAÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

Varginha

2014

FEPESMIG

ROGÉRIO ALVES CAMPOS

N. CLASS.	M624.18341
GUTTER	C.198 R
ANO/EDIÇÃO	2014

REAVALIAÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. M.Sc. Antônio de Faria.

Varginha

2014

FEPESMIG

ROGÉRIO ALVES CAMPOS

REAVALIAÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em / /

Prof. M Sc. Antônio de Faria

Prof. Leopoldo Freire Bueno

Prof. Armando Belato Pereira

O.B.S.:

Dedico este trabalho a todos que contribuíram para a sua realização e a minha irmã por permitir que fizesse esse trabalho baseado em sua propriedade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por permitir que mais uma etapa fosse vencida, aos meus pais que sempre me incentivaram a ter um crescimento pessoal e profissional, aos meus irmãos e irmãs, aos meus amigos os quais estimo muito é aos professores que empenharam tempo e dedicação para a nossa formação.

RESUMO

Este trabalho destina-se à avaliação estrutural de uma residência unifamiliar localizada na Rua Adelina Garcia Chagas nº 355, bairro Rio Verde no município de Varginha-MG. Trata-se especificamente de uma reavaliação estrutural. Onde serão levantadas as causas e as origens dos problemas estruturais da mesma. Os critérios utilizados nesta reavaliação podem ser descritos como; observação in loco, as mudanças do projeto estrutural, a execução da obra. Levantamento das etapas já executadas, refazer o projeto arquitetônico atendendo as normas vigentes, para qual fim se destina a obra e a sua utilização, recalcular o projeto estrutural com as devidas mudanças e problemas levantados, para as devidas medidas corretivas quando necessárias.

Palavras-chaves: Projeto Estrutural, Reavaliação, Estrutura em Concreto Armado.

ABSTRACT

This work is intended for the structural evaluation of a single-family residence located at Adelina Garcia Chagas Street, number 355, Rio Verde, and municipality of Varginha-MG. It is specifically a structural reassessment. Where are raised causes, origins and the structural problems of the same. The criteria used in this re-evaluation can be described as; on-site observation, the changes of the structural design, the execution of the work. Survey of steps already performed, redo the architectural design meeting the current standards, for which purpose it is intended to work and its use, recalculate the structural design with the necessary changes and problems raised, for appropriate corrective measures when necessary.

Keywords: *Structural Design, Revaluation, Reinforced Concrete Structure.*

FIGURAS

Figura 1: Vista geral da garagem com o pilar analisado	13
Figura 2: Aspecto do pilar nº7	14
Figura 3: Recibo do concreto da vigas da garagem	15
Figura 4: Recibo do concreto da laje da garagem	15
Figura 5: Secção transversal do pilar nº7 existente	16
Figura 6: Planta de locação dos pilares da garagem	17
Figura 7: Obra paralisada	18
Figura 8: Planta baixa refeita	19
Figura 9: Planta da garagem	20
Figura 10: Planta de forma da garagem	22
Figura 11: Divisão da cobertura	22
Figura 12: Tabela de treliça Gerdau	23
Figura 13: Gráfico esquemático de momentos antes da solução	24
Figura 14: Secção transversal do momento mais crítico da viga	24
Figura 15: Gráfico esquemático de momentos após a solução	25
Figura 16: Detalhamento final da viga nº5	25
Figura 17: Carga para dimensionar o pilar P7 existente	26
Figura 18: Gráfico de inteiração e secção transversal existente	27
Figura 19: Gráfico de inteiração e secção transversal existente correta	27
Figura 20: Carga para dimensionamento final dos pilares	28
Figura 21: Gráfico de inteiração e secção transversal do P8	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3 METODOLOGIA.....	12
4 DIAGNÓSTICO	13
4.1 Levantamento de dados	13
4.2 Análise	16
5 RESULTADOS.....	17
5.1 Solução.....	17
5.2 Projeto arquitetônico.....	18
5.2.1 Planta de forma da garagem	21
5.3 Projeto estrutural	22
5.3.1 Cobertura	22
5.3.2 Lajes	23
5.3.3 Vigas.....	23
5.3.4 Pilares	26
6 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS	31
APÊNDICE A – Projeto arquitetônico completo	32
APÊNDICE B – Determinação das lajes e vigas.....	37
1 Determinação das cargas da laje do pavimento térreo	37
1.1 Detalhamento da laje do pavimento térreo	38
1.2 Planta da laje e quadro de aço do pavimento térreo	39
1.3 Planilha dimensionamento das vigas do térreo	40
2 Determinação das cargas da laje do pavimento garagem	68
2.1 Detalhamento da laje do pavimento garagem.....	69
2.2 Planta da laje e quadro de aço do pavimento garagem.....	70
2.3 Planilha dimensionamento das vigas da garagem	71
APÊNDICE C – Calculo da armadura dupla de verificação da viga nº 5	99

1 INTRODUÇÃO

Reavaliação é o procedimento que se faz, quando precisa se ter um outro parecer técnico sobre o assunto em estudo. Neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), o objetivo é determinar se a edificação, em avaliação, está dentro dos requisitos estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Com base na situação a ser analisada. Será realizada a reavaliação estrutural da edificação, pois a mesma encontra-se com alguns problemas de ordem estrutural. Sob a orientação e com as dimensões reais obtidas, o projeto arquitetônico também será refeito.

Como resultado deste trabalho, e possibilitando a edificação em estudo a ser regulamentada, será refeito todo o projeto estrutural da mesma, com as alterações e adequações propostas.

1.1 Justificativa

O Projeto Estrutural é o dimensionamento das estruturas, que vão sustentar a edificação, transmitindo suas cargas ao terreno. Elaborado por um engenheiro civil, esse projeto é de fundamental importância, pois, é responsável pela segurança da edificação, já que uma estrutura com; lajes, vigas, pilares e fundações mal dimensionados representam riscos à segurança dos seus usuários.

A reavaliação de qualquer edificação, deve ser realizada de forma imparcial, a partir de uma avaliação cuidadosa e minuciosa, porque quando há necessidade de se verificar e analisar, são muitas as variáveis, Faria (2009) relata que:

“A análise estrutural é a fase do projeto estrutural em que é feita a idealização do comportamento da estrutura. Esse comportamento pode ser expresso por diversos parâmetros, tais como pelos campos de tensões, esforços solicitantes, deformações e deslocamentos na estrutura.” (Faria, 2009)

É de extrema importância elaborar um parecer técnico e objetivo, pautado em normas e imparcial, pois todos estamos sob leis regulamentadoras, deve-se ter uma linguagem clara, transcrever a situação de forma a ser entendida, porque um texto bem redigido e explicativo não deixam dúvidas ao leitor.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo, refazer o projeto estrutural de uma edificação residencial, com a finalidade de reavaliar a mesma e apresentar soluções para os problemas estruturais nela ocorridos, para que possa retomar a sua execução de forma segura e legal, assim que for aprovada pelos órgãos competentes.

2.2 Objetivos específicos

- TCC 1
 - a) Levantamento das possíveis causas do problema estrutural;
 - b) Medições dos elementos estruturais existentes;
 - c) Refazer o projeto arquitetônico, com base na utilização da residência;
 - d) Determinar o carregamento em todas as vigas em estudo;
 - e) Determinar o diagrama de momento fletor e esforço cortante para dimensionamento;

- TCC 2
 - a) Dimensionamento e detalhamento do projeto estrutural de acordo com a NBR 6118: 2014 e NBR 6120: 1980;
 - b) Comparativo entre a estrutura existente, com o dimensionamento e detalhamento do projeto estrutural proposto;
 - c) Apresentar os resultados obtidos;
 - d) Propor soluções para os problemas identificados;

2 METODOLOGIA

O trabalho será realizado em duas etapas, onde agrupará os objetivos específicos do TCC1 e do TCC2 para propor a solução final.

Para desenvolvimento deste conteúdo foram realizados os seguintes passos:

- Coleta de dados in loco: entrevistas, verificações dos materiais, o processo construtivo e a qual fim se destina a edificação.
- Refazer o projeto arquitetônico com as dimensões reais.
- Reavaliar a estrutura da edificação e reelaborar o projeto estrutural com as devidas alterações propostas.

4 DIAGNÓSTICO

4.1 Levantamento de dados

Em entrevista com o proprietário da obra, o senhor Carlos Roberto de Oliveira, relatou que na execução do projeto estrutural, o mesmo foi alterado devido a mobilidade, sem a autorização do responsável técnico. Portanto na execução foram retirados pilares que se encontravam na direção da rampa da garagem, os quais impossibilitavam a entrada de automóveis. Também relatou que a viga nº 13 da garagem foi elaborada e executada sem nenhum cálculo estrutural, como mostra a Figura 01, para um melhor entendimento pode ser ver na figura 10, a localização da viga nº13, na planta de forma da garagem.

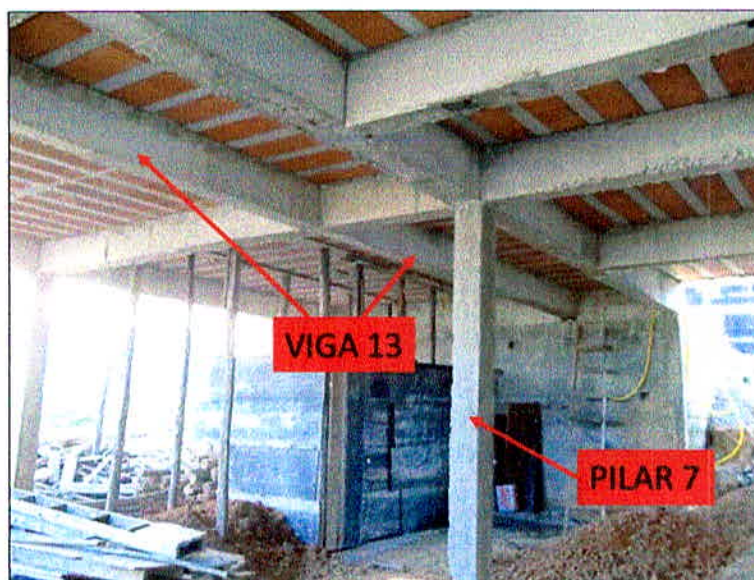


Figura 1: Vista geral da garagem com o pilar analisado

Pode se visualizar na figura 02, que o pilar nº 7 apresenta algumas imperfeições (brocas) na base. O proprietário relatou que o concreto do pilar foi produzido na própria obra, sem controle de qualidade e sem a devida vibração do concreto, somente com algumas batidas na forma durante a execução.

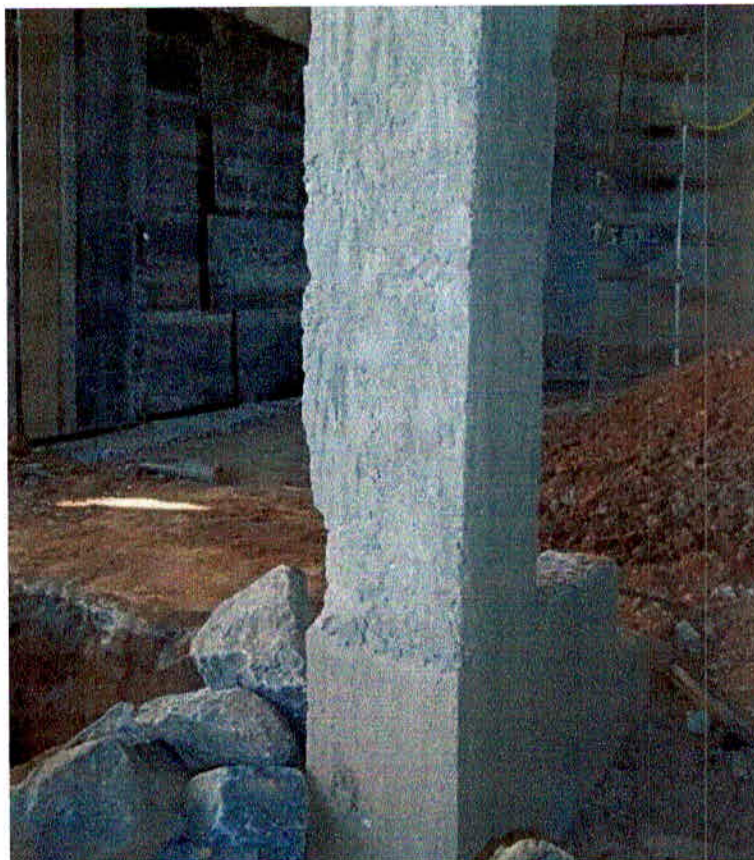


Figura 2: Aspecto do pilar nº7

O concreto para enchimento das vigas e da laje da garagem tem como se ter os valores de resistência (f_{ck}), pois os mesmos foram adquiridos de uma concreteira existente na cidade, como pode se ver o comprovante da empresa nas figuras 03 e 04 a seguir.

beton
WIRK

RECEBIDO DE PAGAMENTO

Nome: **CARLOS ROBERTO DE OLIVEIRA**

CNPJ: **657.466.166-91**

Referente: **ADIANTAMENTO DE VALOR REFERENTE CONCRETAGEM EM SUA OBRA A UTILIZAR FCK25,0MPa COM DAMPF E MPS-T A SER EMITIDO DESTA EMPRESA.**

Valor: **R\$ 1.000,00**

Valor Ext.: **UM MIL REAIS**

Adiantei para a BETONWIRK CONCRETO USINADO LTDA, inscrita sob CNPJ/CPF 14.182.313/0001-12, a supra importância de UM MIL REAIS, referente a ADIANTAMENTO DE VALOR REFERENTE CONCRETAGEM EM SUA OBRA A UTILIZAR FCK25,0MPa COM DAMPF E MPS-T A SER EMITIDO DESTA EMPRESA.

Varginha/MG, 05 de junho de 2013

Ass.: **BETONWIRK CONCRETO USINADO LTDA 14.182.313/0001-12**

Eduardo Luiz Souza Ribeiro
Engenheiro Civil
CREAMG 80416/D

Figura 3: Recibo do concreto da vigas da garagem

CENTRALBETON LTDA.

AV. CORONEL JOSÉ FRANCISCO COELHO, 780 - BARRIO INDUSTRIAL JK
CEP: 37062-730 - VARGINHA/MG
FONE: (35) 3214-1255
CNPJ 16.548.653/0010-30 - INSC. EST. 707.374931/0751 - INSC. MUN. 0168
E-mail: sbc.concretos@lafarge.com

Nº **002379**

1ª VIA - CLIENTE
(Tomador do Serviço)

NAT. DA OPERAÇÃO: PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS

INDICADOR DE SERVIÇO	VALOR R\$	E MAL DO FONDO	PENALIDADE	DATA DE EMISSÃO
	1.000,00			14/06/2013

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

CEP: 37062-730	UF: MG	CELEF: 00000000	CELEF: 00000000
INSC. ESTADUAL: 707.374931/0751	INSC. MUNICIPAL: 0168	INSC. ESTADUAL: 707.374931/0751	INSC. MUNICIPAL: 0168

VALOR	A	B	C	D	E
14/06/2013					
3.277,30					

VALOR VIGAS	VALOR LAJES	VALOR TOTAL
1.000,00	0,00	1.000,00

ESTE DOCUMENTO NÃO TEM VALIDADE COMO NOTA FISCAL.

OBSERVAÇÃO:
ESTE RECIBO PRESTADO DE SERVIÇOS - RPS, NÃO TEM VALIDADE COMO NOTA FISCAL, DEVENDO SER CONVERTIDO EM NOTA FISCAL ELETRÔNICA ATÉ O 10º DIA SUBSEQUENTE AO DE SUA EMISSÃO, NÃO PERMITINDO ULTRAPASSAR O DIA 1 DO MÊS SEQUENTE AO DA PRESTAÇÃO DO SERVIÇO, CASO CONTRÁRIO, O TOMADOR DE SERVIÇOS DEVERÁ ENVIAR INFORMAÇÃO DO FATO AO SERVIÇO ATRAVÉS DO TELEFONE (35) 3214-1255. O SEU SIG. VICE, TOMADOR DE SERVIÇOS, TAMBÉM É RESPONSÁVEL PELO CUMPRIMENTO DESTA DENOTAÇÃO. INFORME SEU E-MAIL PARA RECEBER AUTOMATICAMENTE A NOTA FISCAL ELETRÔNICA NO MOMENTO EM QUE A SERVA FOR GERADA.

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

CEP: 37062-730	UF: MG	CELEF: 00000000	CELEF: 00000000
INSC. ESTADUAL: 707.374931/0751	INSC. MUNICIPAL: 0168	INSC. ESTADUAL: 707.374931/0751	INSC. MUNICIPAL: 0168

TRANSFORMAÇÃO

TRANSFORMAÇÃO DE FERRÃO A CONCRETO	METROLOGIA	CLIENTE: 0001 F001
EDIMENTO Nº 000001	UN: 000001	PLACA: 000001
CONCRETO: FCK25,0MPa	PLACA CONCRETADA: 0000	VALOR: R\$ 1.000,00

LAFARGE CONCRETO

Nº **002379**

Figura 4: Recibo do concreto da laje da garagem

4.2 Análise

Ao analisar a obra, nota-se que há algo de anormal com a estrutural, pois visivelmente pode-se comparar uma desigualdade nos carregamentos em um dos lados da garagem.

O pilar central nº7 foi analisado conforme se encontra no local, sua seção transversal é de 20x20 (cm) e seu comprimento (altura) é de 3,00 (m) do nível da garagem até a base da viga nºV5. A armadura existente é de 6 Φ de 12,5 (mm) conforme a figura 05.

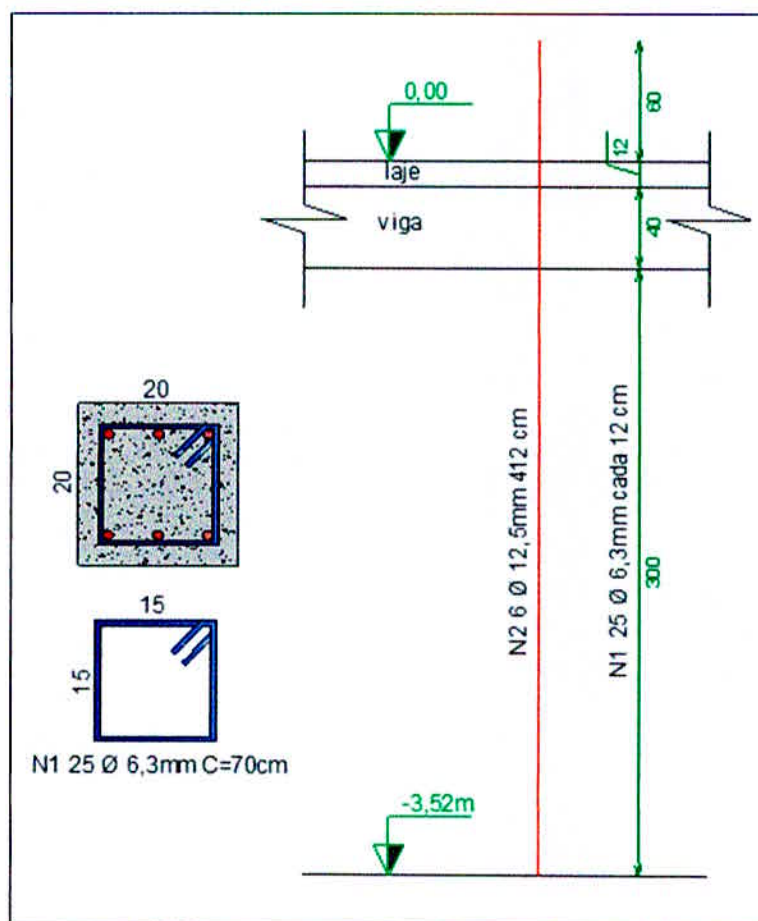


Figura 5: Seção transversal do pilar nº7 existente

5 RESULTADOS

5.1 Solução

Para fins de cálculos, a solução que melhor apresentou resultados para solucionar o problema estrutural, foi implantar um novo pilar no cruzamento dos eixos C e 3, como pode se conferir na figura 06, da planta de locação dos pilares da garagem.

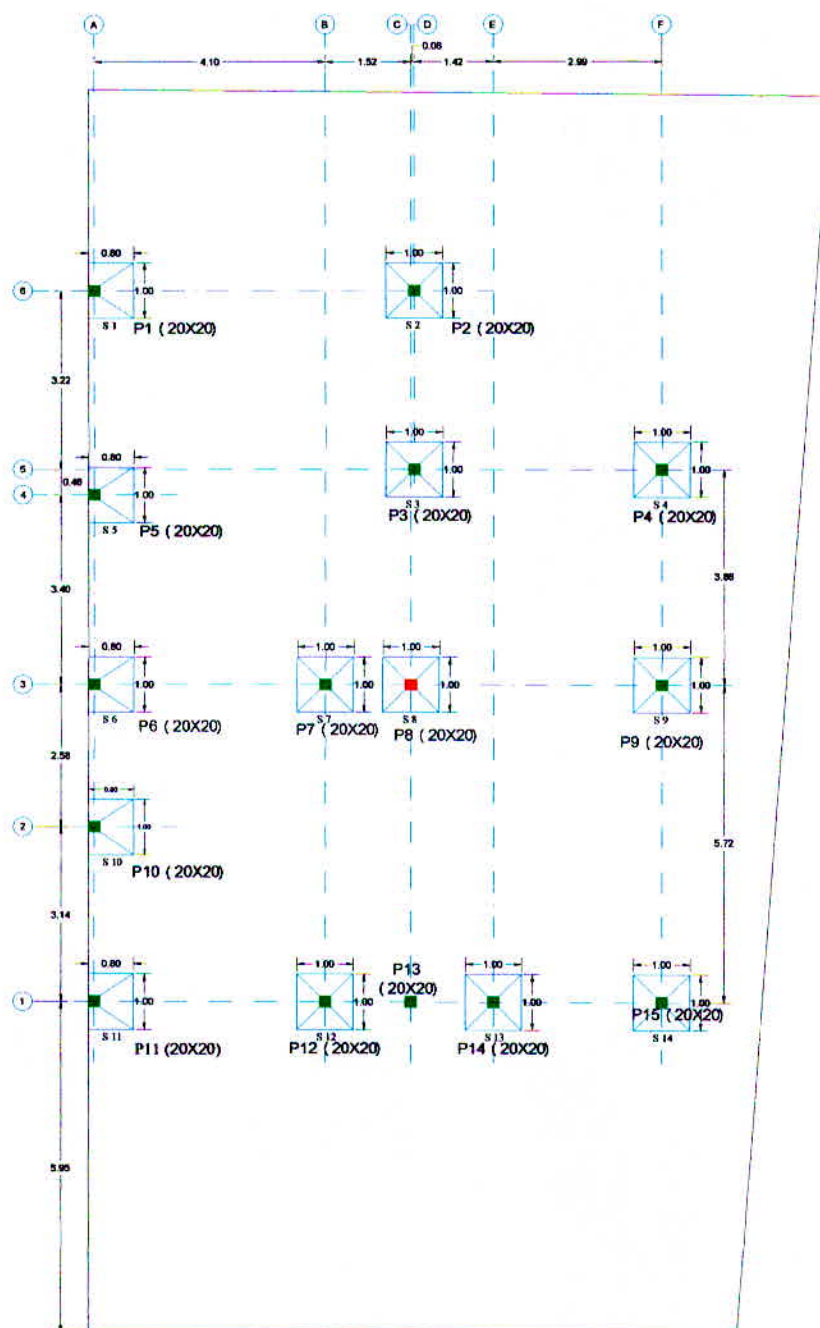


Figura 6: Planta de locação dos pilares da garagem

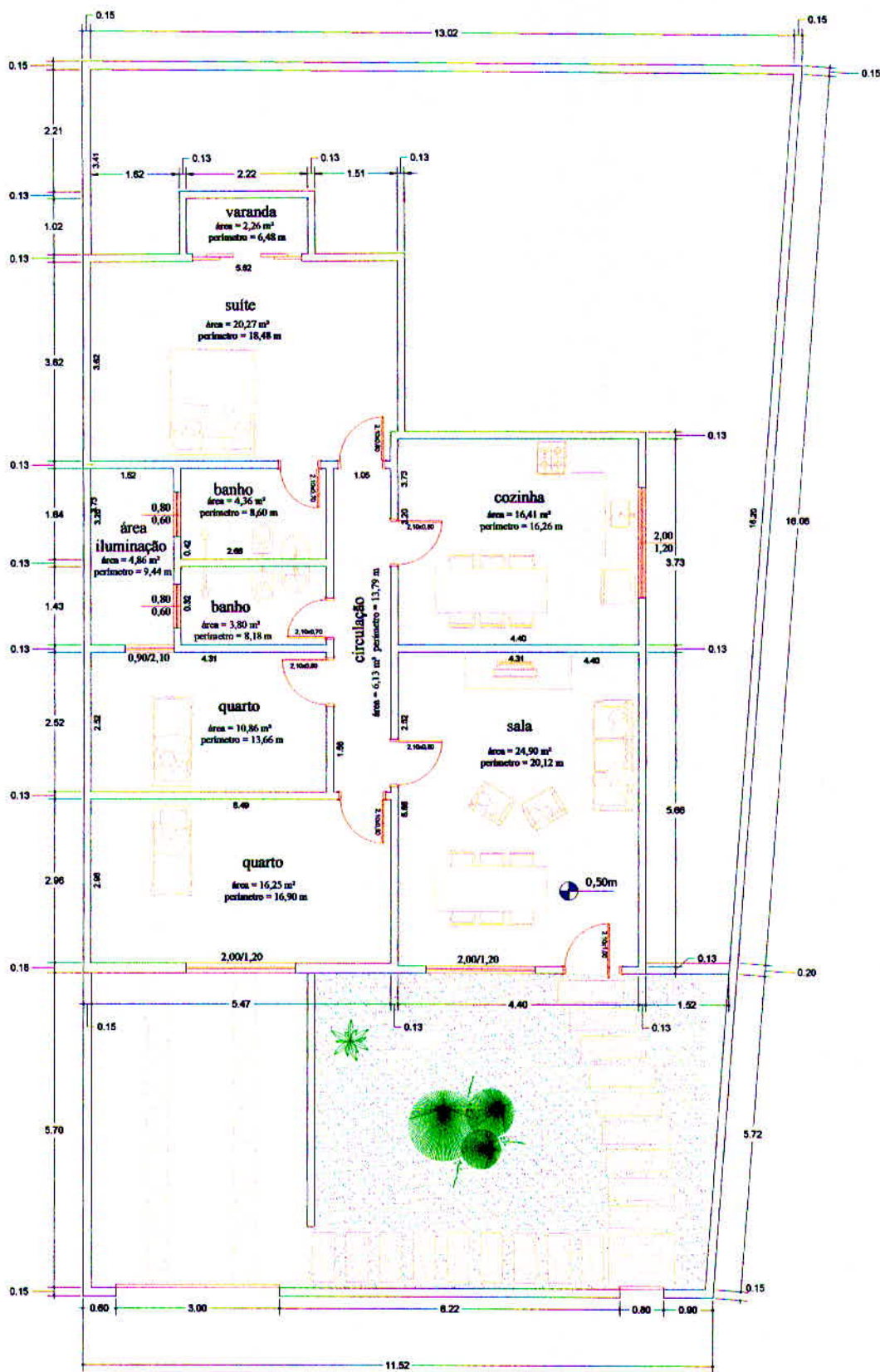
5.2 Projeto arquitetônico

Para desenhar o projeto arquitetônico é necessário que se consulte primeiramente o código de obras do município, o qual é regido pela Lei 3006/1998 do Município de Varginha-MG. Seguindo o código que orienta sobre: a destinação da residência, a taxa de ocupação, do solo, da área de iluminação e outros critérios os quais se devem seguir. Nesta reavaliação a obra encontra se paralisada, esperando um parecer técnico, como pode se ver na figura 07.



Figura 7: Obra paralisada

Como a execução da obra teve o projeto arquitetônico modificado, foi preciso refazer todo o projeto novamente, pois foram feitas mudanças significativas, em que afetou ao seu formato original. A nova área da residência é de 117,18m² como mostra a planta baixa do pavimento térreo, na figura 08, a seguir. No APÊNDICE A encontra se o projeto arquitetônico completo.

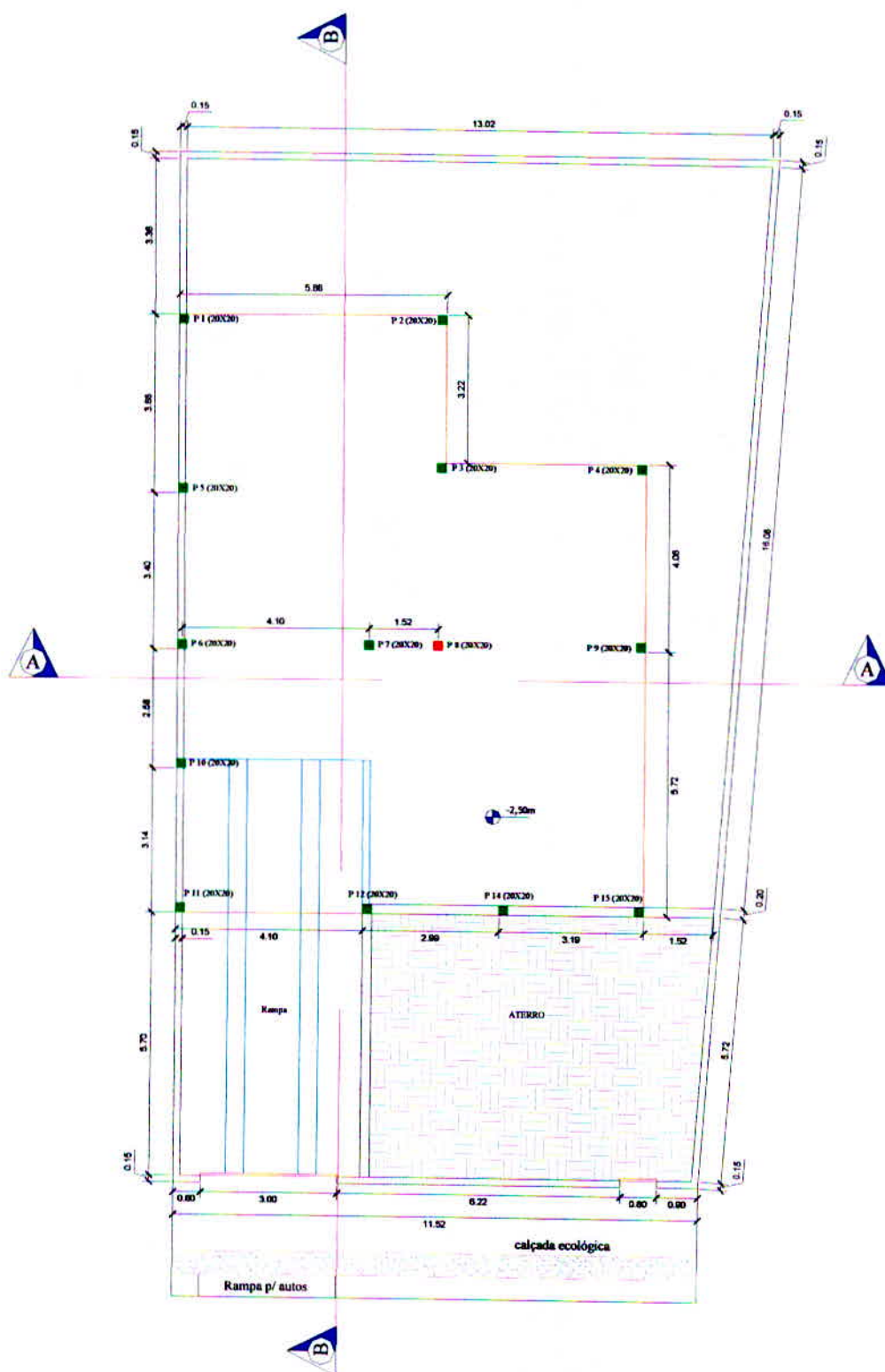


Rampa p/ autos

área = 117,08 m²
perímetro = 58,17 m

Figura 8: Planta baixa refeita

Com o projeto arquitetônico refeito, foi possível localizar os pilares com suas dimensões reais para refazer a planta baixa do subsolo, que é a garagem, representada na figura 09. Na planta já pode se ver as mudanças proposta e necessárias ao projeto estrutural.



Planta baixa subsolo
Figura 9: Planta da garagem

5.2.1 Planta de forma da garagem

Na planta de forma da garagem já refeita, e com a inclusão da viga nº13, a qual foi acrescentada sem ser calculada, para melhor visualização está em destaque na figura 10, já incluída e calculada nesta reavaliação estrutural como pode se ver todos os cálculos no APÊNDICE B.

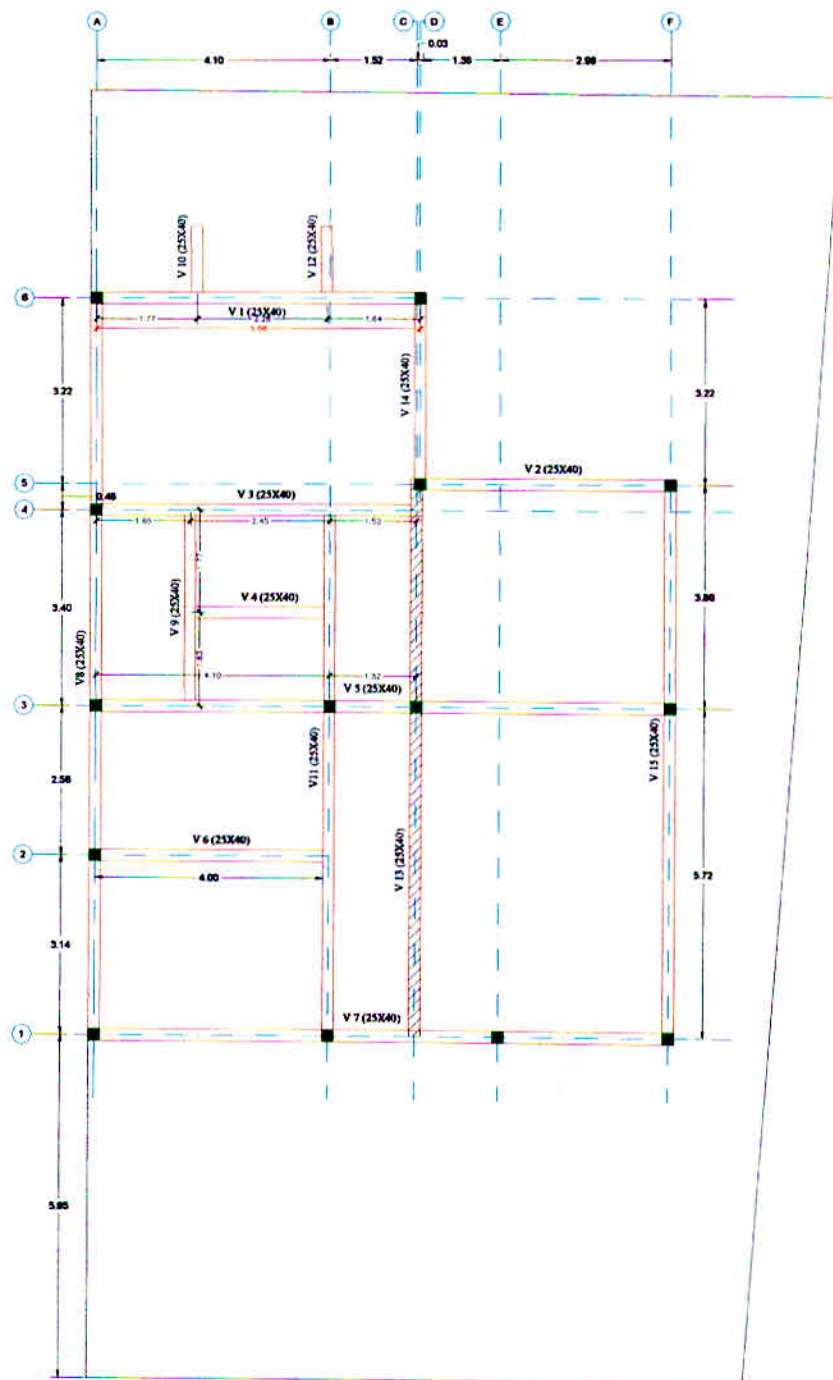


Figura 10: Planta de forma da garagem

5.3 Projeto estrutural

Para começar um projeto estrutural é necessário ter o projeto arquitetônico, para fazer o levantamento das cargas do projeto. Saber qual o carregamento devido a sua utilização, obter as cargas devido a geometria das paredes, quanto dos elementos estruturais e das cargas acidentais.

5.3.1 Cobertura

Nesse projeto foi adotado uma carga média para o telhado de 170 kg por m^2 , para um telhado estilo colonial com telhas tipo americanas e consumo aproximado de 12 telhas por m^2 . Para chegar a carga do telhado nas vigas é necessário dividir a área total da cobertura, em sub áreas que vão descarregar o peso próprio nas vigas de extremidades, ou em pontos concentrado na laje, como mostra a figura 11. Posteriormente é acrescentada essas cargas nas vigas para fins de cálculos expressos no APÊNDICE B.

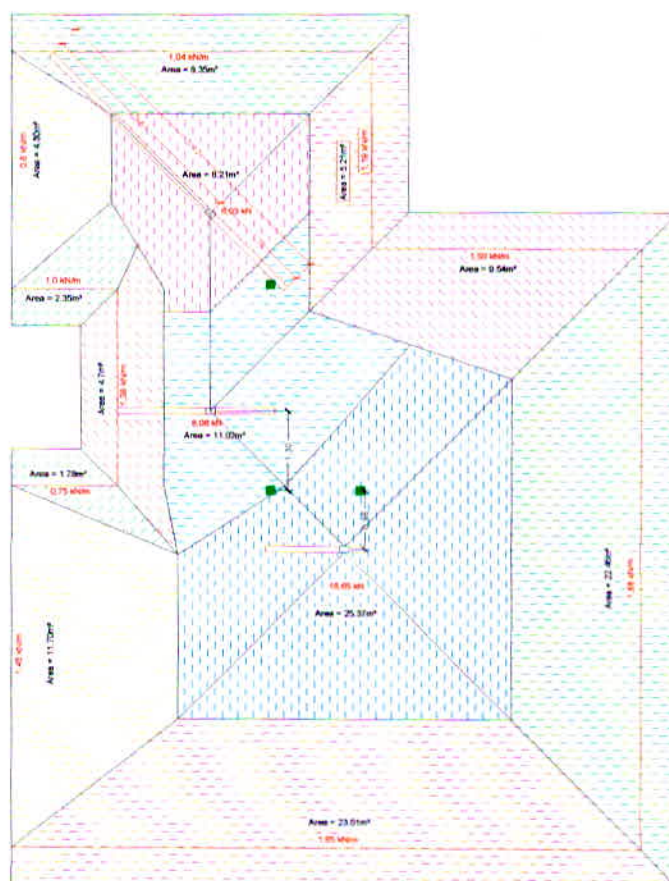


Figura 11: Divisão da cobertura

5.3.2 Lajes

Com base nas plantas de forma dos pavimentos são feitos os cálculos das lajes, nesta reavaliação estrutural será adotada a laje pré-moldada, o modelo TG-8L, como pode se ver na figura 12, da tabela retirada do fabricante.

TABELA DE ESPECIFICAÇÕES

TRELIÇA GERDAU

Designação GERDAU	Outra Designação	Peso (kg/m)	Altura (cm)	Diâmetro (mm) - AÇO CA-60		
				Banzo Superior	Diagonal	Banzo Inferior
TG 8 L	TR 08644	0,735	8	6,0	4,2	4,2
TG 8 M	TR 08645	0,821	8	6,0	4,2	5,0
TG 12 M	TR 12645	0,886	12	6,0	4,2	5,0
TG 12 R	TR 12646	1,016	12	6,0	4,2	6,0
TG 16 L	TR 16745	1,032	16	7,0	4,2	5,0
TG 16 R	TR 16746	1,168	16	7,0	4,2	6,0
TG 20 L	TR 20745	1,111	20	7,0	4,2	5,0
TG 20 R	TR 20756	1,446	20	7,0	5,0	6,0
TG 25 L	TR 25756	1,686	25	8,0	5,0	6,0
TG 25 R	TR 25857	1,855	25	8,0	5,0	7,0

OBS.: Complementos de 8 m, 10 m e 12 m (produção de outras bitolas, alturas e complementos sob consulta).
Conforme Norma ABNT NBR 14662

Figura 12: Tabela de treliça Gerdau

Posteriormente os cálculos das lajes, onde são obtidos os valores: de peso próprio, do acabamento e da carga acidental, retirada da NBR-6120. Com as cargas e a geometria definida, obtém-se o aço necessário nas lajes para sua execução e as cargas que irá descarregar nas vigas. Todos os cálculos das lajes no APÊNDICE B.

5.3.3 Vigas

Nos cálculos das vigas é recomendado que se tenha a norma como parâmetro a ser seguido, desta forma estamos amparados pela lei, pois a mesma sofre alguns ajustes em seu conteúdo de tempos em tempos. Como exemplo de mudanças recentes o posicionamento da linha neutra, no caso do K_x , que era de 0,5 na versão anterior e agora é de 0,45 na versão corrigida da norma NBR-6118 de 2014, para concretos com resistência menor que 50 MPa, em prol da segurança.

Somando os valores que se obteve das reações das lajes, mais as cargas do telhado, cargas das paredes e cargas pontuais, pode-se calcular as vigas, obtendo assim sua geometria final e o aço necessário para seu dimensionamento.

De acordo com indicadores usuais, a taxa de armadura ideal de uma viga deve estar entre 80 a 100 kg de aço por m^3 de concreto, em casos onde o K_x não atenda a norma a taxa ideal pode sofrer variações.

Nesta reavaliação a viga que mais solicitou cálculos, foi a viga nº 5, onde essa teve que ser calculada da maneira em que se encontrava in loco e como ela ficará após a reavaliação estrutural. Com a implantação da solução encontrada, na figura 13, pode se ver o desenho do gráfico esquemático dos momentos atuantes na viga nº 5 antes da solução.

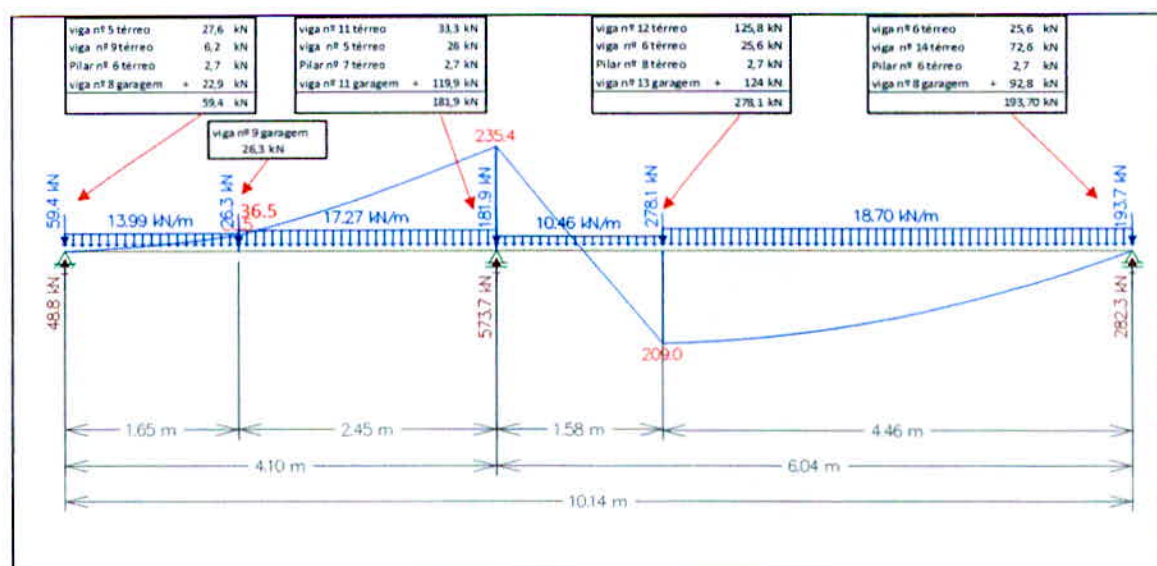


Figura 13: Gráfico esquemático de momentos antes da solução

Com esse momento de 235,4 kN, a viga nº 5, deveria ser dimensionada como mostra a secção transversal da figura 14, fazendo os cálculos chega se a resultados para armadura dupla como pode se ver os resultados no APÊNDICE C.

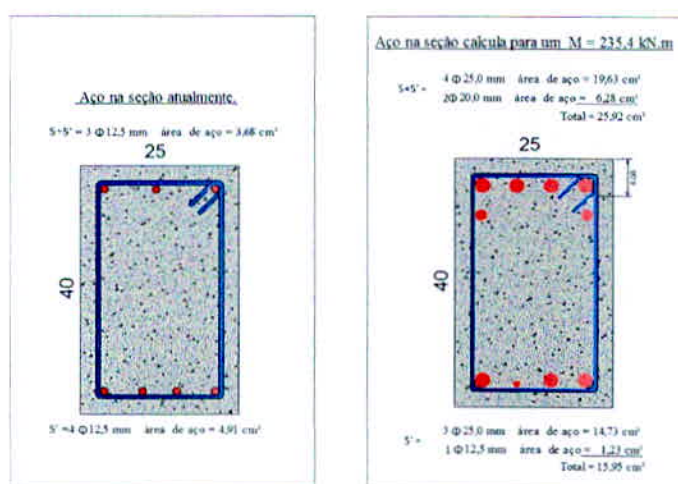


Figura 14: Secção transversal do momento mais crítico da viga

E na figura 15, com a solução inserida para o problema estrutural apresentado, a implantação do pilar nº8. Pode se comparar com a viga existente e ver como os momentos caem consideravelmente. Todos os cálculos estão no APÊNDICE B deste trabalho.

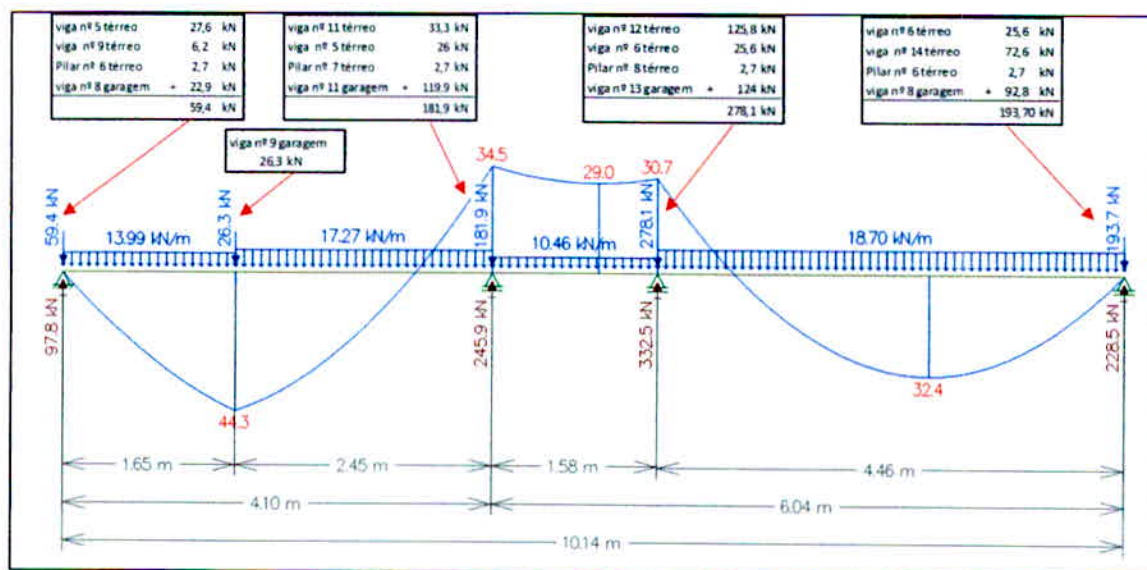


Figura 15: Gráfico esquemático de momentos após a solução

Com os momentos recalculados foi possível detalhar a viga nº5 novamente, constatar que a área de aço existente atende ao seu dimensionamento, com a solução encontrada (implantação do pilar nº8), como mostra a figura 16, no seu detalhamento final.

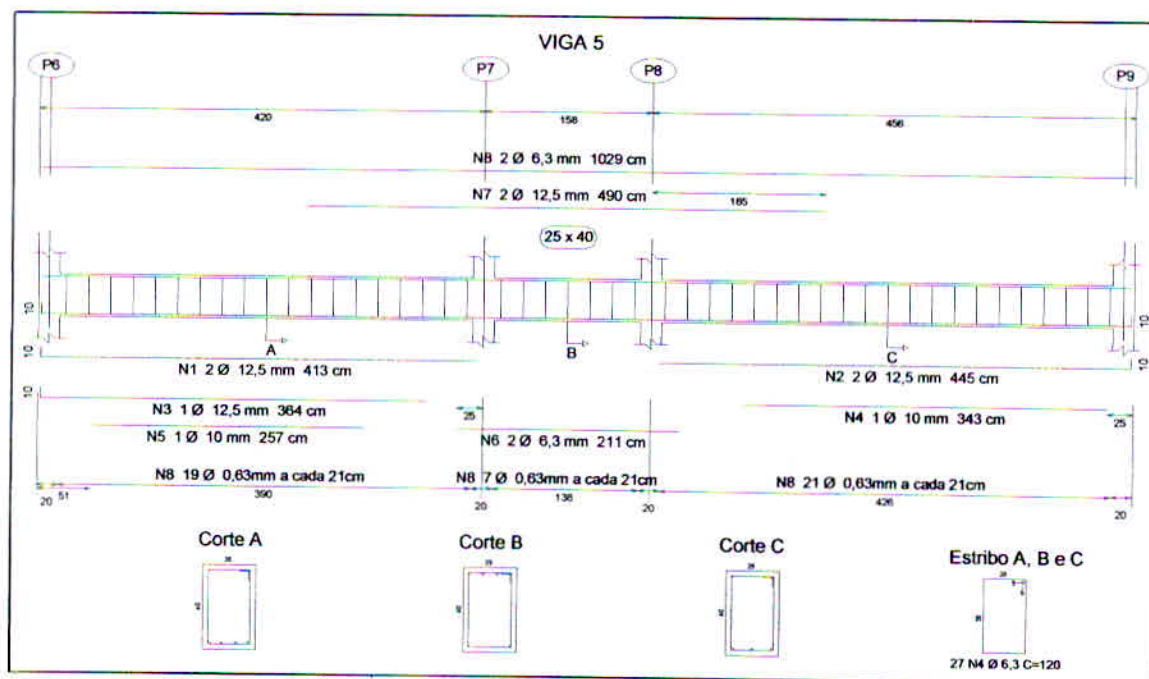


Figura 16: Detalhamento final da viga nº5

5.3.4 Pilares

Ao verificar os valores obtidos na edificação é constatada a sobrecarga no pilar nº 7, como pode se ver na tabela de somatórios das cargas nos pilares da Figura 17.

PAVIMENTO TÉRREO CARGAS NOS PILARES								
PILARES	VIGAS		VIGAS		VIGAS		Peso Próprio kN	Térreo Σ cargas kN
P1	V1	33,3	V9	8,6			2,7	44,60
P2	V1	31,7	V13	18,2			2,7	52,60
P3	V2	25,9	V12	36,7	V13	18,2	2,7	83,50
P4	V2	25,9	V14	4,3			2,7	32,90
P5	V3	44,9	V9	15,6			2,7	63,20
P6	V5	27,6	V9	6,2			2,7	36,50
P7	V5	26	V11	33,3			2,7	62,00
P8	V6	25,6	V12	125,8			2,7	154,10
P9	V6	25,6	V14	72,6			2,7	100,90
P10	V7	22,5	V9	22,8			2,7	48,00
P11	V8	27,1	V9	8			2,7	37,80
P12								
P13	V8	65,2	V12	42			2,7	109,90
P14								
P15	V8	10,2	V14	33,2			2,7	46,10

PAVIMENTO GARAGEM CARGAS NOS PILARES								
PILARES	VIGAS		VIGAS		VIGAS		Peso Próprio kN	Garagem Σ cargas kN
P1	V1	57,4	V8	16			2,7	76,10
P2	V1	63,3	V14	17,5			2,7	83,50
P3	V2	36,1	V13	68,2	V14	17,5	2,7	124,50
P4	V2	36,1	V15	8,3			2,7	47,10
P5	V3	70,4	V8	41,5			2,7	114,60
P6	V5	10,6	V8	22,9			2,7	36,20
P7	V5	391,1	V11	119,9	181,90		2,7	513,70
P9	V5	88,6	V15	92,8			2,7	184,10
P10	V6	41,1	V8	10			2,7	53,80
P11	V7	18,1	V8	13,5			2,7	34,30
P12	V7	133,5	V11	32,5				166,00
P13	V13	47,3					2,7	50,00
P14	V7	129,9						129,90
P15	V7	2,9	V15	40,6			2,7	46,20

Σ das cargas dos 2 pavimentos para cálculo dos pilares (kN)	
P1	120,70
P2	136,10
P3	208,00
P4	80,00
P5	177,80
P6	72,70
P7	573,70
P9	285,00
P10	101,80
P11	72,10
P12	166,00
P13	159,90
P14	129,90
P15	92,30

Figura 17: Carga para dimensionar o pilar P7 existente

Com auxílio do programa oblíqua pode se constatar que a área de concreto para a seção é menor e por tanto a sua área de aço deveria ser enrijecida, se fosse necessário manter a geometria do pilar. Mas nota se que o problema ocorrido, foi que o pilar não havia sido dimensionado para esta carga, a qual terá que suportar. Com o somatório das cargas chegamos aos seguintes cálculos estruturais para o pilar nº7. Na figura 18 a seguir, pode se verificar como

se encontra a seção do pilar nº7, no diagrama de inteiração do programa Obliquoa, cerca de duas vezes menor do que deveria ser, para suportar a carga de 575,70 kN.

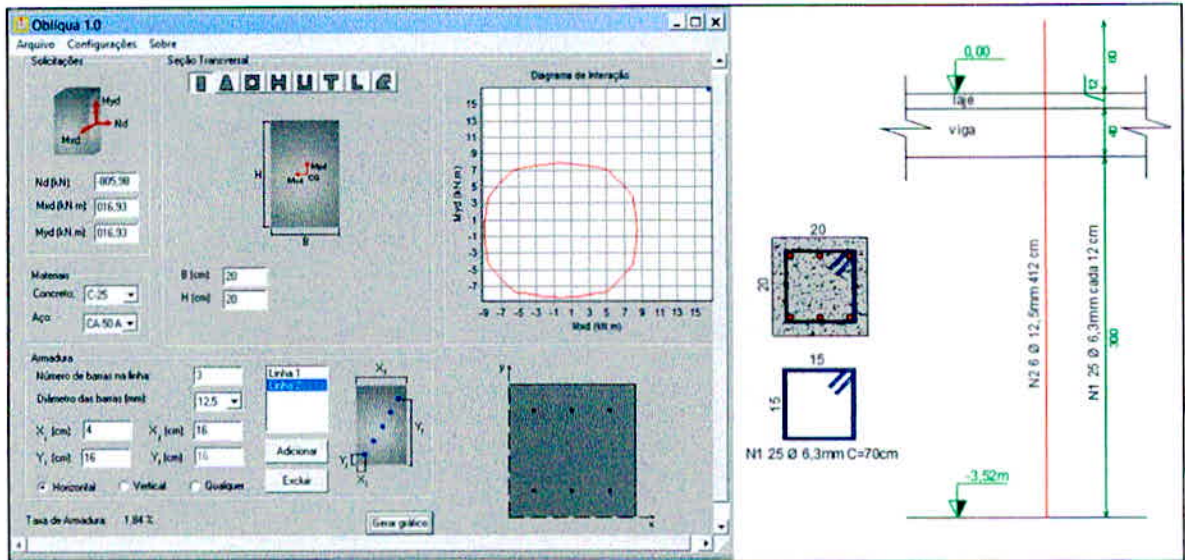


Figura 18: Gráfico de inteiração e seção transversal existente

Para a carga de 575,70 kN no pilar nº7, sua seção deveria ser dimensionada desta forma, como está demonstrado na figura 19, com o seu detalhamento correto.

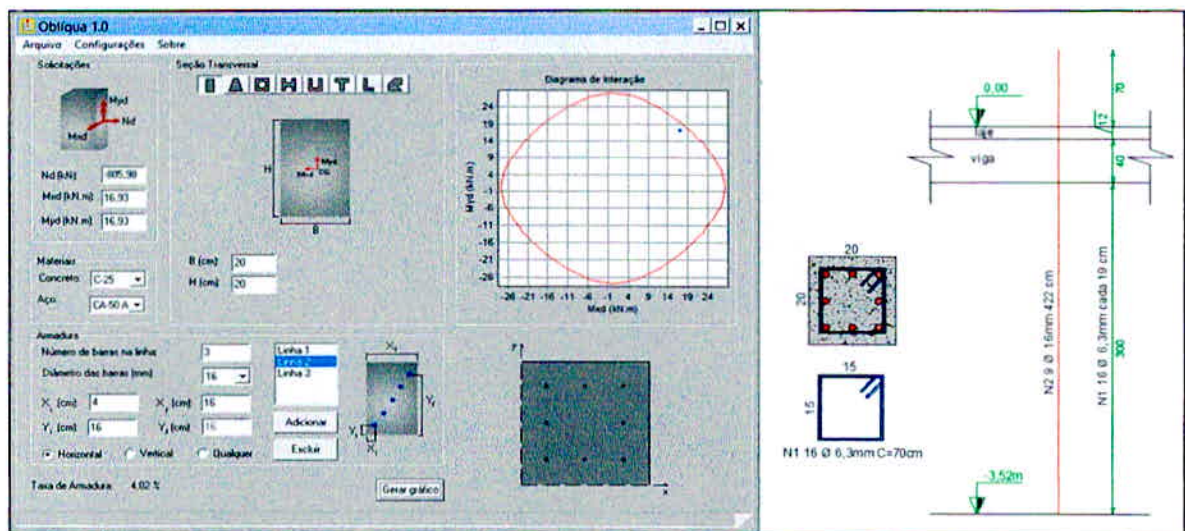


Figura 19: Gráfico de inteiração e seção transversal existente correta

Com a sobrecarga no pilar nº7 teve início a solução do problema estrutural, implantando o pilar nº 8, com os novos garregamentos foi refeito a tabela de cargas dos pilares expresso na figura 20.

PAVIMENTO TÉRREO CARGAS NOS PILARES								
PILARES	VIGAS		VIGAS		VIGAS		Peso Próprio kN	Térreo Σ cargas kN
P1	V1	33,3	V9	8,6			2,7	44,60
P2	V1	31,7	V13	18,2			2,7	52,60
P3	V2	25,9	V12	36,7	V13	18,2	2,7	83,50
P4	V2	25,9	V14	4,3			2,7	32,90
P5	V3	44,9	V9	15,6			2,7	63,20
P6	V5	27,6	V9	6,2			2,7	36,50
P7	V5	26	V11	33,3			2,7	62,00
P8	V6	25,6	V12	125,8			2,7	154,10
P9	V6	25,6	V14	72,6			2,7	100,90
P10	V7	22,5	V9	22,8			2,7	48,00
P11	V8	27,1	V9	8			2,7	37,80
P12								
P13	V8	65,2	V12	42			2,7	109,90
P14								
P15	V8	10,2	V14	33,2			2,7	46,10

PAVIMENTO GARAGEM CARGAS NOS PILARES								
PILARES	VIGAS		VIGAS		VIGAS		Peso Próprio kN	Garagem Σ cargas kN
P1	V1	57,4	V8	16			2,7	76,10
P2	V1	63,3	V14	17,5			2,7	83,50
P3	V2	36,1	V13	68,2	V14	17,5	2,7	124,50
P4	V2	36,1	V15	8,3			2,7	47,10
P5	V3	70,4	V8	41,5			2,7	114,60
P6	V5	38,4	V8	22,9			2,7	64,00
P7	V5	64	V11	119,9			2,7	186,60
P8	V5	54,4	V13	124			2,7	181,10
P9	V5	34,8	V15	92,8			2,7	130,30
P10	V6	41,1	V8	10			2,7	53,80
P11	V7	18,1	V8	13,5			2,7	34,30
P12	V7	133,5	V11	32,5				166,00
P13	V13	47,3					2,7	50,00
P14	V7	129,9						129,90
P15	V7	2,9	V15	40,6			2,7	46,20

Σ das cargas dos 2 pavimentos para cálculo dos pilares (kN)	
P1	120,70
P2	136,10
P3	208,00
P4	80,00
P5	177,80
P6	100,50
P7	248,60
P8	335,20
P9	231,20
P10	101,80
P11	72,10
P12	166,00
P13	159,90
P14	129,90
P15	92,30

Figura 20: Carga para dimensionamento final dos pilares

De acordo com a nova distribuição das cargas obtidas da reavaliação e sabendo que os pilares existentes da garagem têm como dimensões 20x20 (cm), foi recalculado o pilar com o maior carregamento apresentado, o pilar nº8 com 335,20 kN. Com isso chegou se a conclusão

que todos os pilares do projeto serão dimensionados para área de aço mínima de 4Φ de 10,0 (mm), pois os outros pilares não têm carregamentos superiores a ele. Na figura 19, pode se constatar que o carregamento de 335,20 kN no pilar nº8 e totalmente suportado pela área mínima de aço de um pilar como estabelece a NBR-6118.

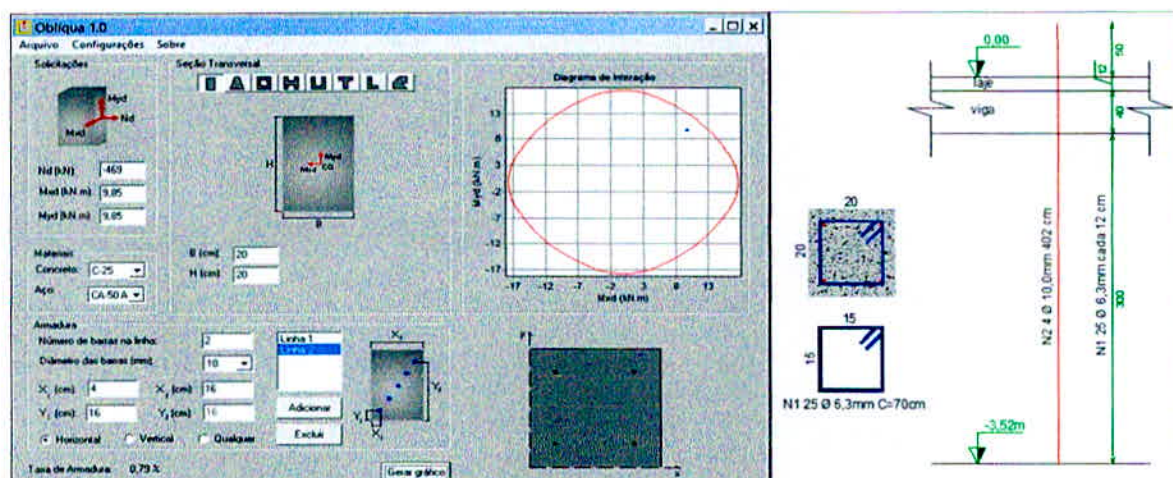


Figura 21: Gráfico de interação e seção transversal do P8

Na seção transversal, a NBR-6118, recomenda quando o esforço cortante não for maior que o exigido, que o espaçamento entre os estribos seja adotado como o menor dos três itens:

- 200 mm;
- Menor dimensão da seção ou;
- $12 \cdot \Phi$ (diâmetro do aço longitudinal);

6 CONCLUSÃO

O trabalho proposto, teve como objetivo principal a reavaliação de uma edificação residencial. Foram realizados vários projetos e cálculos, onde pode se quantificar, detalhar e calcular todos os elementos estruturais da edificação.

Ao verificar e constatar o problema ocorrido nesta reavaliação, enfatiza-se o quanto é necessário e indispensável a supervisão de um profissional técnico, nas várias fases que compõem a sequência de início e fim de projeto.

Como a edificação apresentava problema estrutural no pilar central nº7 da garagem, como apontou os cálculos é justamente onde precisou de maior alteração no projeto e com a implantação do novo pilar nº8, tornou assim o pilar nº7 menos carregado e desta maneira suas dimensões existentes ficaram dentro dos parâmetros usuais. Também foi possível chegar a uma redução de 85% para o maior momento fletor da viga nº 13 da garagem, tornando-a totalmente inserida dentro dos parâmetros usuais.

Com as alterações propostas, conclui-se que desta maneira, as distribuições das cargas tornaram a edificação estabilizada. As mudanças nos elementos estruturais deixaram os coeficientes exigidos todos dentro do que exigem as normas. Como a edificação encontra-se paralisada, poderá retomar a sua execução, assim que os projetos passarem pelas aprovações cabíveis e com isso a edificação poderá ser destinada ao seu uso correto, com maior segurança e conforto a seus habitantes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Rio de Janeiro, 1980.

CARVALHO, R. C.; FILHO J. R. F. **Cálculo de Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**, 3ª Edição, Edufscar, 2004.

FARIA, Antônio de; **Uma nova abordagem na utilização de ferramentas computacionais no ensino de conteúdos da disciplina estruturas de concreto em cursos de engenharia civil**. Dissertação de Mestrado para a Universidade Federal de São Carlos, 2009. Disponível em: <http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=284>
> Acesso em 21 de fevereiro de 2014.

MARTHA, L. F. **FTOOL. Um Programa Gráfico-Interativo para Ensino de Comportamento de Estruturas**. Versão Educacional 3,0. Disponível em <<http://www.tecgraf.puc-rio.br/ftool/>>. Acesso em: 25 de novembro de 2013.

VARGINHA. Prefeitura Municipal. Lei Municipal nº 3006, de 1998. Institui o Código de Obras do Município de Varginha. Disponível em: <<http://www.varginha.mg.gov.br/legislacao-municipal/leis/85-1998/2273-lei-3006>>. Acesso: em 25 de novembro de 2013.

APÊNDICE B – Determinação das lajes e vigas

1 Determinação das cargas da laje do pavimento térreo

No desenvolvimento deste trabalho foi calculada reações das lajes sobre as vigas como sendo lajes treliçada, sendo assim calculadas em uma só direção.

Os dados para o cálculo das cargas estão expressos na tabela.

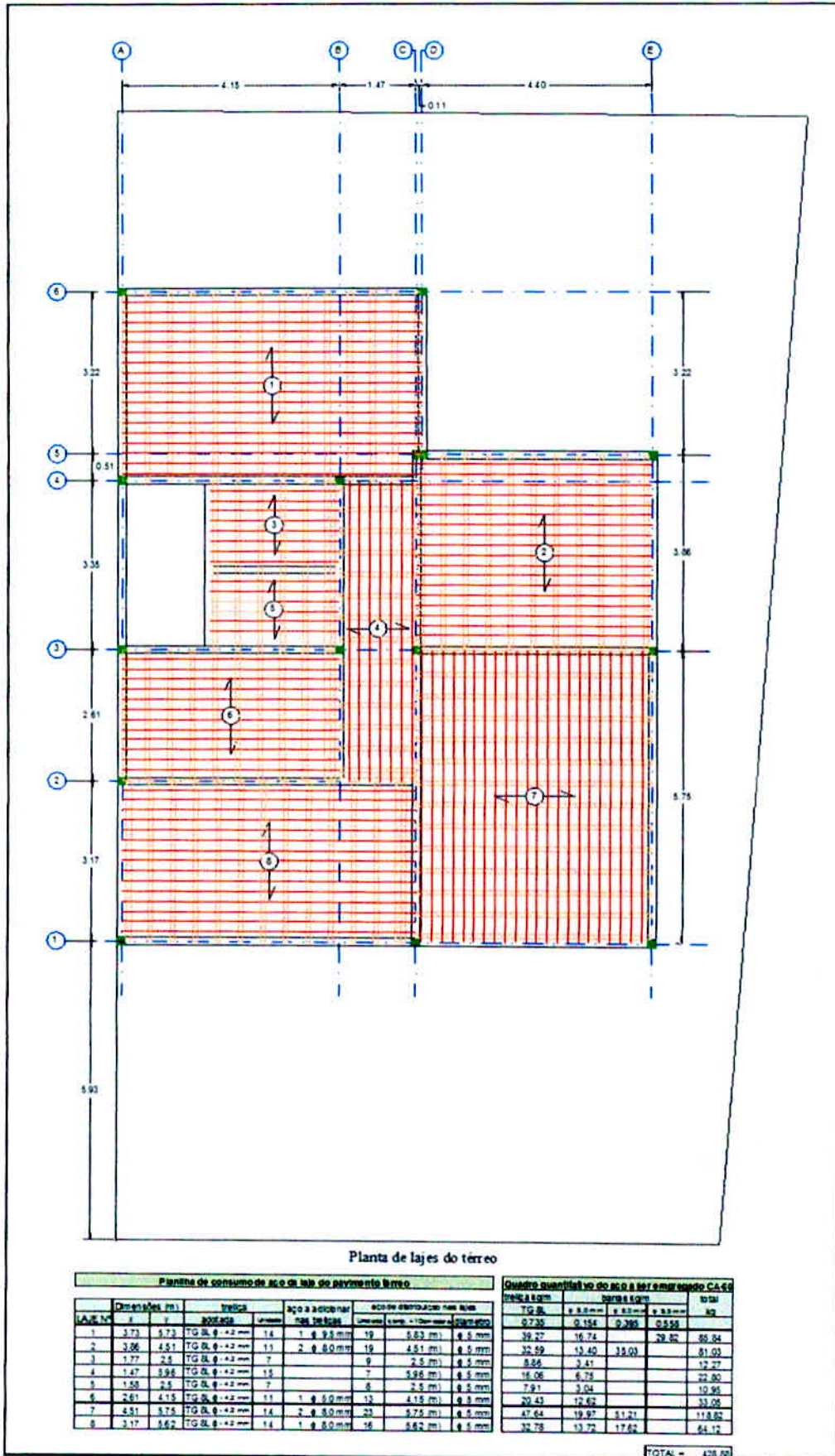
Dados da laje		
treliça	8 cm	
h=	12 cm	
c=	4 cm	
fck Mpa	25 MPA	
Y concreto	25 kN/m ³	
Y massa	18 kN/m ³	
Y revestimento	17 kN/m ³	
peso proprio		1,67 kN/m ²
argamassa de correção		0,63 kN/m ²
piso (granito)		0,52 kN/m ²
sobrecarga área lazer (NBR 6120/2003)		2 kN/m ²
	TOTAL =	4,82 kN/m ²

Com a carga do peso próprio mais as reações das lajes e as cargas do telhado podemos calcular as vigas. Como todas as vigas ficaram com dimensionamento abaixo do K_x normatizado foi elaborado uma tabela onde inserimos os dados de cada viga isoladamente. E posteriormente detalhar a viga. Somente a viga V5 necessitou de cálculo para armadura dupla, a que foi já estudada neste TCC.

1.1 Detalhamento da laje do pavimento térreo

CÁLCULO DE CARGAS NA LAJE NO PAVIMENTO TÉRREO										CÁLCULO DO AÇO NAS LAJES DO PAVIMENTO TÉRREO					
LAJE Nº	medida X	medida Y	area	G1+G2+qp	λ_y/λ_x	carga permanente no tramo				momento máximo no cento da vigota	M _{max} (D, U, V, B)	Md	kz*d ² *fyd	Área de aço à adicionar na treliça	
						A-----B	B-----C	C-----D	D-----A						
						Pvys	Pvys	Pvys	Pvys						
1	3,73 m	5,73 m	21,37 m ²	4,82 KN/m ²	1,54	2,19 KN/m	7,55 KN/m	2,19 KN/m	7,55 KN/m	0,43	3,60 KNm	0,821	3,46	1,02 cm ²	0,74 cm ²
2	cozinha	3,86 m	4,51 m	17,41 m ²	4,82 KN/m ²	1,17	2,41 KN/m	7,24 KN/m	2,41 KN/m	0,425	3,82 KNm	0,880	3,59	2,08 cm ²	0,81 cm ²
3	b. suite	1,77 m	2,5 m	4,43 m ²	4,82 KN/m ²	1,41	1,08 KN/m	3,50 KN/m	1,08 KN/m	0,425	0,80 KNm	0,185	0,28	0,00 cm ²	0,00 cm ²
4	corredor	1,47 m	5,96 m	8,76 m ²	4,82 KN/m ²	2,00	1,15 KN/m	3,26 KN/m	1,15 KN/m	0,425	0,55 KNm	0,128	0,19	0,15 cm ²	0,00 cm ²
5	b. social	1,58 m	2,5 m	3,95 m ²	4,82 KN/m ²	1,58	0,91 KN/m	3,23 KN/m	0,91 KN/m	0,425	0,64 KNm	0,147	0,22	0,17 cm ²	0,00 cm ²
6	quarto 1	2,61 m	4,15 m	10,83 m ²	4,82 KN/m ²	1,59	1,50 KN/m	5,35 KN/m	1,50 KN/m	0,425	1,74 KNm	0,402	0,85	0,48 cm ²	0,30 cm ²
7	sala	4,51 m	5,75 m	25,93 m ²	4,82 KN/m ²	1,27	2,82 KN/m	8,66 KN/m	2,82 KN/m	0,425	5,21 KNm	0,1201	2,36	1,51 cm ²	1,24 cm ²
8	quarto 2	3,17 m	5,62 m	5,62 m ²	4,82 KN/m ²	1,77	1,61 KN/m	6,73 KN/m	1,61 KN/m	0,425	2,57 KNm	0,0593	1,00	0,72 cm ²	0,48 cm ²

1.2 Planta da laje e quadro de aço do pavimento térreo



1.3 Planilha dimensionamento das vigas do térreo

1	dimensão viga (cm)			área efetiva sobre a viga	carga sobre a viga = 1,75 kN/m	carga do piso próprio	carga de laje A-B
	b _{ef}	h	L	m ²	kN/m	kN/m	kN/m
	0,15	0,35	5,73	0,35	2,25	1,31	7,56

Dados		1 dia carga (distrib. A-B)		carga pontual (P1 viga 4)	
h efetivo =	35 cm	q maior =	11,02 kN/m		
b _w efetivo =	15 cm	f _{ck} =	25 MPa		
d efetivo =	31 cm	Aço =	CA-50		
			11,02 kN/m		1,95 kN

GRAFICO DE MOMENTO MÁXIMO E DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS

GRAFICO DE ESFORÇO CORTANTE

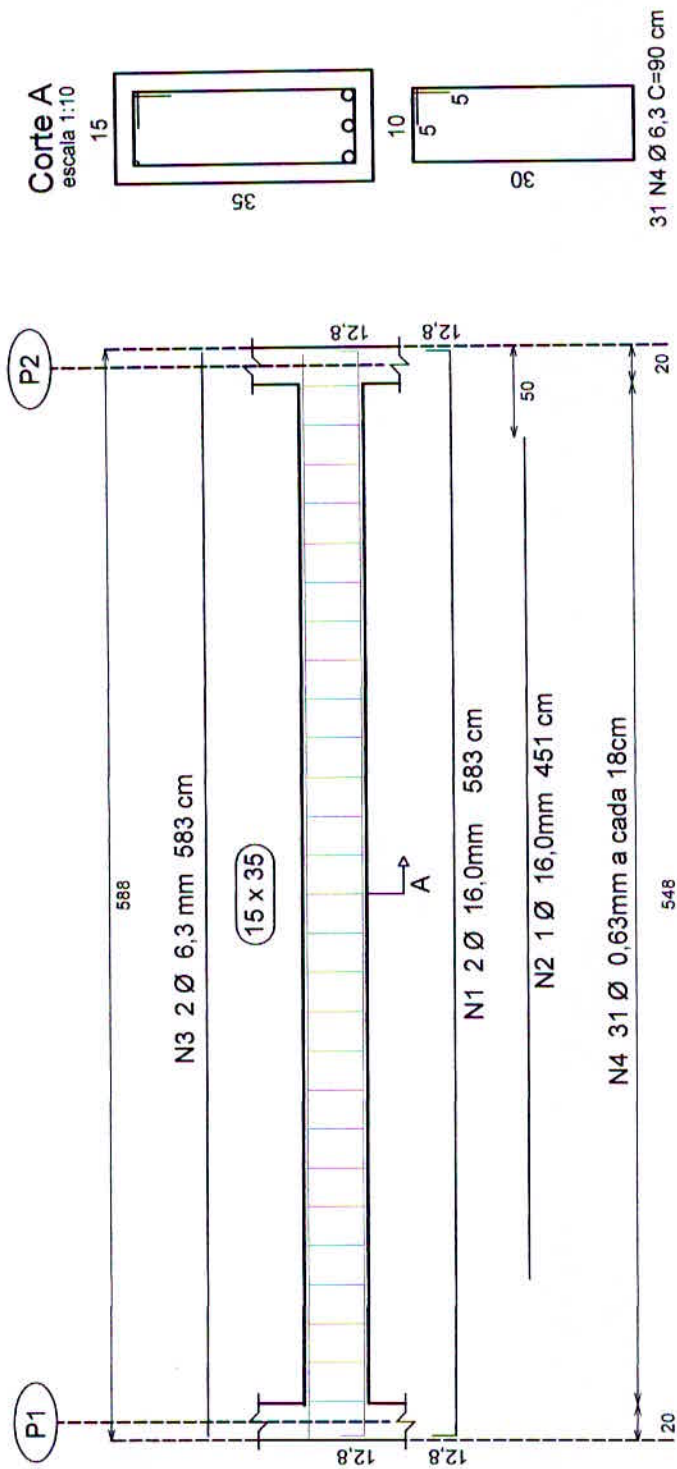
VERIFICAÇÃO DE V _{Ed} < V _{Rd2} (kN)		DETERMINAÇÃO DA CORTANTE MÍNIMA	
VALORES DE ESFORÇO CORTANTE Q _{Ed} = 33,3 kN Q _{Ed} = 31,7 kN qV = 1 kN/250 = 0,90 V _{Ed} = 0,77 qV L = 242,13		CORTANTES REDUZIDAS Q _{Ed} /b _w d ² = 2 Q _{EdA} = 30,76 kN Q _{EdB} = 29,36 kN V _{Ed} < V _{Rd2} = 46,62 kN V _{Ed} < V _{Rd2} = OK	
A _{swmin} ≥ 0,2 f _{ctm} b _w / S = 0,0154 cm ² /cm S = 0,9 d f _{yd}		V _c = 0,6 f _{ctd} b _w d = 35,76 kN V _{swmin} = A _{swmin} 0,9 d f _{yd} = 18,67 kN V _{sw} = V _c / V _{sw} = 38,69 kN S = γ _f	

DETERMINAÇÃO DO ESPAÇAMENTO DOS ESTRIBOS DE Ø 6,3 mm.			
A _{swmin} = V _{swmin} / S = 0,015 cm ² /cm	= 1,539 cm ² /m	S = 2 A _{sw} = 40,59 cm	espaçamento máx. S _{máx} = 0,6 · d = 18 cm
		A _{sw} mín. = 40,59 cm	S _{máx} = 18,6 cm

DETERMINAÇÃO DO AÇO LONGITUDINAL DA VIGA						
Momento Positivo (kN)	K _{nd} = M _{Ed} / (b _w d ² / f _{cd})	K _{nd}	k _a	k _b	ε _s	ε _s
Tramo A-B = 45,8		0,2491	0,4458	0,8217	3,50	4,35
						Domínio D3
						A _s = M _{Ed} / (k ₂ d ² f _{yd}) = 5,79 cm ²
						3 φ long. = 16,0 mm = 6,03 cm ²
						TOTAL = 6,03 cm ²

e _h = maior espaço entre barras em uma camada		e _v = maior espaço entre barras em uma mesma camada vertical		Número de barras em uma camada horizontal	
2 cm		2 cm		N _{b/c} = b _w / (2/5 + 0,5 d _l / 2) = 7,94 barras	
1,6 φ long.		1,6 φ long.			
7,28 1,2 φ máx brita		0,95 0,5 φ máx brita			

VIGA 1
escala 1:40



Dados:
 Desenho de Vigas
 Concreto: C25 em geral
 Aço: CA-50
 Escala vigas: 1:40
 Escala seções: 1:10

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

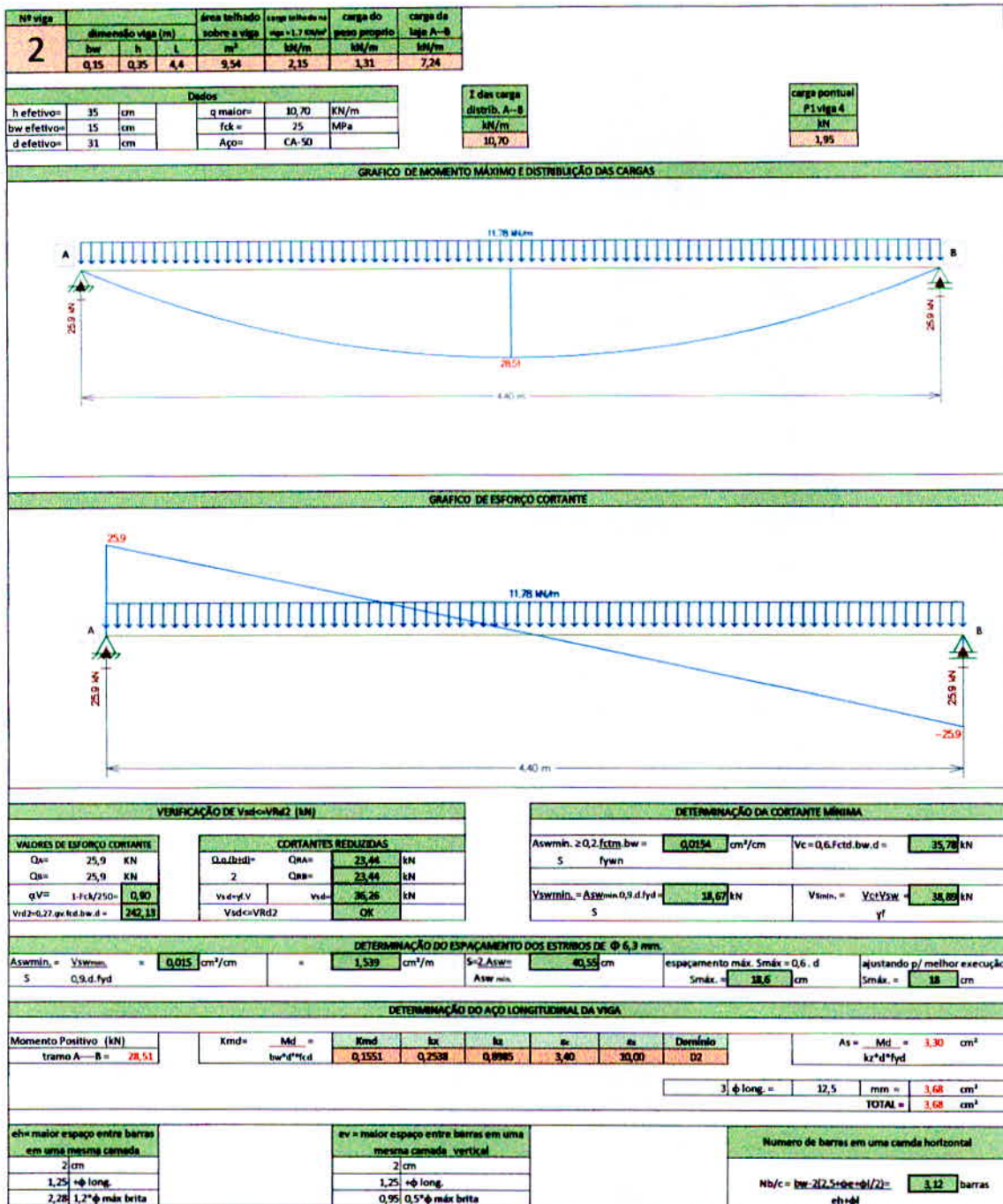
CONTEÚDO:
 vigas do térreo

Dados, consumo e taxa de armadura

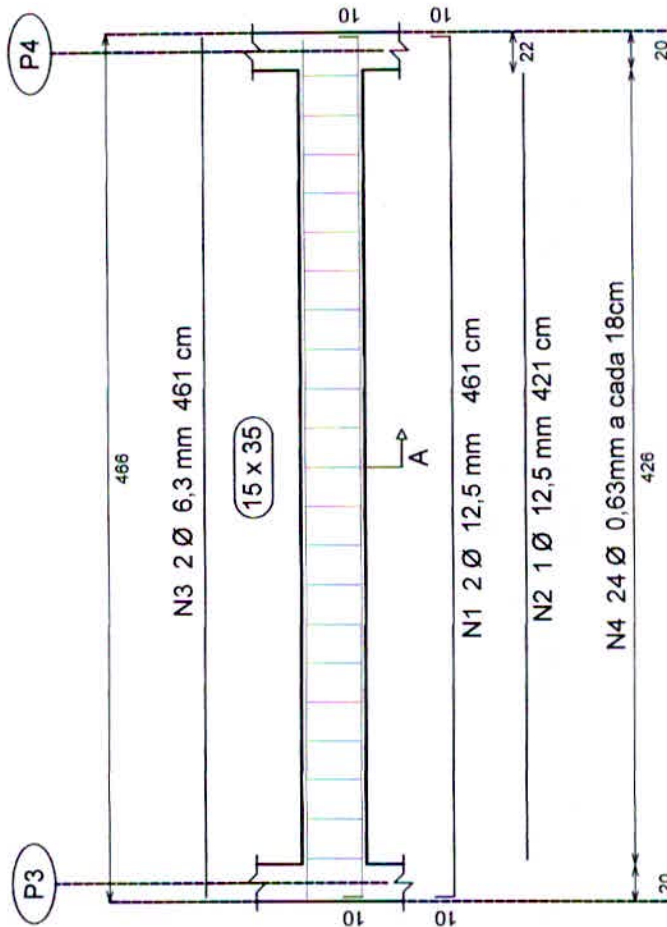
VIGA	dimensões			Volume		Taxa (kg/m³)	
	b	H	L	(m³)	(m³)	formas	apó.conc.
V1	0,15	0,35	5,88	0,31	5,50	128,34	

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DAS VIGAS DO TÉRREO

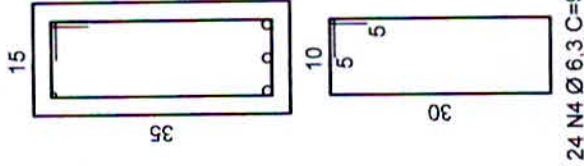
Elementos	Posição (N)	Diâmetro F (mm)	Quantidade UN	Reqa (cm)	Reb. Eq. (cm)	dob. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (m)	kg por F (kg/m)	CA-50 (kg)
V1	1	16,00	2,00	12,80	583,00	12,80	1217,20	12,17	1,578	19,21
	2	16,00	1,00	451,00	583,00		451,00	4,51	1,578	7,12
	3	6,30	2,00		583,00		1166,00	11,66	0,245	2,86
	4	6,30	31,00		90,00		2790,00	27,90	0,245	6,84
Total mais 10% =										39,62



VIGA 2
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



Legenda:
Desenho de Vigas
Concreto: C25, em geral
Aço: CA-50
Escala vigas: 1:40
Escala seções: 1:10

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DAS VIGAS DO TÉRREO

Elementos	Posição (N)	Diâmetro F (mm)	Quantidade UN	dob. Est. (cm)	Reqs (cm)	dob. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (m)	kg por F (kg/m)	CA-50 (kg)
V2	1	12,5	2	10	461	10	962	9,62	0,963	9,26
	2	12,5	1	10	421	10	421	4,21	0,963	4,05
	3	6,3	2		461		922	9,22	0,245	2,26
	4	6,3	24		90		2160	21,60	0,245	5,29
Total mais 10% =										22,86

Dados, consumo e taxa de armadura

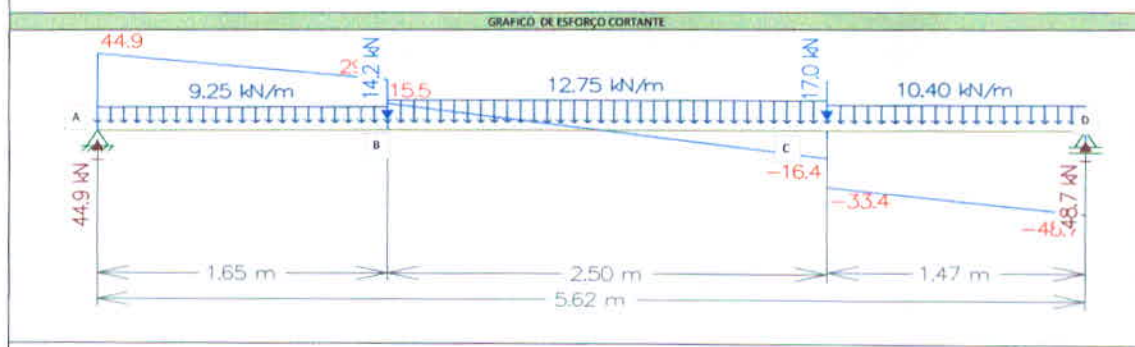
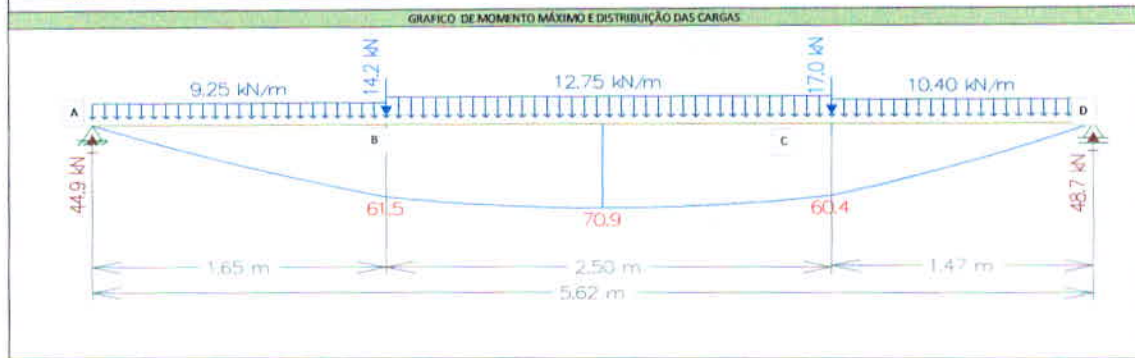
VIGA	dimensões			Volume (m³)	formas (m²)	Taxa (kg/m³)
	b	H	L			
V1	0,15	0,35	5,88	0,31	5,50	120,34

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

CONTEÚDO: vigas do térreo

Nº viga	dimensão viga (m)					área telhado sobre a viga m²	carga telhado viga = 1,1 kg/m² kN/m	carga do peso próprio kN/m	carga da laje A-B		carga da laje B-C		carga da laje C-D	
	bw	h	L1	L2	L3				laje Nº 1	laje Nº 2	laje Nº 3	laje Nº 1	laje Nº 2	laje Nº 1
3	0,15	0,45	1,65	2,5	1,47	2,35	2,42	1,69	7,56	7,56	3,50	7,56	1,15	

Dados				I das carga distrib. A-B			I das carga distrib. B-C			carga pontual	
h efetivo=	45	cm	q maior=	12,75	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	P1 da viga 10	P2 viga 11	
bw efetivo=	15	cm	fck =	25	MPa	9,25	12,75	10,40	kN	+ P2 telhado	17
d efetivo=	41	cm	Aço=	CA-50							



VERIFICAÇÃO DE $V_{ed} < V_{Rd2}$ (kN)

VALORES DE ESFORÇO CORTANTE	CORTANTES REDUZIDAS
$Q_{ed} = 44,9$ kN	$Q_{ed}/bwd = 41,33$ kN
$Q_{ed} = 48,7$ kN	$Q_{ed} = 45,13$ kN
$qV = 1 \cdot f_{ct} / 250 = 0,90$	$V_{ed} < V_{Rd2}$ OK
$V_{Rd2} = 0,27 \cdot q_{v,ct} \cdot b_w \cdot d = 320,24$	

DETERMINAÇÃO DA CORTANTE MÍNIMA

$A_{swmin} = 0,2 \cdot f_{ctm} \cdot b_w = 0,0154$ cm²/cm	$V_c = 0,6 \cdot F_{ctd} \cdot b_w \cdot d = 47,32$ kN
$S = f_{yw}$	
$V_{swmin} = A_{swmin} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd} = 24,69$ kN	$V_{swmin} = V_c / V_{sw} = 51,44$ kN
$S =$	

DETERMINAÇÃO DO ESPAÇAMENTO DOS ESTRIBOS DE $\phi 6,3$ mm

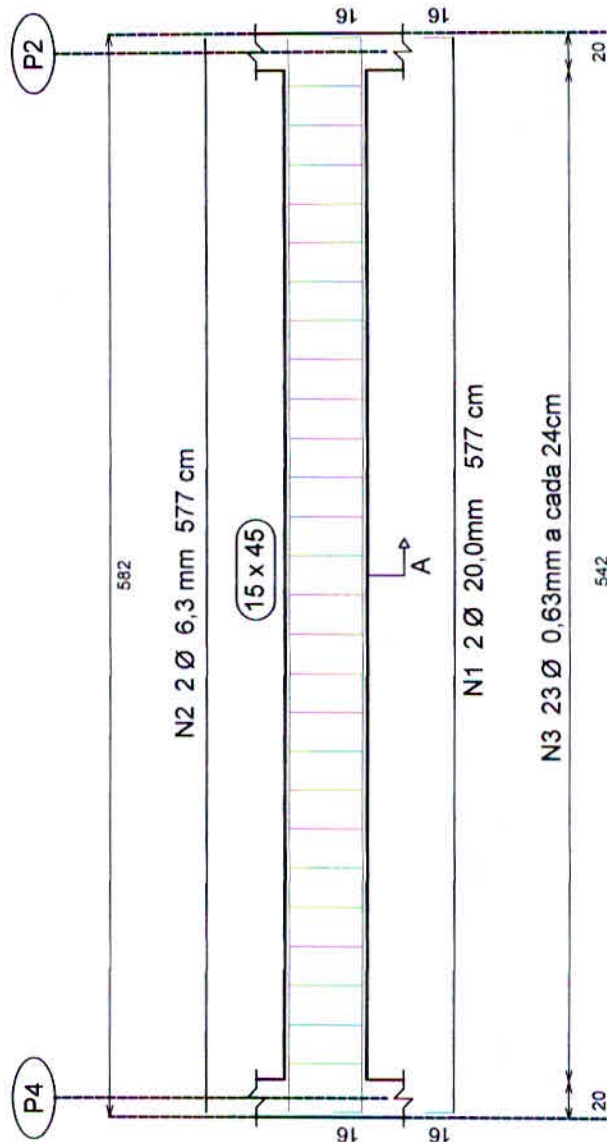
$A_{swmin} = V_{swmin} / S = 0,015$ cm²/cm	$S = 2 \cdot A_{st} \cdot \sigma_{st} = 41,52$ cm	espaçamento máx. $S_{máx} = 0,6 \cdot d$	ajustando p/ melhor execução
$S = 0,9 \cdot d \cdot f_{yd}$	$A_{swmin} = 1,529$ cm²/m	$S_{máx} = 24,6$ cm	$S_{máx} = 24$ cm

DETERMINAÇÃO DO AÇO LONGITUDINAL DA VIGA

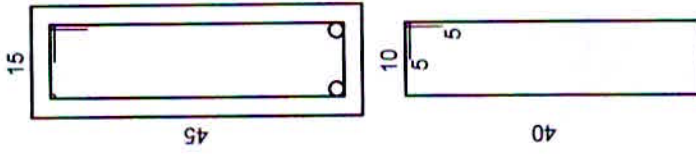
Momento Positivo (kN)	$K_{red} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{ctd}}$	K_{red}	ξ_x	ξ_y	ξ_z	ξ_w	ξ_v	Domínio	$A_s = \frac{M_{Ed}}{k_z \cdot d \cdot f_{yd}} = 5,58$ cm²
tramo A-D = 70,9	0,2204	0,3828	0,3469	3,50	5,64			03	
									$2 \cdot \phi \text{ long.} = 20,0$ mm = 6,28 cm²
									TOTAL = 6,28 cm²

eh= maior espaço entre barras em uma mesma camada	ev= maior espaço entre barras em uma mesma camada vertical	Numero de barras em uma camada horizontal
2 cm	2 cm	$N_b/c = b_w \cdot 2(2,5 \cdot \phi + \phi) / 2 = 2,57$ barras
$2 \cdot \phi \text{ long.}$	$2 \cdot \phi \text{ long.}$	
$2,28 \cdot 1,2 \cdot \phi \text{ máx brita}$	$0,9 \cdot 0,5 \cdot \phi \text{ máx brita}$	

VIGA 3
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



23 N4 Ø 6,3 C=110

Dados:
 Projeto de Vigas
 Cliente: CCR, em geral
 Aço: CA-50
 Escala Vigas: 1:40
 Escala seções: 1:10

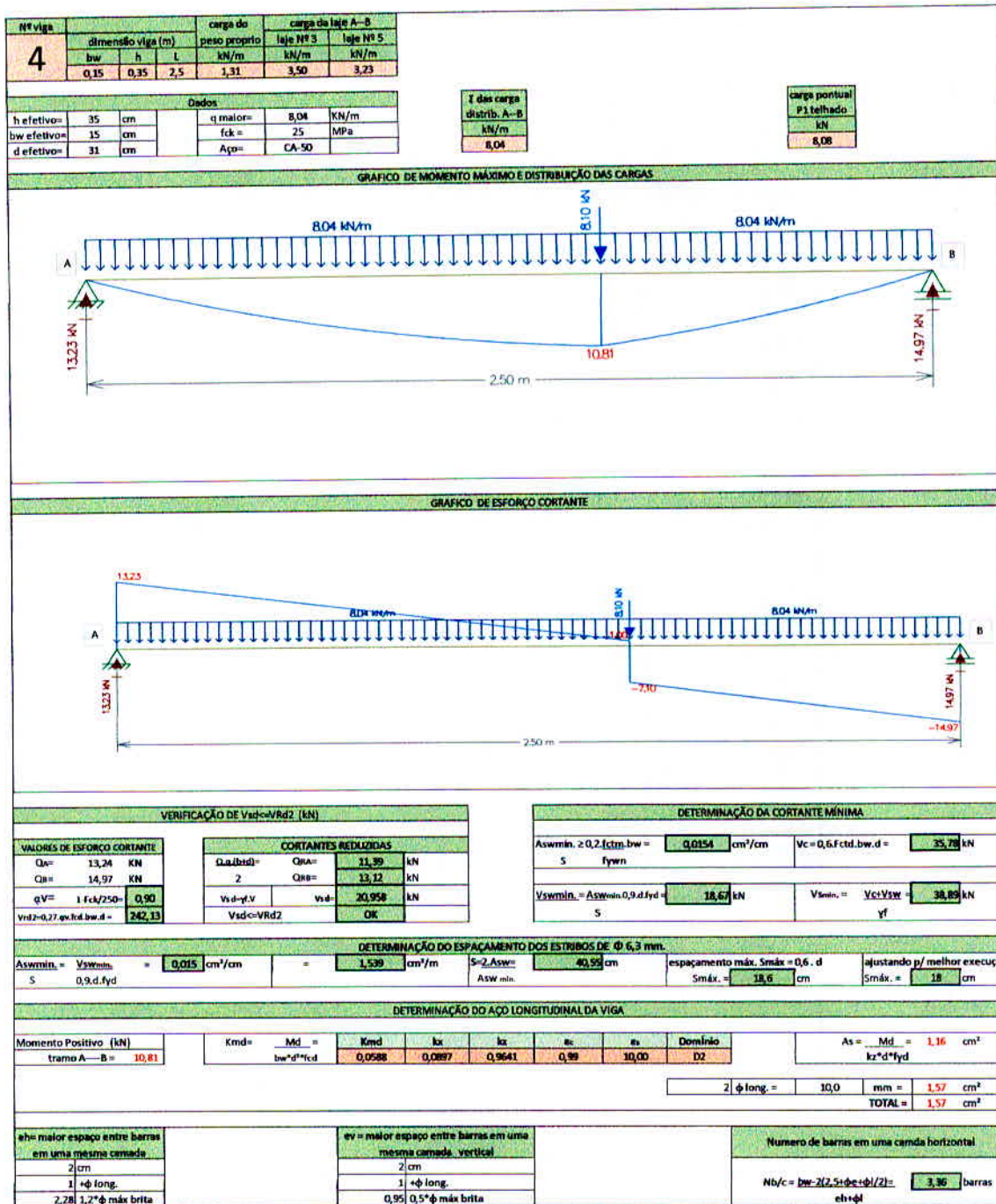
VIGA	Dados, consumo e taxa de armadura				formas		Taxa (kg/m³)
	b	H	L	Volume (m³)	(m²)	apo/conv.	
V3	0,15	0,45	5,62	0,38	6,49	112,35	

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DAS VIGAS DO TÉRREO										
Elemento	Posição (N)	Diâmetro F (mm)	Quantidade UN	dob. Est. (cm)	Refs (cm)	dob. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (m)	kg por F (kg/m)	CA-50 (kg)
V3	1	20,00	2	12,80	577	12,80	1205	12,05	2,466	29,72
	2	6,3	2	110	577	110	1154	11,54	0,245	2,83
	3	6,3	23	2530	110	110	2530	25,30	0,245	6,20
Total mais 10% =									42,62	

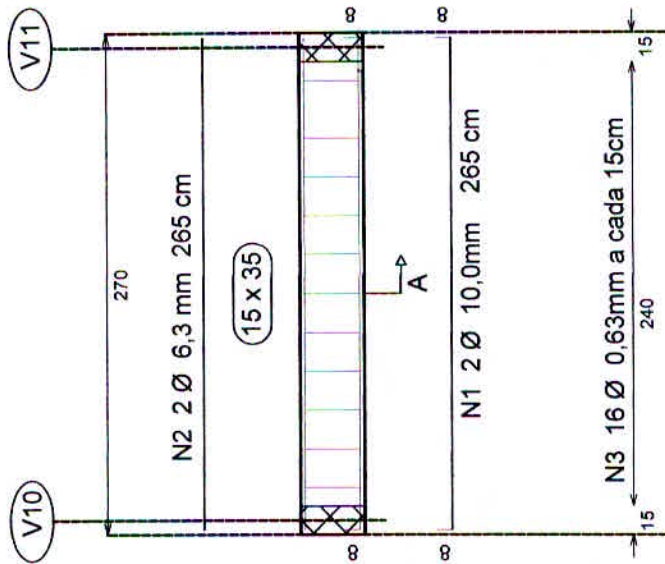
IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

CONTEÚDO:

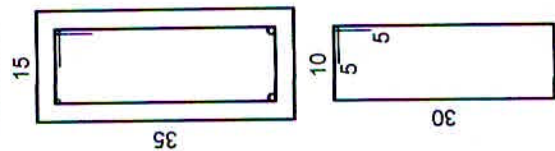
vigas do térreo



VIGA 4
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



11 N3 Ø 6,3 C=90 cm

DADOS:
Desenho de Vigas:
Coordenar: C26 em geral
Apo: CA-50
Escala: 1:40
Escala: seções: 1:10

Dados, consumo e taxa de armadura

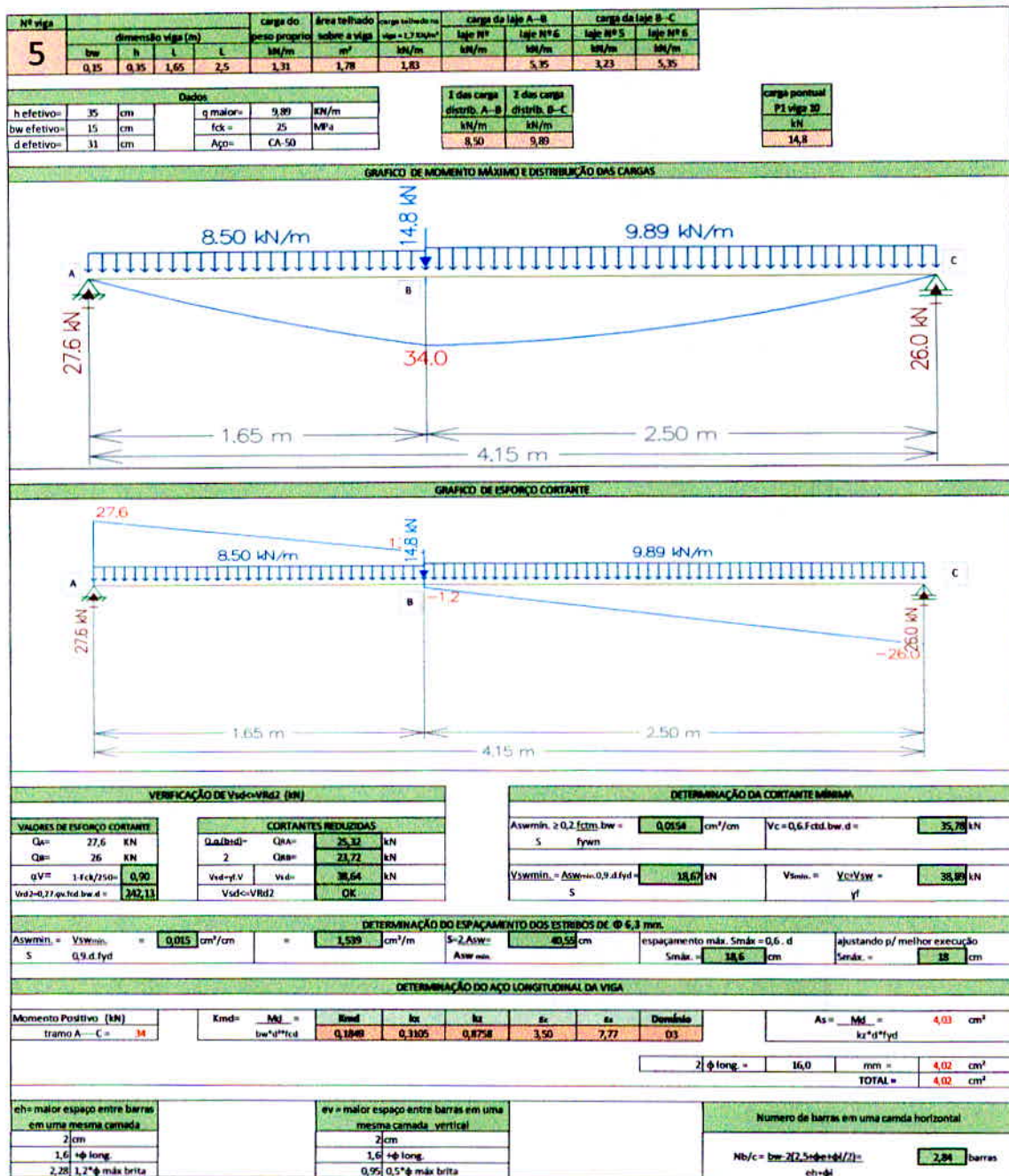
VIGA	dimensões			Volume (m³)	formas (m²)	Taxa (kg/m³) apo/conc.
	b	H	L			
V4	0,15	0,35	2,50	0,13	2,34	69,51

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DAS VIGAS DO TÉRREO

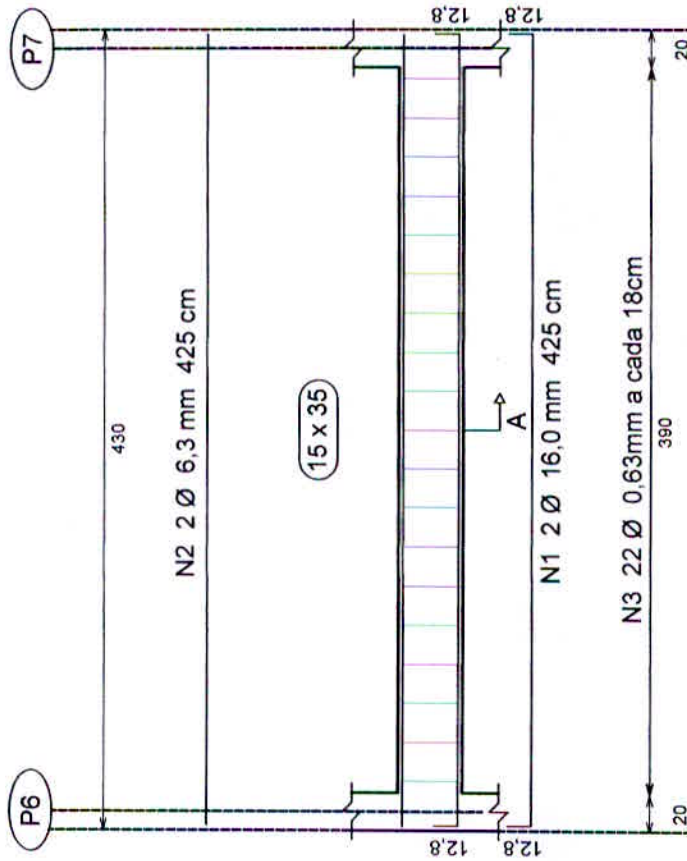
Elementos	Posição (N)	Diâmetro F (mm²)	UN	Quantidade	lobb. Eq. (cm)	Ret. dob. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (m)	kg por F (kg/m)	CA-50 (kg)
V4	1	10,0	2	8	265	8	562	5,62	0,917	3,47
	2	6,3	2	16	265	8	530	5,30	0,245	1,30
	3	6,3	16	90	90	1440	1440	14,40	0,245	3,53
Total mais 10% =										9,12

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

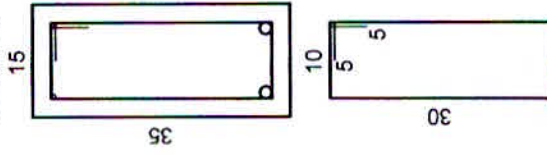
CONTEÚDO:
vigas do térreo



VIGA 5
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



22 N3 Ø 6,3 C=90 cm

Dados:
Desenho de Vigas
Concreto: C25, em geral
Aço: CA-50
Escala Vigas: 1:40
Escala seções: 1:10

Dados, consumo e taxa de armadura

VIGA	dimensões			Volume (m³)	Formas (m²)	Taxa (kg/m³) aço/conc.
	b	H	L			
V5	0,15	0,35	4,15	0,22	3,88	70,67

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DAS VIGAS DO TERREO

Elementos	Posição (N)	Diâmetro F (mm)	Quantidade UN	dob. Eq. (cm)	dob. Dir. (cm)	Reza (cm)	total compr. (cm)	kg por F (kg/m)	total (kg)
V5	1	16,00	2	12,8	265	12,8	581	1,578	9,17
	2	6,3	2	265	580	5,90	0,245	1,20	
	3	6,3	56		90	1440	0,245	3,53	
Total mais 10% =									13,40

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

CONTEÚDO:
vigas do térreo

Nº viga	dimensão viga (m)			carga do		carga de laje A-B	
	bw	h	L	peso próprio	laje Nº 3	laje Nº 5	
6	0,15	0,35	4,51	1,31	7,34	2,82	

Dados				I das carga distrib. A-B	
h efetivo=	35	cm	q maior=	11,37	kN/m
bw efetivo=	15	cm	fck =	25	MPa
d efetivo=	31	cm	Aço=	CA-50	

GRAFICO DE MOMENTO MÁXIMO E DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS

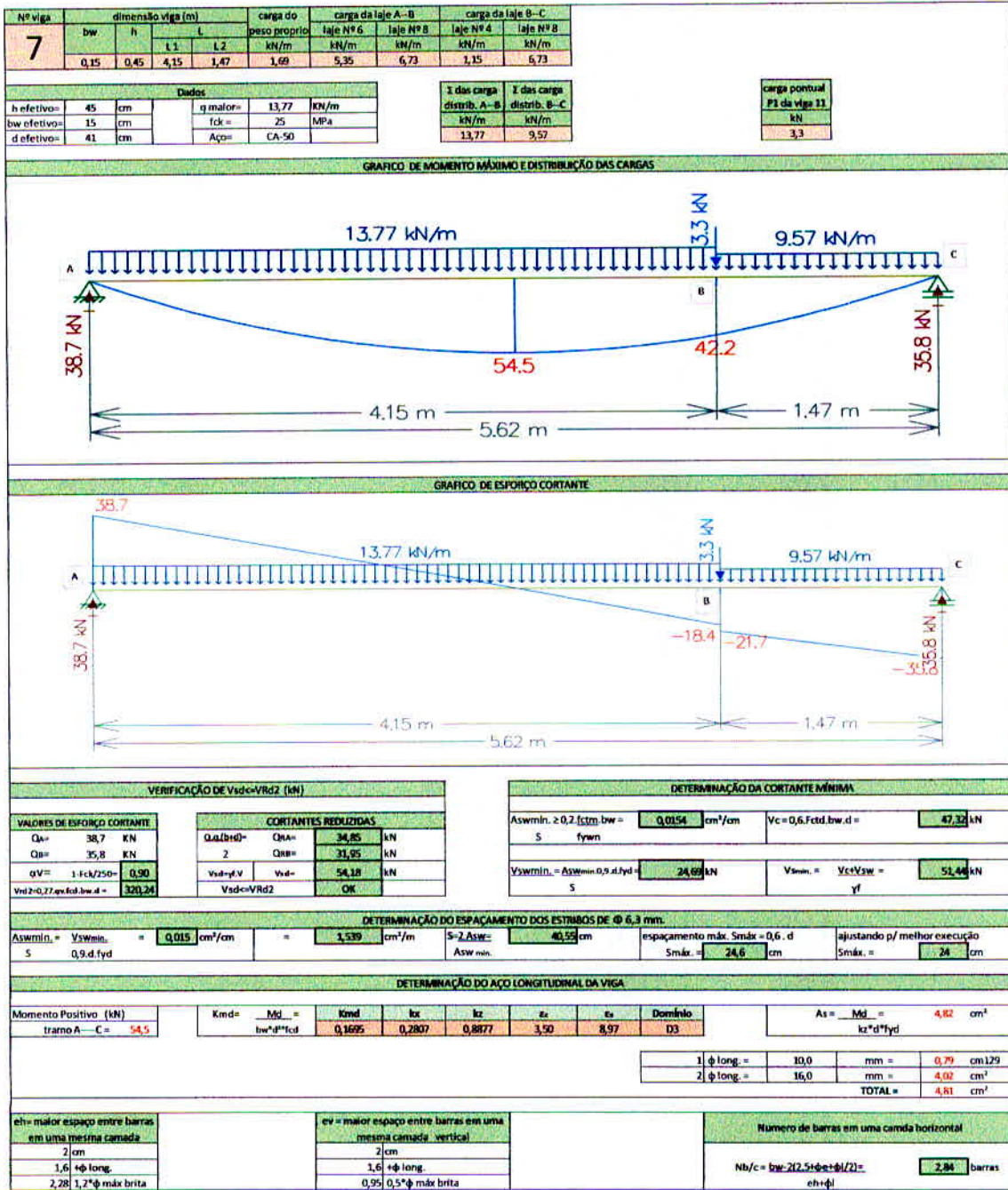
GRAFICO DE ESFORÇO CORTANTE

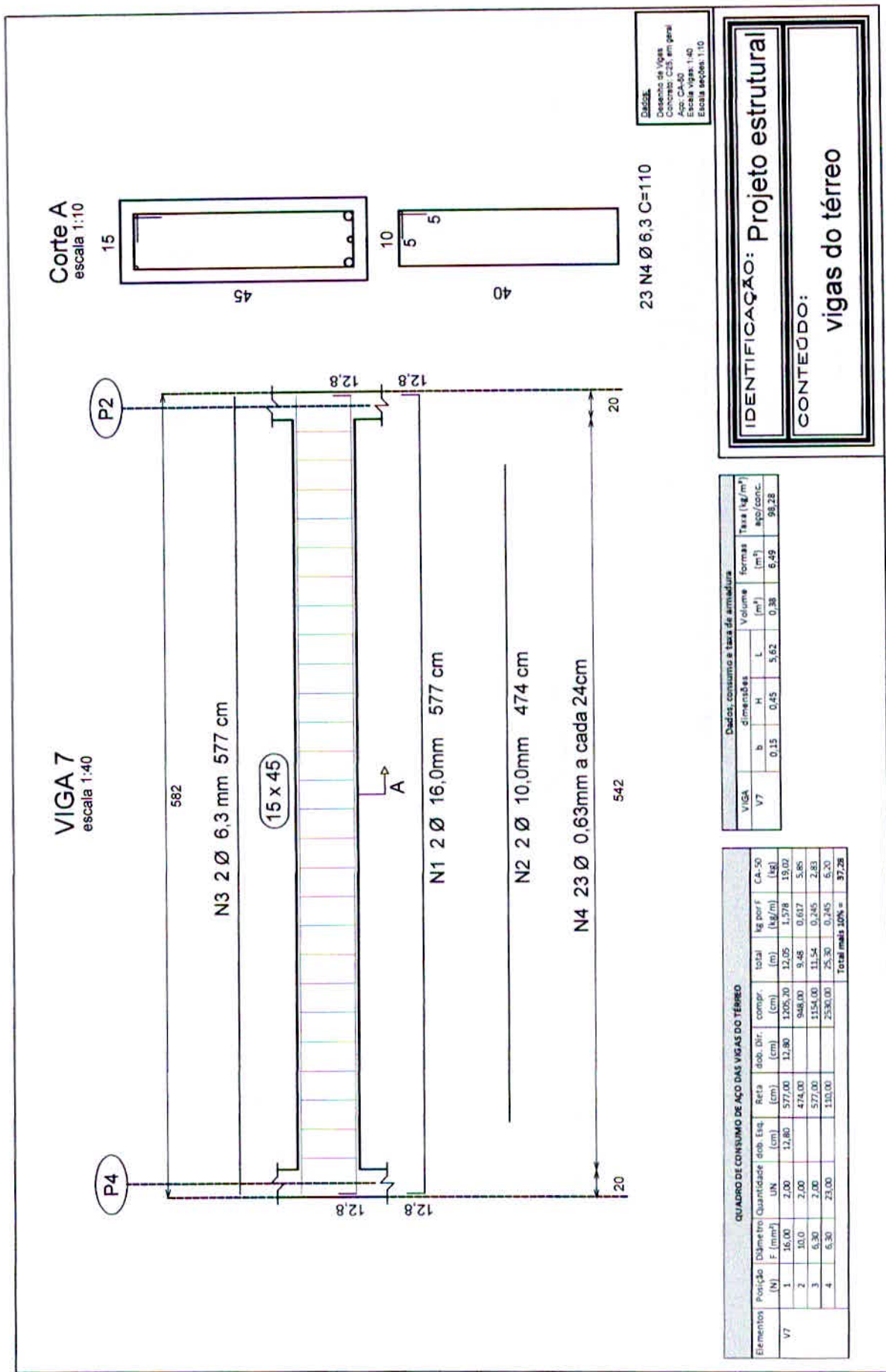
VERIFICAÇÃO DE $V_{sd} < V_{Rd2}$ (kN)				DETERMINAÇÃO DA CORTANTE MÍNIMA			
VALORES DE ESFORÇO CORTANTE		CORTANTES REDUZIDAS		$A_{swmin} \geq 0,7 f_{ctm} b_w$		$V_c = 0,6 f_{ctd} b_w d$	
$Q_{A=}$	25,6 kN	$Q_{A=}$	22,98 kN	S	f_{ym}		35,78 kN
$Q_{B=}$	25,6 kN	$Q_{B=}$	22,98 kN				
$q_{V=}$	$1 f_{ck}/250 = 0,90$	$V_{sd} < q_{V=}$	35,84 kN	$V_{swmin} = A_{swmin} 0,9 d f_{yd}$	S		38,85 kN
$V_{sd} < 0,27 q_{V=} b_w d$	242,13	$V_{sd} < V_{Rd2}$	OK				

DETERMINAÇÃO DO ESPAÇAMENTO DOS ESTRIBOS DE $\phi 6,3$ mm.					
$A_{swmin} = V_{swmin} / S$	$0,015$ cm ² /cm	$= 1,539$ cm ² /m	$S = 2 A_{sw} / A_{swmin}$	40,55 cm	espaçamento máx. $S_{máx} = 0,6 \cdot d$
S			$A_{sw min}$		$S_{máx} = 18,6$ cm
					ajustando p/ melhor execução
					$S_{máx} = 18$ cm

DETERMINAÇÃO DO AÇO LONGITUDINAL DA VIGA										
Momento Positivo (kN)		$K_{rd} = \frac{M_d}{b_w d^2 f_{ctd}}$		K_{rd}	l_{ar}	l_{ar}	α_c	α_s	Domínio	$A_s = \frac{M_d}{k_2 d^2 f_{yd}}$
tramo A-B = 28,9				0,1572	0,2577	0,8969	3,47	10,00	D2	3,35 cm ²
										1 ϕ long. = 10,0 mm = 0,79 cm ²
										2 ϕ long. = 12,5 mm = 2,45 cm ²
										TOTAL = 3,24 cm ²

e_h = maior espaço entre barras em uma camada		e_v = maior espaço entre barras em uma mesma camada vertical		Número de barras em uma camada horizontal	
2 cm		2 cm		$N_b/c = b_w \cdot 2(2,5 + \phi_e \cdot h/2) / (e_h \cdot \phi)$	
1,25 ϕ long.		1,25 ϕ long.		3,12 barras	
2,28 1,2 ϕ máx bita		0,95 0,5 ϕ máx bita			





VIGA 7
escala 1:40

Corte A
escala 1:10

DADOS:
Espessura da Viga:
Cobertura: C25, em geral
Aço: CA-50
Escala vigas: 1:40
Escala seções: 1:10

23 N4 Ø 6,3 C=110

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

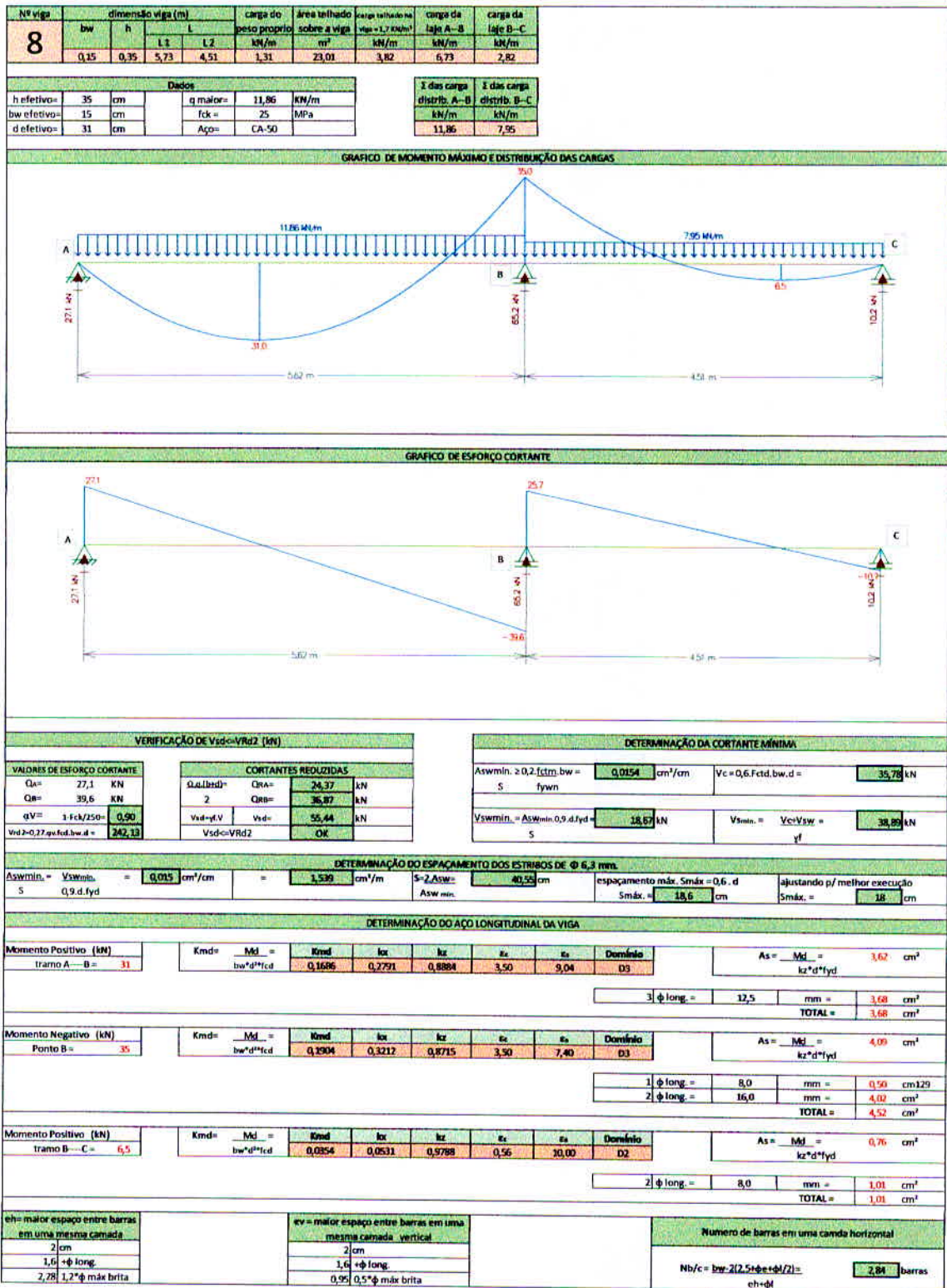
CONTEÚDO:
vigas do térreo

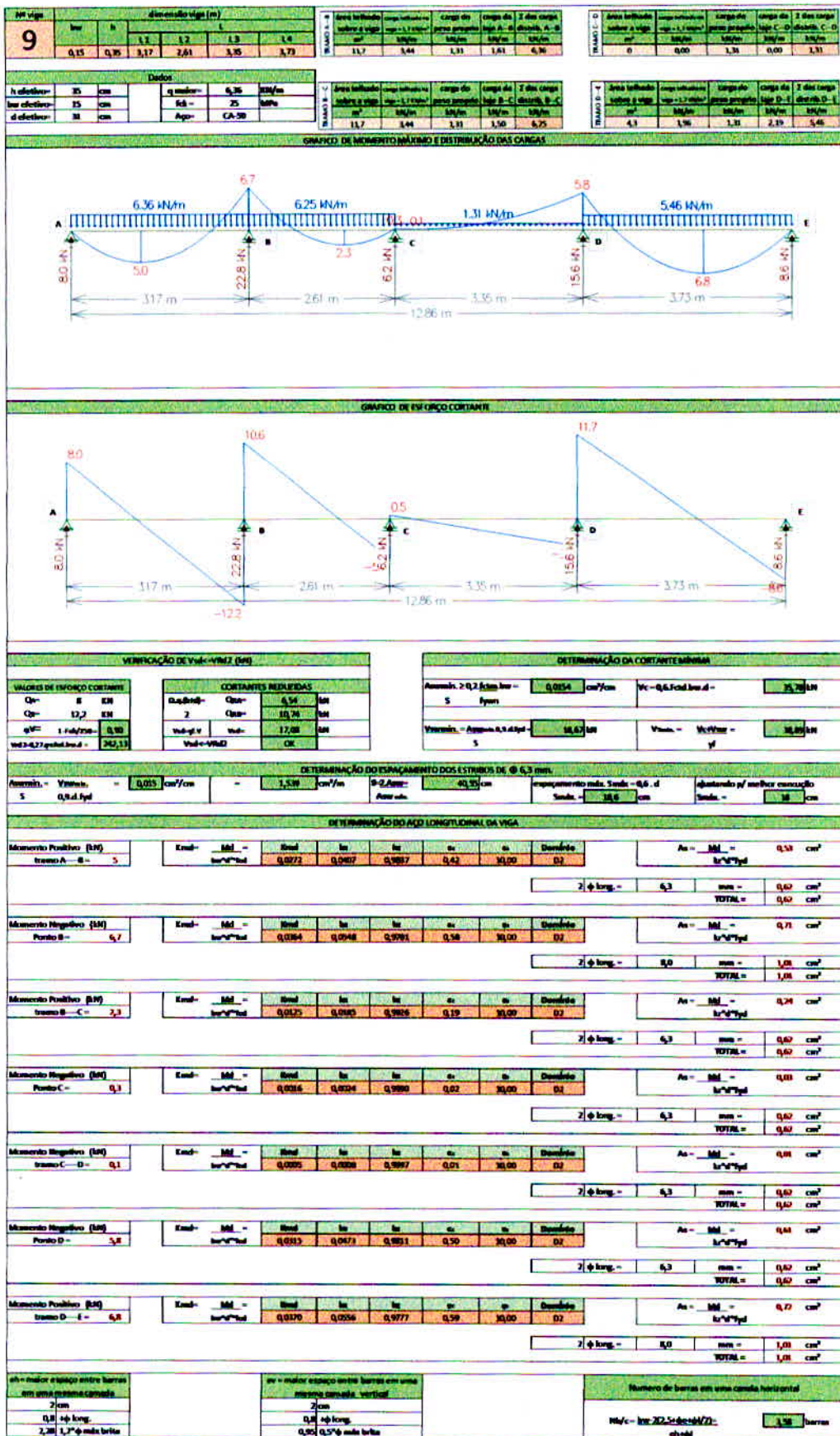
Dados consumo e taxa de armadura

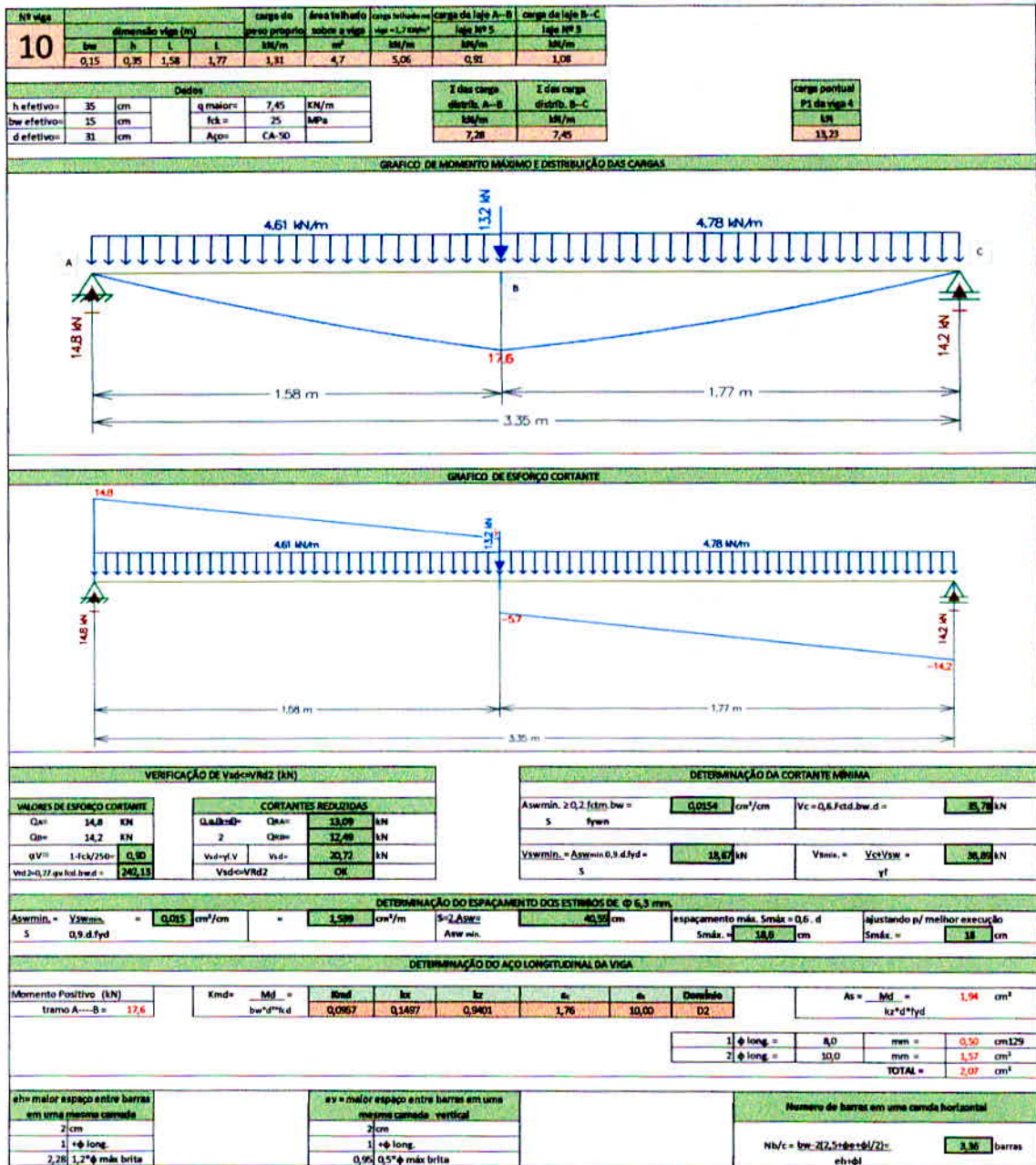
VIGA	dimensões			Volume (m³)	Formas (m²)	Taxa (kg/m³) aço/conc.
	b	H	L			
V7	0,15	0,45	5,62	0,38	6,49	98,28

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DAS VIGAS DO TÉRREO

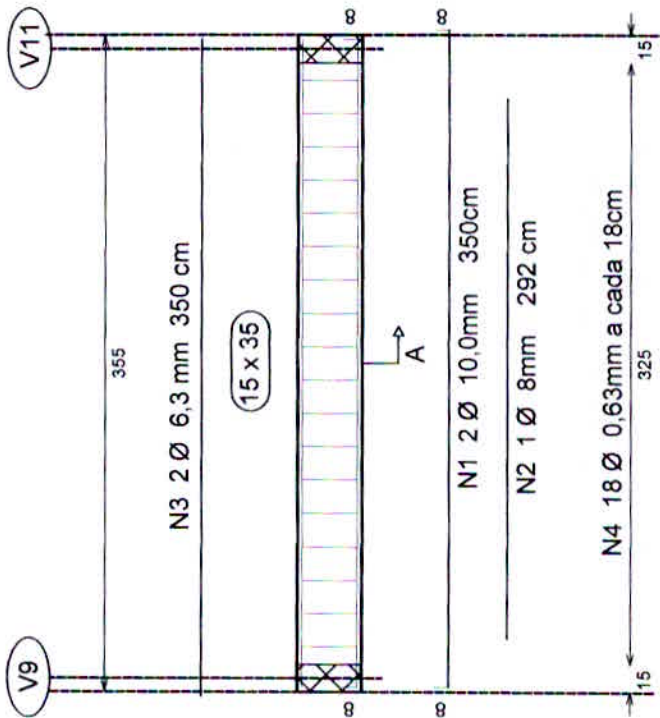
Elementos	Posição (N)	Diâmetro F (mm)	Quantidade UN	dob. Eq. (cm)	Reta (cm)	dob. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (m)	kg por F (kg/m)	CA-50
V7	1	16,00	2,00	12,80	577,00	12,80	1205,20	12,05	1,578	19,07
	2	10,00	2,00	474,00	948,00	9,48	1154,00	11,54	0,617	5,85
	3	6,30	23,00	577,00	110,00	2530,00	2530,00	25,30	0,245	6,20
	4	6,30	23,00	577,00	110,00	2530,00	2530,00	25,30	0,245	6,20
Total mais 10% =										37,28



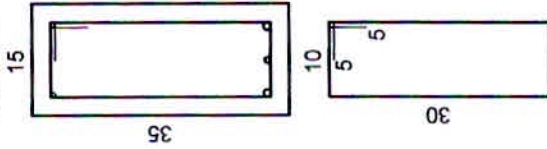




VIGA 10
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



18 N4 Ø 6,3 C=90 cm

DADOS:
Desenho de Vigas
Concreto: C25 em geral
Aço: CA-50
Escala vigas: 1:40
Escala seções: 1:10

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DAS VIGAS DO TÉRREO

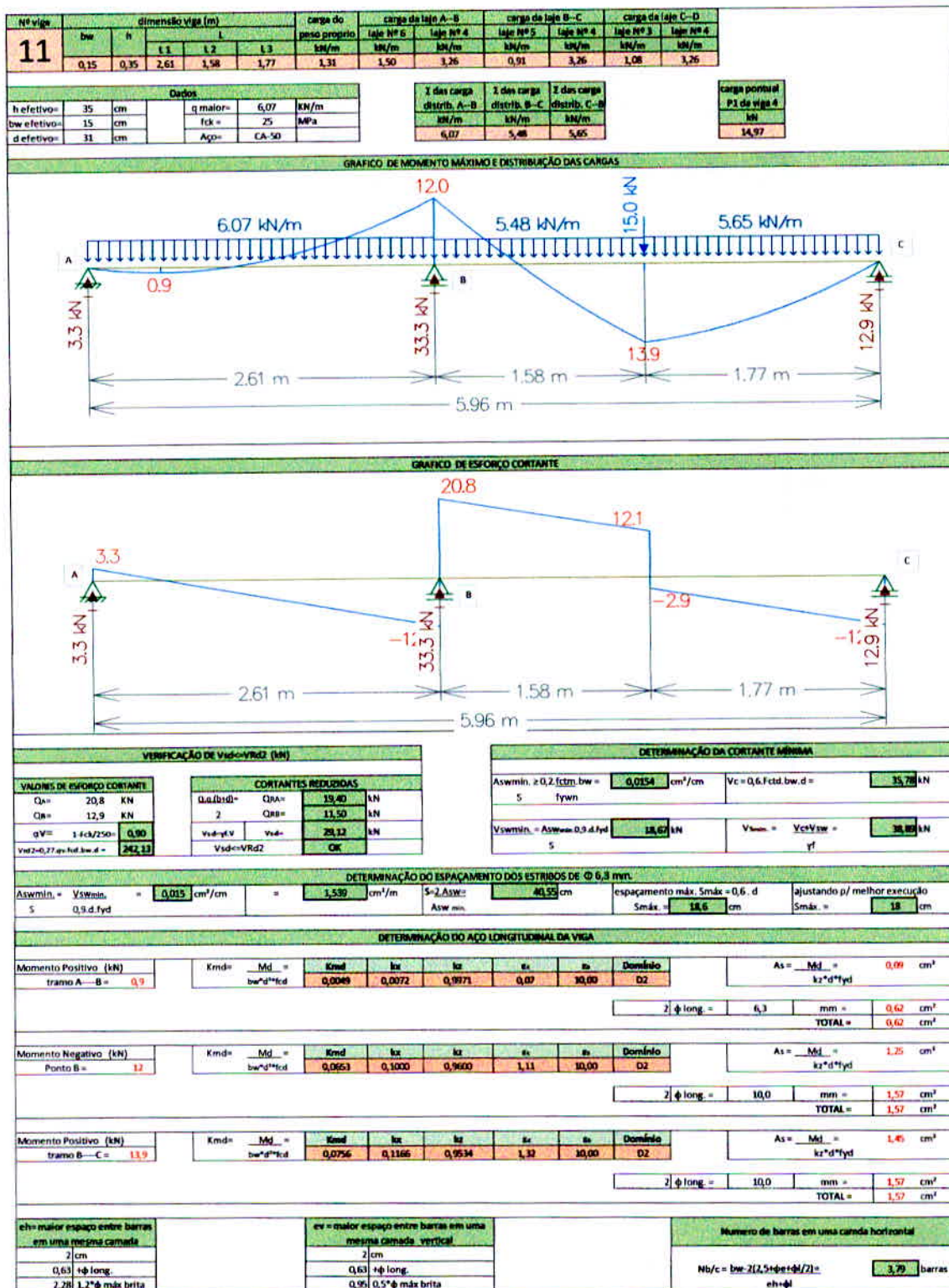
Elementos	Posição (N)	Dímetro F (mm)	Quantidade UN	dob. Eq (cm)	Reia dob. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (m)	kg por F (kg/m)	CA-50 (kg)
V10	1	10,0	2	8	350	732	7,32	0,617	4,52
	2	8,0	1	—	292	292	2,92	0,395	1,15
	3	6,3	2	—	350	700	7,00	0,345	2,42
	4	6,3	18	—	90	1620	16,20	0,345	5,57
Total mais 10% =									12,49

DADOS, consumo e taxa de armadura

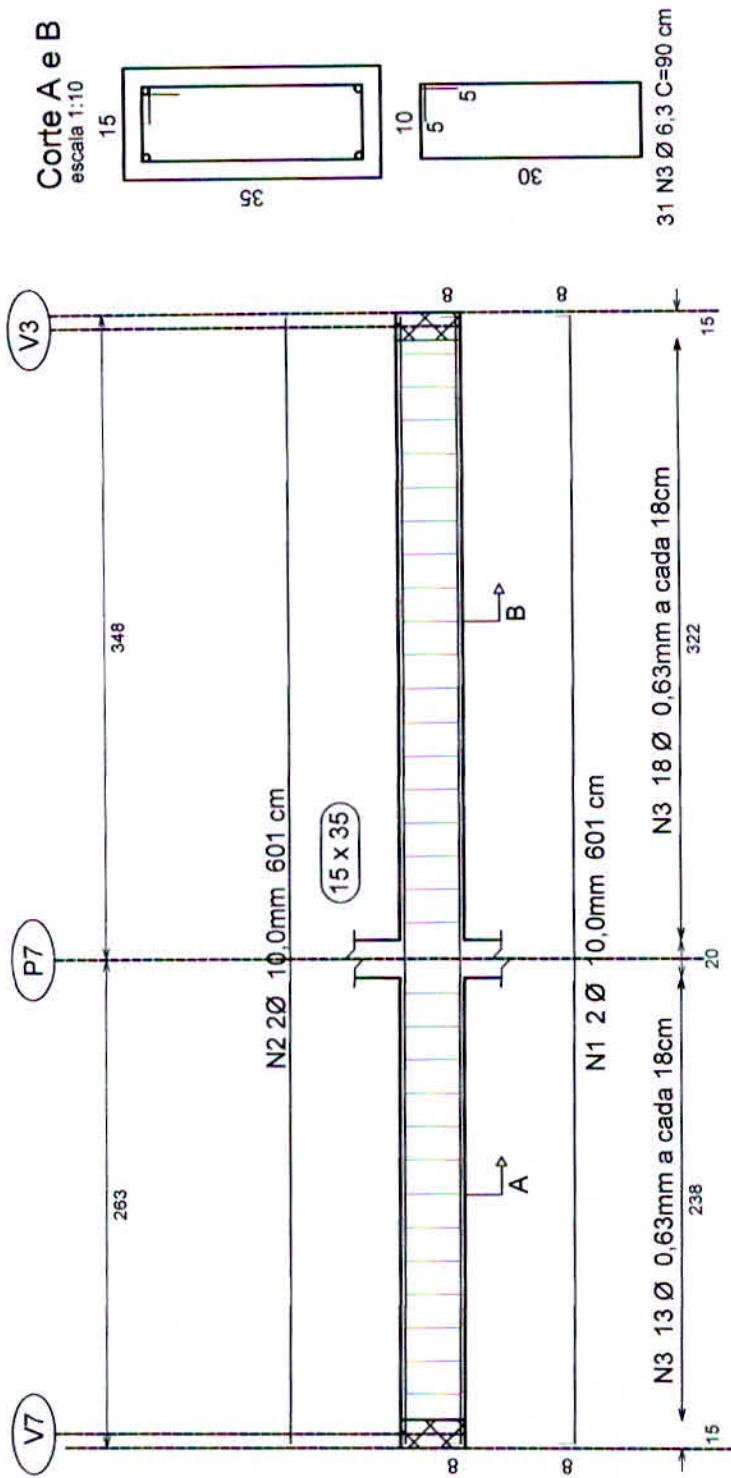
VIGA	dimensões			Volume formas		Taxa (kg/m³) aço/conc.
	b	H	L	(m³)	(m²)	
V10	0,15	0,35	3,35	0,18	3,13	71,01

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

CONTEÚDO: vigas do térreo



VIGA 11
escala 1:40



Corte A e B
escala 1:10

Dados:
Desenho da Viga
Concreto: C25, emp. 10
Aço: A500
Escala Viga: 1:40
Escala seção: 1:10

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

CONTEÚDO:
vigas do térreo

Dados, consumo e taxa de armaduras

VIGA	dimensões			Volume		formas		Taxa (kg/m³)	
	b	H	L	(m³)	(m²)	(m²)	apo/conc.		
V11	0,15	0,35	5,96	0,31	5,57		47,72		

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DAS VIGAS DO TÉRREO

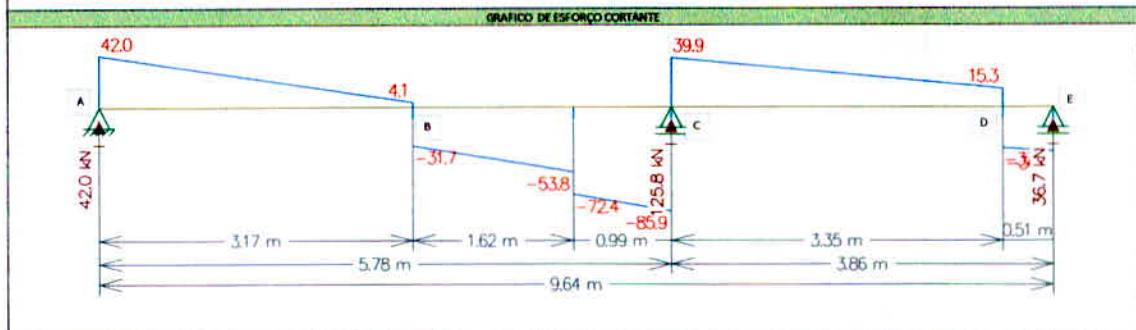
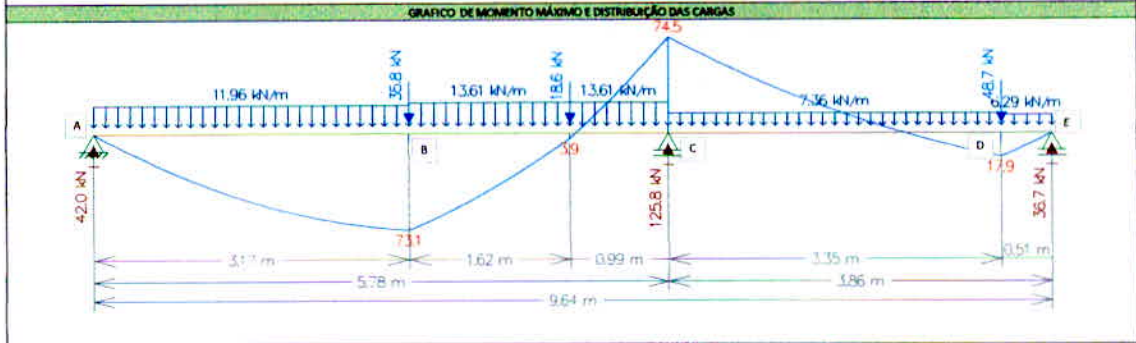
Elemento	Posição (N)	Diâmetro F (mm)	Quantidade UN	Reta (cm)	dob. Esq. (cm)	dob. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (m)	kg por F (kg/m)	CA-50 (kg)
V11	1	10,0	2	265	8	265	562	5,62	0,617	3,47
	2	10,0	2	265	8	265	530	5,30	0,617	3,27
	3	6,3	31	90			2790	27,90	0,245	6,84
Total mais 10% =										14,98

Nr viga	dimensão viga (m)				carga do peso próprio		carga da laje A-B		carga da laje B-C		carga da laje C-D		carga da laje D-E	
	bw	h	L1	L2	L3	L4	laje Nº 6	laje Nº 7	laje Nº 4	laje Nº 7	laje Nº 4	laje Nº 2	laje Nº 1	laje Nº 2
	0,15	0,45	3,17	2,61	9,35	0,51	1,69	1,61	8,66	3,26	8,66	3,26	2,41	2,41

Dados					
h efetivo=	45	cm	q maior=	13,61	kN/m
bw efetivo=	15	cm	fk =	25	MPa
d efetivo=	41	cm	Apo=	CA-50	

I das carga distrib. A-B	I das carga distrib. B-C	I das carga distrib. C-D	I das carga distrib. D-E
11,96	13,61	7,36	6,29

carga pontual P1 da viga 7	carga pontual fechado	carga pontual P1 da viga 3
35,6	18,6	48,7



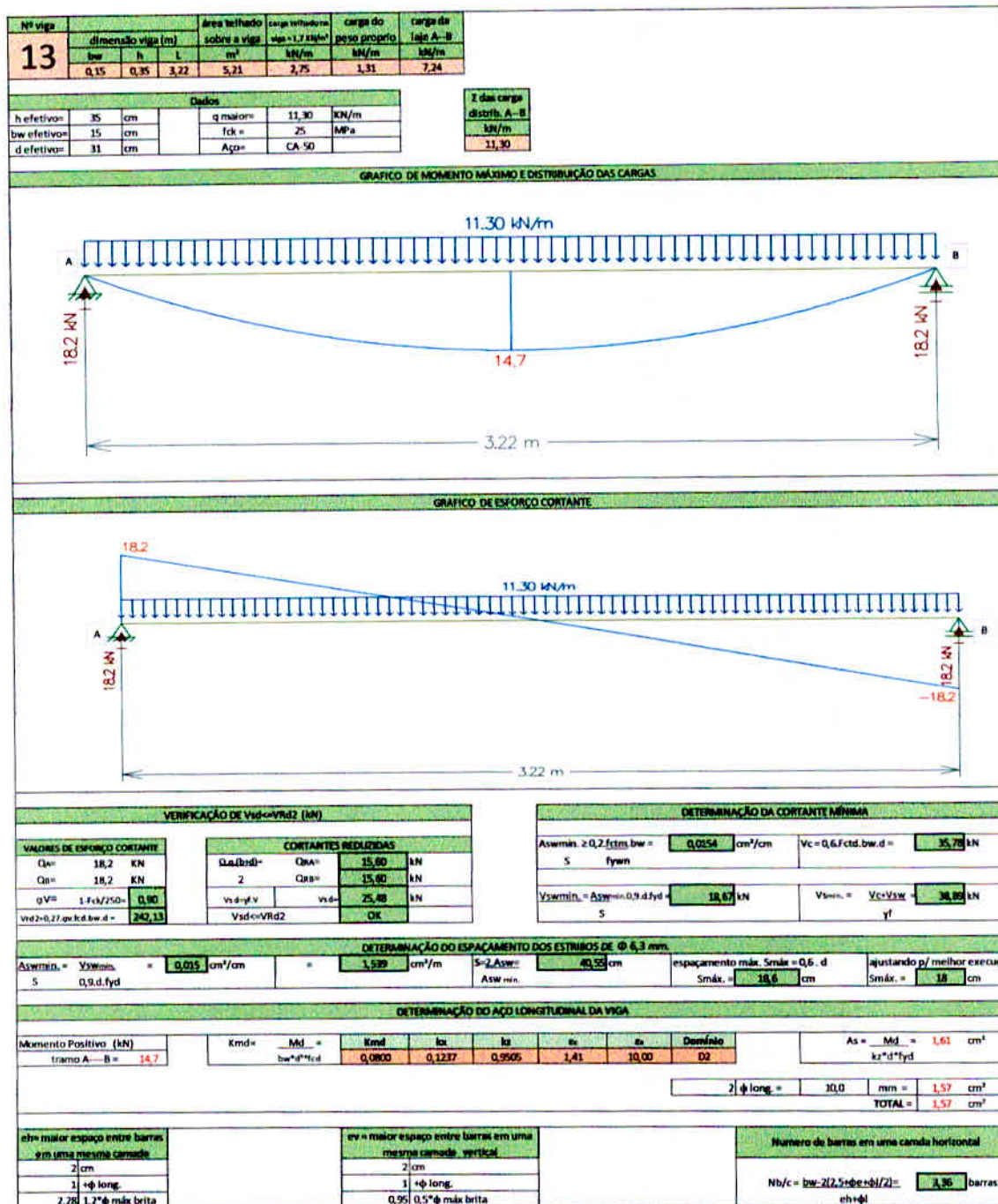
VALORES DE ESFORÇO CORTANTE		CORTANTES REDUZIDAS	
Qa=	42 kN	Qa=	38,19 kN
Qb=	85,9 kN	Qb=	82,09 kN
gv=	1+ck/250=0,90	Vub=Vv	120,25 kN
Vw=0,27 qv h b w d=	320,24	Vsd=VRd2	OK

DETERMINAÇÃO DA CORTANTE MÍNIMA	
Asmin > 0,2 fctm bw / s	0,0154 cm²/cm
Vc = 0,6 Fctd bw d / s	47,39 kN
Vsmin = Asmin * 0,9 d fyd / s	24,69 kN
Vsmax = Vc / γsw =	51,46 kN

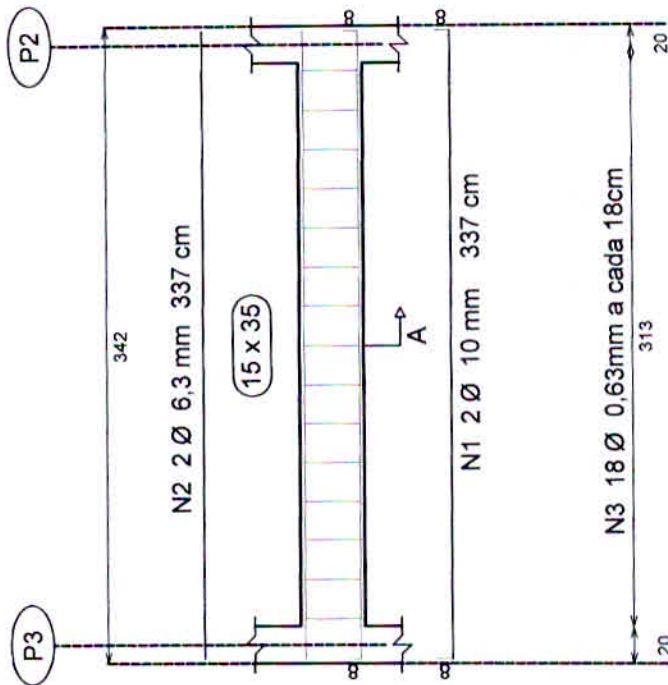
DETERMINAÇÃO DO ESPAÇAMENTO DOS ESTRIÇOS DE Ø 6,3 mm			
Asmin = Vsmax / 0,9 d fyd	0,015 cm²/cm	s = 2,5 Asw =	40,99 cm
espaçamento máx. Smáx = 0,6 d		ajustando p/ melhor execução	
Smáx =	24,6 cm	Smáx =	24 cm

DETERMINAÇÃO DO AÇO LONGITUDINAL DA VIGA								
Momento Positivo (kNm)	Kmd = $\frac{M_d}{bw*d^2*f_{cd}}$	Kmd	kx	kz	ξx	ξz	Domínio	As = $\frac{M_d}{kz*d*f_{yd}}$
tramo A---C = 73,1		0,2273	0,9974	0,8410	3,50	5,31	D3	6,83 cm²
								1 φ long. = 10,0 mm = 0,79 cm129
								3 φ long. = 16,0 mm = 6,03 cm²
								TOTAL = 6,82 cm²
Momento Negativo (kN)	Kmd = $\frac{M_d}{bw*d^2*f_{cd}}$	Kmd	kx	kz	ξx	ξz	Domínio	As = $\frac{M_d}{kz*d*f_{yd}}$
Ponto C = 74,05		0,2302	0,4098	0,8385	3,50	5,17	D3	6,91 cm²
								1 φ long. = 10,0 mm = 0,79 cm129
								3 φ long. = 16,0 mm = 6,03 cm²
								TOTAL = 6,82 cm²
Momento Positivo (kN)	Kmd = $\frac{M_d}{bw*d^2*f_{cd}}$	Kmd	kx	kz	ξx	ξz	Domínio	As = $\frac{M_d}{kz*d*f_{yd}}$
tramo C---E = 17,9		0,0657	0,0847	0,9063	0,95	10,00	D2	1,67 cm²
								2 φ long. = 10,0 mm = 1,57 cm²
								TOTAL = 1,57 cm²

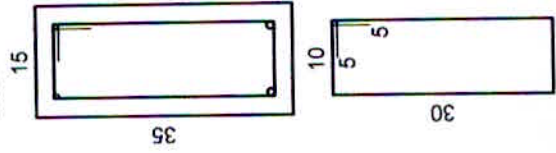
eh = maior espaço entre barras em uma mesma camada	ev = maior espaço entre barras em uma mesma camada vertical	Numero de barras em uma camada horizontal
2 cm	2 cm	Nb/c = $\frac{bw * Z(2 * S_b * \phi)}{Z}$
1,6 φ long.	1,6 φ long.	eh = φ
2,28 1,2 φ máx brita	0,95 0,5 φ máx brita	2,84 barras



VIGA 13
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



18 N4 Ø 6,3 C=90 cm

Dados:
Desenho de Vigas
Concreto: C25, em geral
Aço: CA-50
Escala Vigas: 1:40
Escala seções: 1:10

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

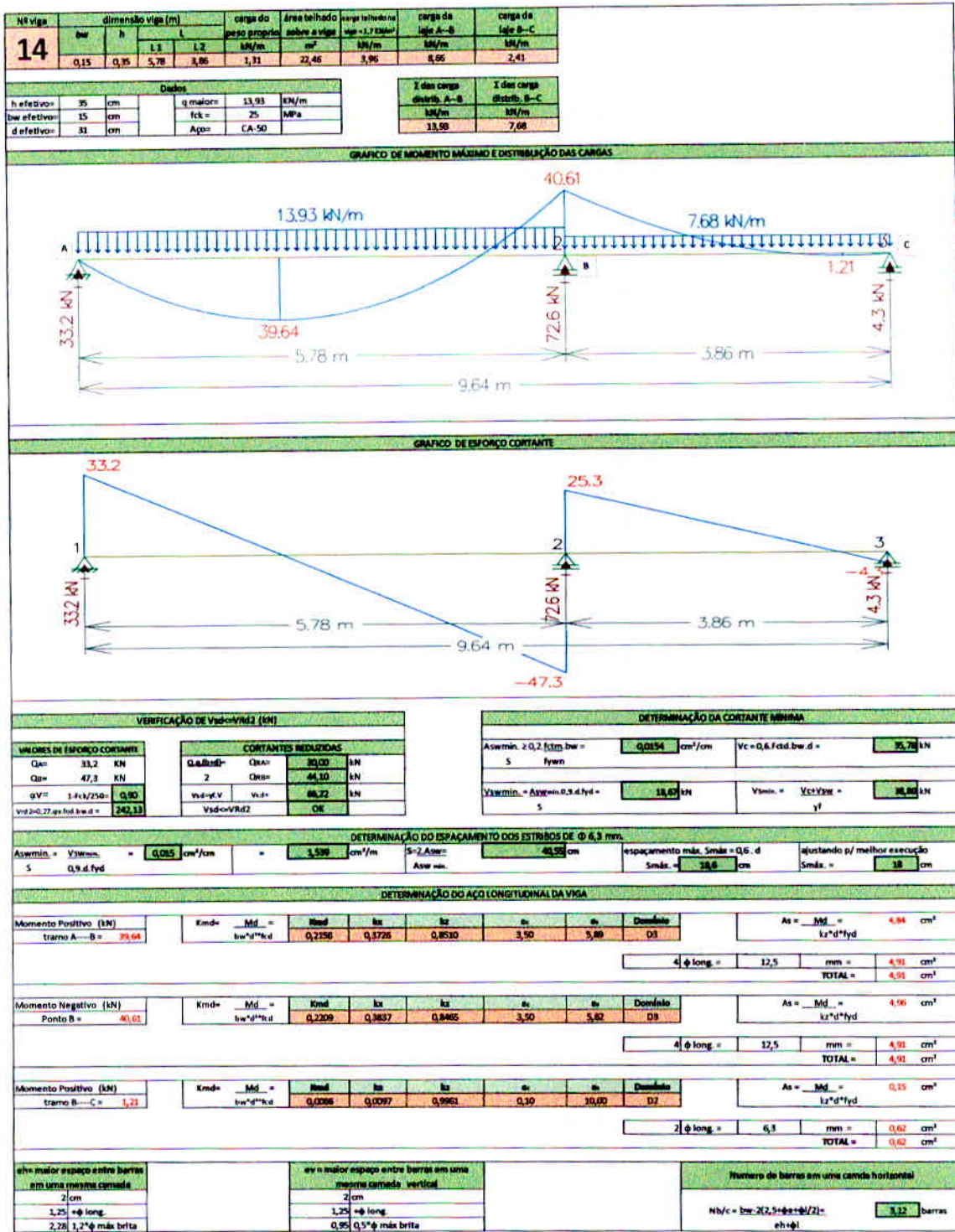
CONTEÚDO:
vigas do térreo

Dados, consumo e taxa de armadura

VIGA	dimensões			Volume (m³)	formas (m²)	Taxa (kg/m³)
	b	H	L			
V13	0,15	0,35	3,22	0,17	3,01	64,14

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DAS VIGAS DO TÉRREO

Elementos	Posição (N)	Diâmetro F (mm)	Quantidade UN	dob. Eq. (cm)	dob. Dic. (cm)	Reca (cm)	compr. (cm)	total (m)	kg por F (kg)	CA-50 (kg)	
V13	1	10,0	2	8	337	8	706	7,06	0,617	1,73	
	2	6,3	2	8	337	8	674	6,74	0,245	4,15	
	3	6,3	18	18	30	1820	1620	16,20	0,245	3,97	
										Total mais 10% =	10,56



2 Determinação das cargas da laje do pavimento garagem

No desenvolvimento deste trabalho foi calculada reações das lajes sobre as vigas como sendo lajes treliçada, sendo assim calculadas em uma só direção.

Os dados para o cálculo das cargas estão expressos na tabela.

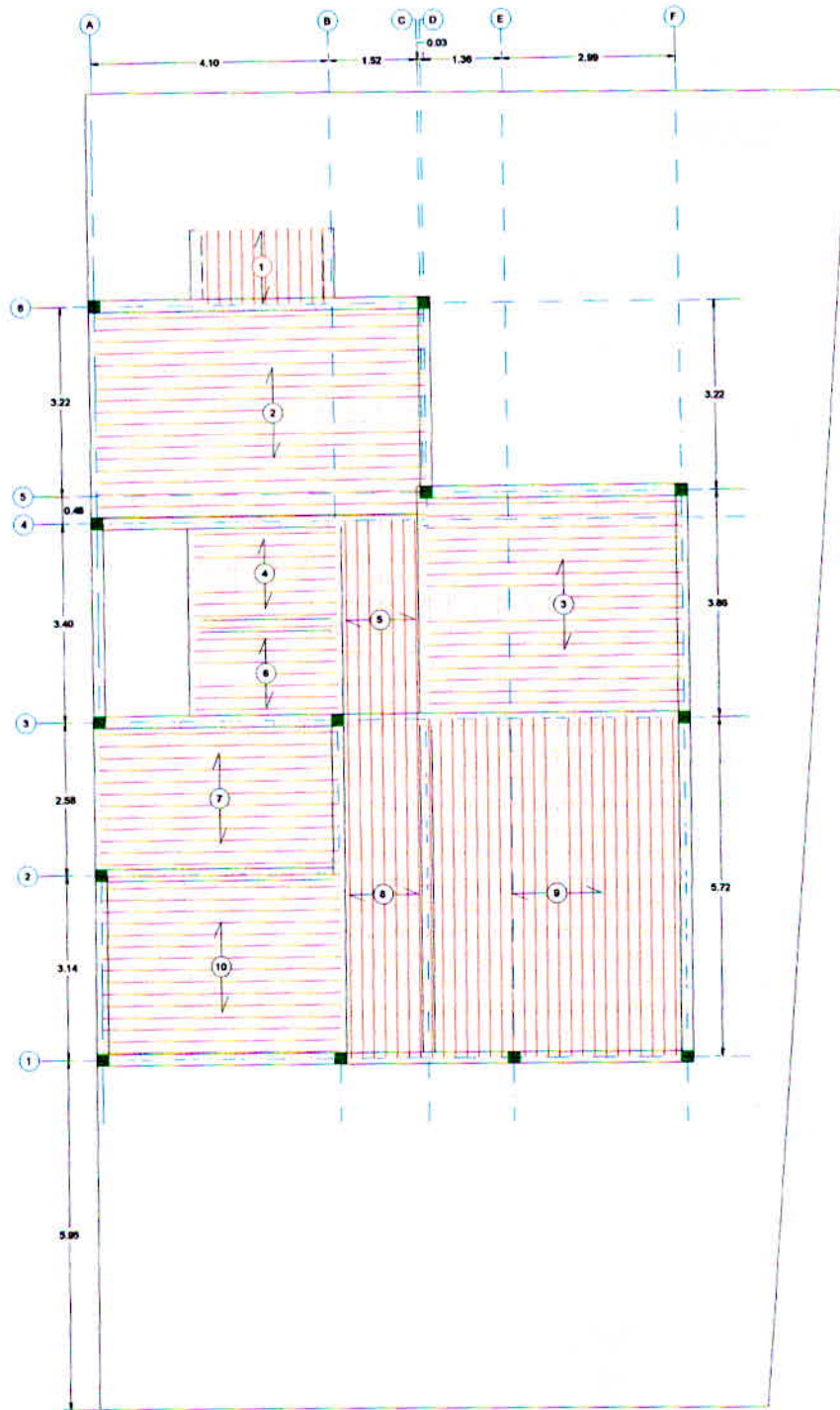
Dados da laje		
treliça	8 cm	
h=	12 cm	
c=	4 cm	
fck Mpa	25 MPA	
Y concreto	25 kN/m ³	
Y massa	18 kN/m ³	
Y revestimento	17 kN/m ³	
peso proprio		1,67 kN/m ²
argamassa de correção		0,63 kN/m ²
piso (granito)		0,52 kN/m ²
sobrecarga área lazer (NBR 6120/2003)		2 kN/m ²
	TOTAL =	4,82 kN/m ²

Com a carga do peso próprio mais as reações das lajes e as cargas das paredes pode se calcular as vigas. Como todas as vigas ficaram com dimensionamento abaixo do K_x normatizado foi elaborado uma tabela onde inserimos os dados de cada viga isoladamente. E posteriormente detalhar a viga. Somente a viga V5 necessitou de cálculo para armadura dupla, a que foi já estudada neste TCC.

2.1 Detalhamento da laje do pavimento garagem

CÁLCULO DE CARGAS NAS LAJES DA GARAGEM										CÁLCULO DO AÇO NAS LAJES DA GARAGEM									
LAJETA	medida X medida	área	G1+G2+op	kN/m ²	q	carga permanente no tramo			momento máximo no centro da viga	M _{max} (m)	Área de aço	MCCONSTRUTIVA	Área de aço	MCCONSTRUTIVA					
						A-----B	C-----D	Prax											
1	2,28 m	2,28 m	4,82 kN/m ²	0,35	0,98 kN/m	3,70 kN/m	0,58 kN/m	3,70 kN/m	0,43	1,35 kNm	0,37 cm ²	0,37 cm ²	0,37 cm ²	0,37 cm ²					
2	3,68 m	3,68 m	4,82 kN/m ²	1,54	2,15 kN/m	7,47 kN/m	2,15 kN/m	7,47 kN/m	0,43	3,51 kNm	0,98 cm ²	0,98 cm ²	0,98 cm ²	0,98 cm ²					
3	3,85 m	4,46 m	4,82 kN/m ²	1,15	2,40 kN/m	7,73 kN/m	2,40 kN/m	7,73 kN/m	0,425	3,62 kNm	0,99 cm ²	0,99 cm ²	0,99 cm ²	0,99 cm ²					
4	1,77 m	2,45 m	4,82 kN/m ²	1,35	1,09 kN/m	3,48 kN/m	1,09 kN/m	3,48 kN/m	0,425	0,80 kNm	0,25 cm ²	0,25 cm ²	0,25 cm ²	0,25 cm ²					
5	3,4 m	3,17 m	4,82 kN/m ²	2,00	0,66 kN/m	3,17 kN/m	0,66 kN/m	3,17 kN/m	0,425	0,59 kNm	0,18 cm ²	0,18 cm ²	0,18 cm ²	0,18 cm ²					
6	1,63 m	2,45 m	4,82 kN/m ²	1,50	0,97 kN/m	3,28 kN/m	0,97 kN/m	3,28 kN/m	0,425	0,68 kNm	0,20 cm ²	0,20 cm ²	0,20 cm ²	0,20 cm ²					
7	2,58 m	4,1 m	4,82 kN/m ²	1,59	1,48 kN/m	5,29 kN/m	1,48 kN/m	5,29 kN/m	0,425	1,70 kNm	0,48 cm ²	0,48 cm ²	0,48 cm ²	0,48 cm ²					
8	1,52 m	3,72 m	4,82 kN/m ²	2,00	1,30 kN/m	3,57 kN/m	1,30 kN/m	3,57 kN/m	0,425	0,59 kNm	0,18 cm ²	0,18 cm ²	0,18 cm ²	0,18 cm ²					
9	4,45 m	3,72 m	4,82 kN/m ²	1,25	2,79 kN/m	8,58 kN/m	2,79 kN/m	8,58 kN/m	0,425	5,09 kNm	1,37 cm ²	1,37 cm ²	1,37 cm ²	1,37 cm ²					
10	3,14 m	4,1 m	4,82 kN/m ²	1,31	1,96 kN/m	6,07 kN/m	1,96 kN/m	6,07 kN/m	0,425	2,52 kNm	0,69 cm ²	0,69 cm ²	0,69 cm ²	0,69 cm ²					

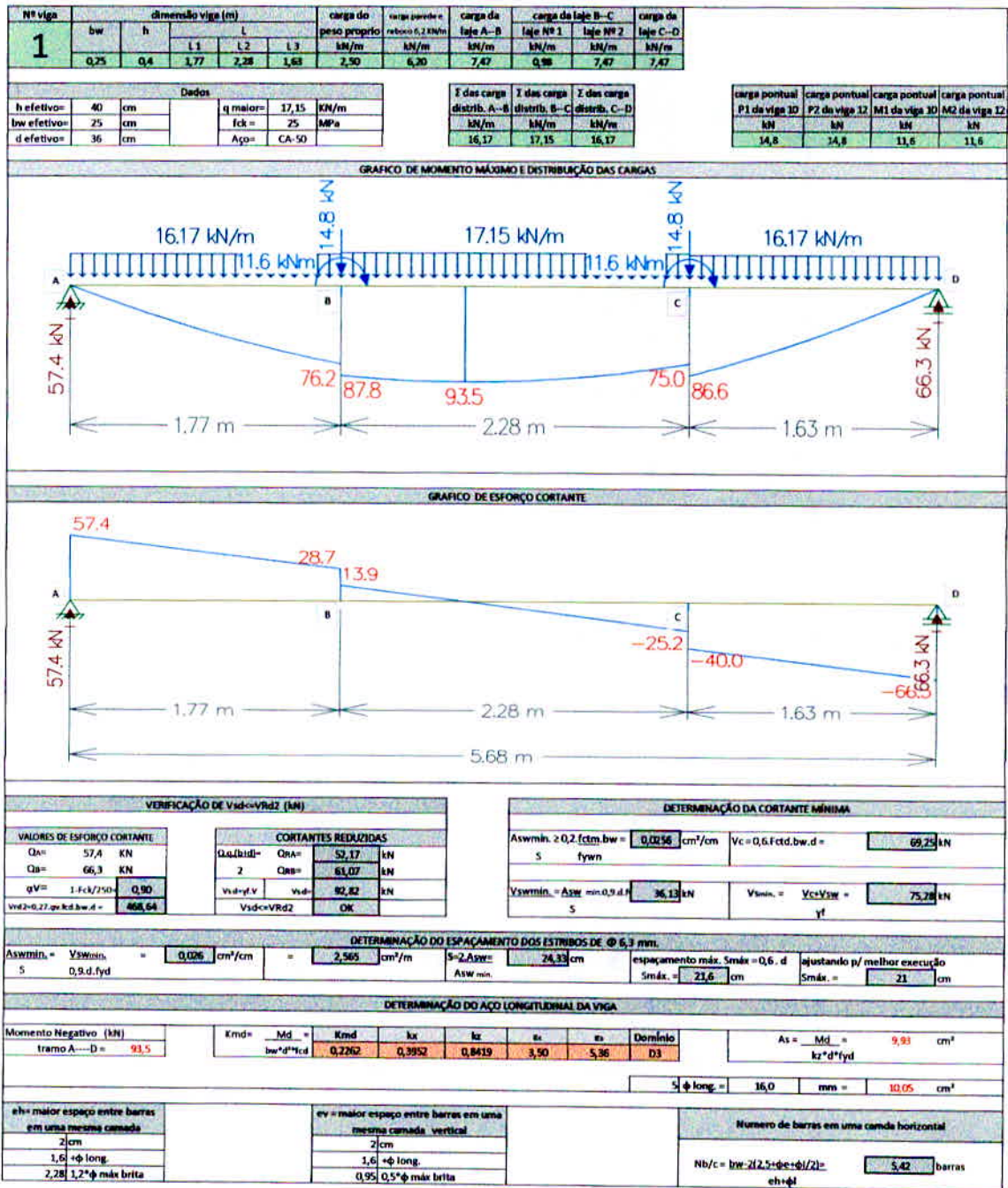
2.2 Planta da laje e quadro de aço do pavimento garagem



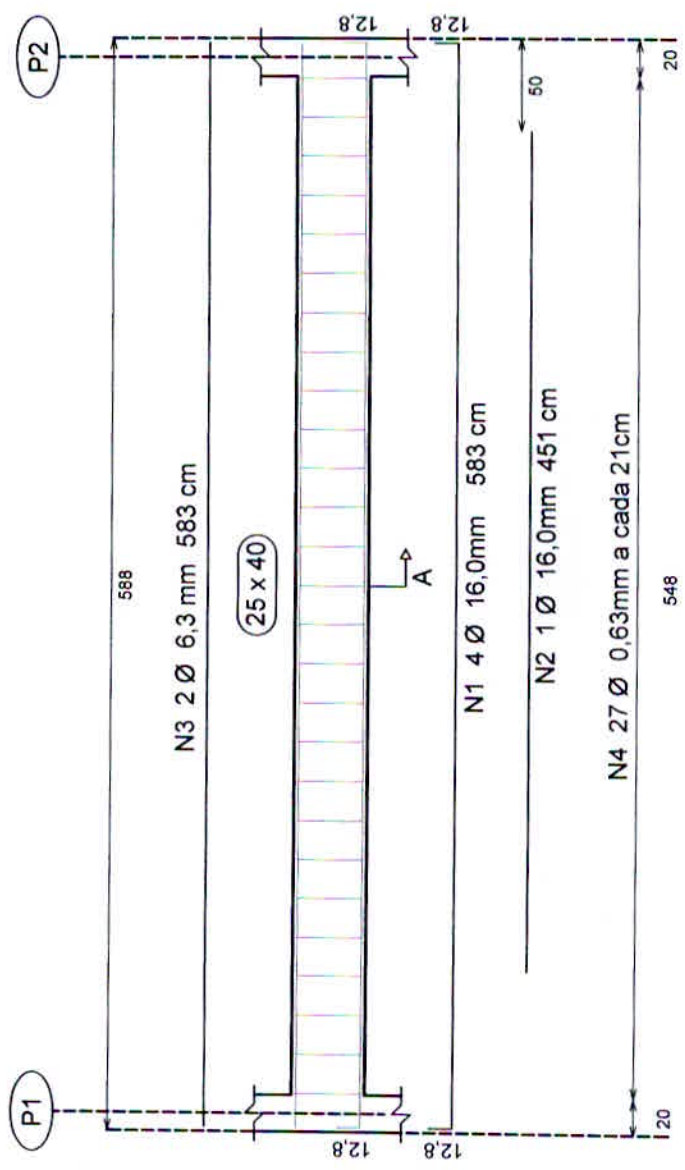
Planta de lajes da garagem

PLANILHA DE CONSUMO DE AÇO DA LAJE DA GARAGEM							Quadro quantitativo do aço a ser empregado CA-50						
LAJE Nº	Dimensões (m)		trilça adotada	armas	aço a adicionar nas trilças		barras de distribuição nas lajes			total kg			
	x	y			unidade	comp. - metros	diâmetro	TO BL	φ 5.0 mm		φ 4.0 mm	φ 5.0 mm	
1	2,20	1,25	TO BL φ - 4,2 mm	4		11	1,25 (m)	φ 5 mm	0,735	0,154	0,395	0,558	8,92
2	3,08	5,08	TO BL φ - 4,2 mm	14	1 φ 9,0 m	16	5,78 (m)	φ 5 mm	6,95	2,37			83,96
3	3,08	4,48	TO BL φ - 4,2 mm	11	2 φ 8,0 m	19	4,48 (m)	φ 5 mm	38,43	16,26		29,18	80,20
4	1,77	2,45	TO BL φ - 4,2 mm	7		9	2,45 (m)	φ 5 mm	32,28	13,26	34,88		12,05
5	1,52	3,4	TO BL φ - 4,2 mm	9		8	3,4 (m)	φ 5 mm	6,71	3,34			13,93
6	1,83	2,45	TO BL φ - 4,2 mm	7		8	2,45 (m)	φ 5 mm	9,95	3,06			11,10
7	2,58	4,1	TO BL φ - 4,2 mm	11	1 φ 5,0 m	13	4,1 (m)	φ 5 mm	8,02	3,07			22,87
8	1,52	5,72	TO BL φ - 4,2 mm	14		8	5,72 (m)	φ 5 mm	19,98	14,80			34,77
9	4,48	5,72	TO BL φ - 4,2 mm	14	2 φ 8,0 m	22	5,72 (m)	φ 5 mm	16,88	6,80			22,87
10	3,14	4,1	TO BL φ - 4,2 mm	11	1 φ 8,0 m	15	4,1 (m)	φ 5 mm	48,88	19,94	50,39		118,92
									24,31	9,91	13,07		47,29
TOTAL =										431,85			

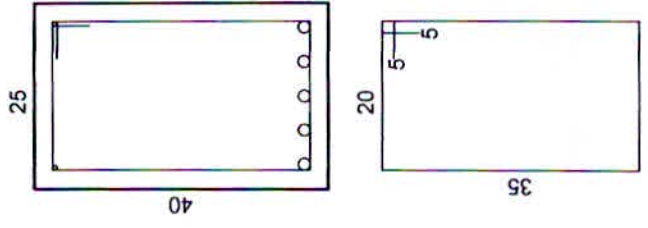
2.3 Planilha dimensionamento das vigas da garagem



VIGA 1
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



27 N4 Ø 6,3 C=120

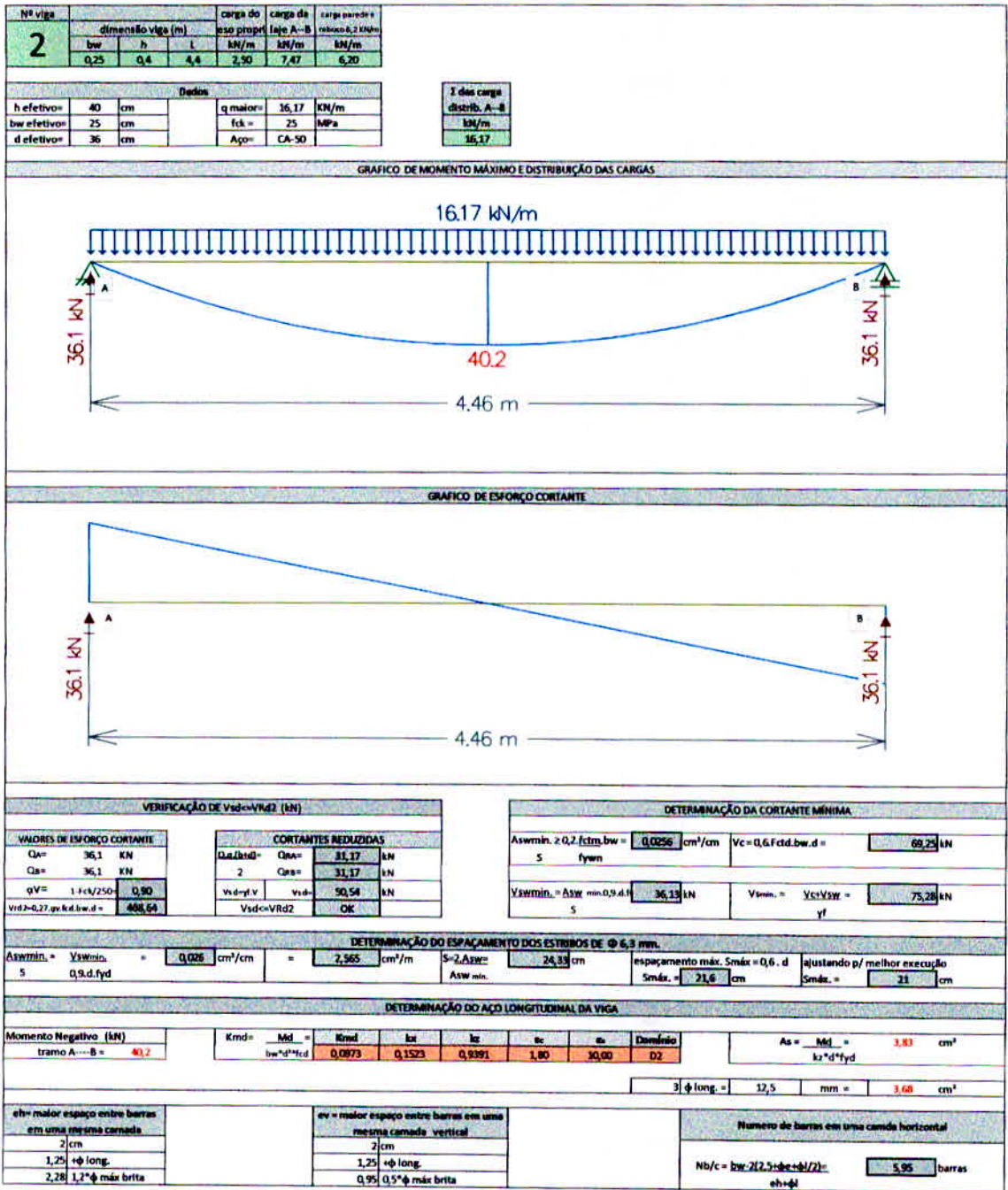
LEGENDA
 Desenho de Vigas
 Concreto: C25, 4m para
 Aço: CA-50
 Escala Vigas: 1:40
 Escala seções: 1:10

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

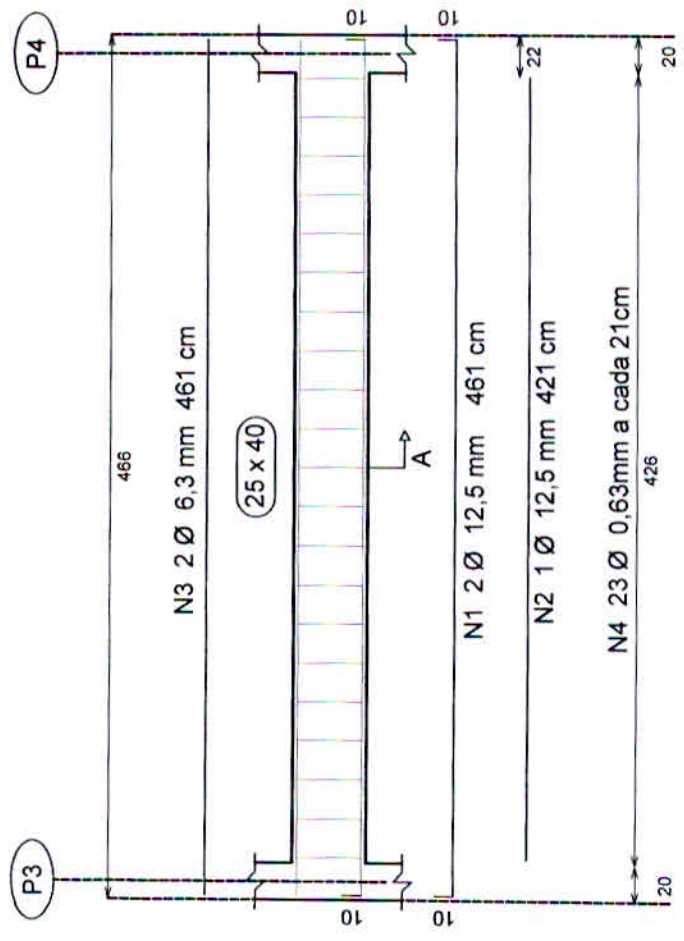
CONTEUDO:
 vigas da garagem

VIGA	Dados, consumo e taxa de armadura				Formas (m ³)	Taxa (kg/m ³) acof/conc.
	dimensões	Volume (m ³)	L	H		
1	b 0,25 h 0,40	5,73	0,57	6,62	6,62	98,30

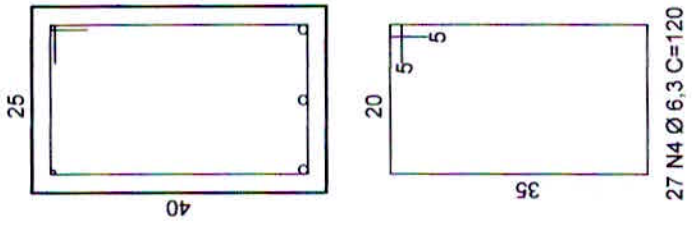
QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DA GARAGEM											
Elementos	Posição (N)	Diâmetro (mm)	Quantidade (UN)	dob. (cm)	Eq. (cm)	Reis (cm)	dob. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (m)	Ag por F (kg/m)	CA-50 (kg)
V1	1	16,00	4,00	12,80	583,00	12,80	2434,40	24,34	1,578	38,41	38,41
	2	16,00	1,00	451,00	63,00	4,51	1,578	7,12	0,245	2,86	2,86
	3	6,30	2,00	583,00	120,00	11,66	0,245	32,40	0,245	7,94	7,94
	4	6,30	27,00	120,00	32,40	0,245	32,40	0,245	7,94	7,94	7,94
Total meta 10% =										56,33	56,33



VIGA 2
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



27 N4 Ø 6,3 C=120

LEGENDA:
Desenho de Vigas
Concreto: C25, em geral
Aço: CA-50
Escala vigas: 1:40
Escala seção: 1:10

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DA GARAGEM

Elemento	Posição (N)	Diâmetro (mm)	Quantidade (m)	dob. Eq. (cm)	Reza (cm)	esb. Dir. (cm)	comp. (cm)	total (m)	kg por F (kg/m)	CA-50 (kg)	
V2	1	12,5	2	30	461	30	962	9,62	0,962	9,26	
	2	12,5	1		421		421	4,21	0,943	4,06	
	3	6,3	2		461		922	9,22	0,246	2,26	
	4	6,3	27		120		3240	32,40	0,246	7,94	
Total mais 10% =											23,52

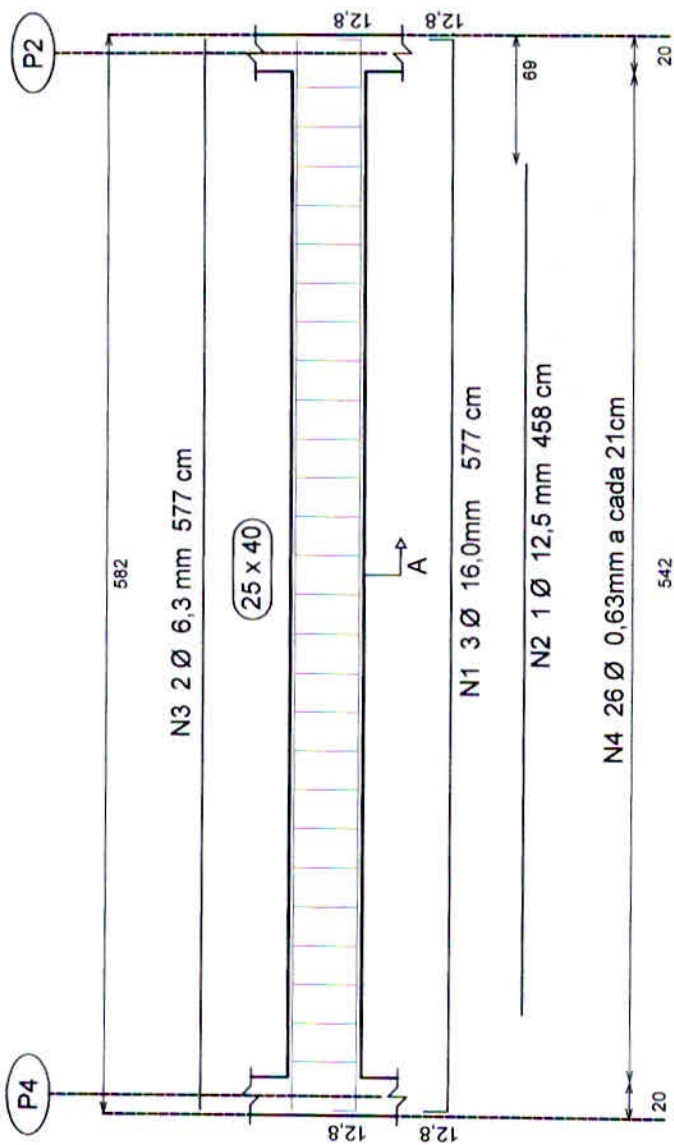
Dados, consumo e taxa de armadura

VIGA	b	h	L	Volume formas (m³)	taxa (kg/m³)
2	0,25	0,40	4,46	0,45	52,72

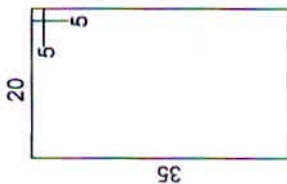
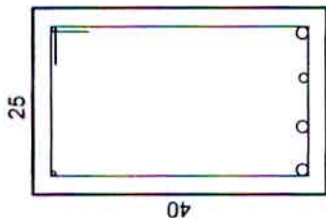
IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

CONTEGIDO:
vigas da garagem

VIGA 3
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



27 N4 Ø 6,3 C=120

Legenda:
Desenho de Vigas
Concreto C25, em geral
Aço CA-50
Escala vigas: 1:40
Escala seções: 1:10

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

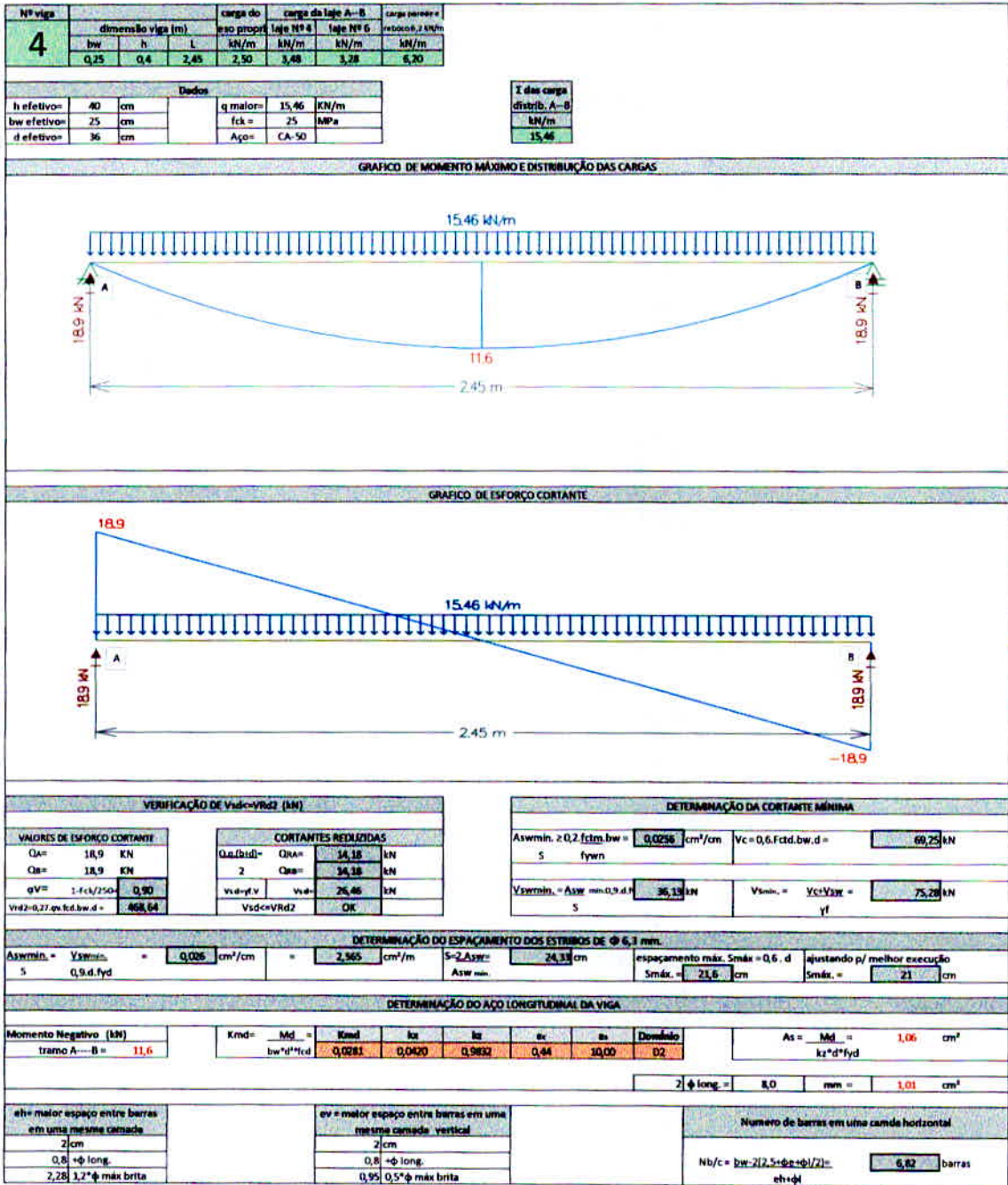
CONTEÚDO:

vigas da garagem

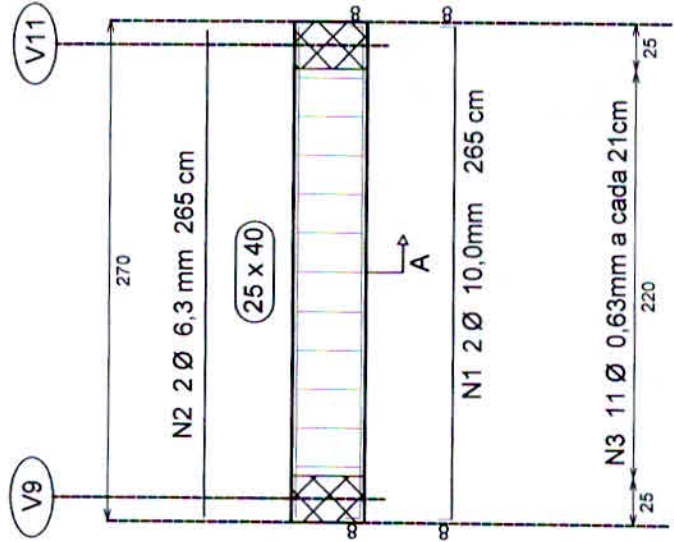
VIGA	Dados, consumo e taxa de armadura			Formas (m ²)	Taxa (kg/m ³) aço/conc.	
	b	H	L			
3	0,25	0,40	5,62	0,56	6,49	77,24

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DA GARAGEM											
Elementos	Posição (N)	Diâmetro (mm)	Quantidade (UN)	dob. Eq. (cm)	Reita (cm)	dob. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (m)	kg por F (kg)	CA-50 (kg)	
V3	1	16,00	3	12,80	577	12,80	1808	18,08	1,578	28,53	
	2	12,5	1		458		458	4,58	0,963	4,41	
	3	6,3	2		577		1154	11,54	0,245	2,83	
	4	6,3	26		120		3120	31,20	0,245	7,64	
Total mais 10% =									45,41		

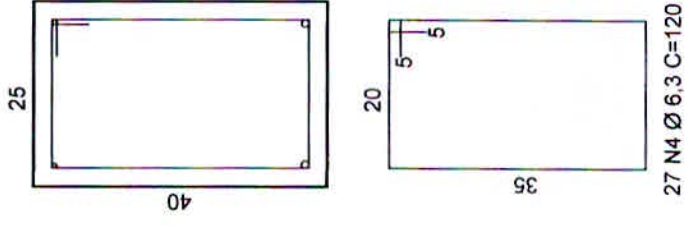
542



VIGA 4
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



LEGENDA
Desenho de Vigas:
Concreto: C25, em geral
Aço: CA-50
Escala Vigas: 1:40
Escala Apoio: 1:10

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

CONTEÚDO:
vigas da garagem

Dados de consumo e taxa de armadura

VIGA	dimensões			Volume	Formas	Taxa
4	b	H	L	(m³)	(m²)	(kg/m³)
	0,25	0,40	2,45	0,25	2,88	32,55

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DA GARAGEM

Elemento	Posição	Diâmetro	Quantidade	dob. Eq.	Neto	dob. Dir.	compr.	total	kg por F	CA-50	
	(N)	(mm)	(UN)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(m)	(kg)	(kg)	
V4	1	10,0	2	8	265	8	562	5,62	0,617	3,47	
	2	6,3	2	8	265	8	530	5,30	0,245	1,30	
	3	6,3	11	110	110	110	1320	13,20	0,245	3,23	
Total mais 10% =									8,00		

Nº viga	dimensão viga (m)		L				carga do peso próprio	carga de paredes verticais 2.40m	carga da laje A-B		carga da laje B-C		carga da laje C-D		carga da laje C-D	
	bw	h	1.1	1.2	1.3	1.4	kN/m	kN/m	laje Nº 6	laje Nº 7	laje Nº 6	laje Nº 7	laje Nº 8	laje Nº 3	laje Nº 9	laje Nº 9
5	0,25	0,4	1,65	2,45	1,52	4,48	2,50	6,20	5,29	3,28	5,29	0,66	1,10	7,22	2,78	

Dados				I das carga distrib. A-B				I das carga distrib. B-C				I das carga distrib. C-D				
h efetivo	40	cm	q maior	18,70	kN/m		kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
bw efetivo	25	cm	fck	25	MPa		13,99	17,27	10,46	18,70	carga pontual P1 da viga 9		carga pontual P2 viga 13 garagem + P2 pilar 8 térreo			
d efetivo	36	cm	Aço	CA-50							26,3		278,1			

GRAFICO DE MOMENTO MÁXIMO E DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS

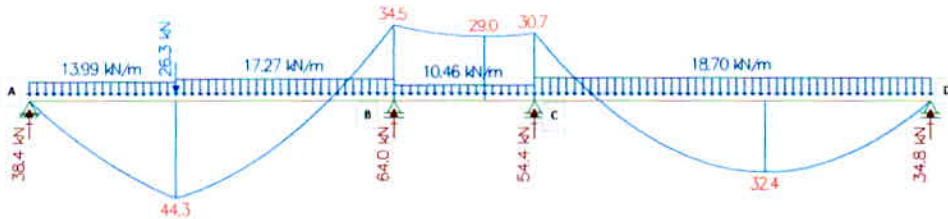
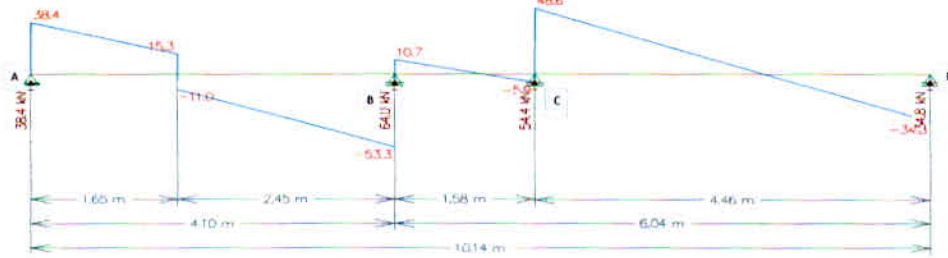


GRAFICO DE ESFORÇO CORTANTE



VALORES DE ESFORÇO CORTANTE		CORTANTES REDUZIDAS	
Q _{max}	53,3 kN	Q _{adm}	47,60 kN
Q _{min}	48,6 kN	Q _{adm}	42,90 kN
q _v	1-fck/250 = 0,90	V _{rd} < V _{Rd2}	OK
V _{rd} = 0,27 q _v f _{ctd} bw d	468,64		

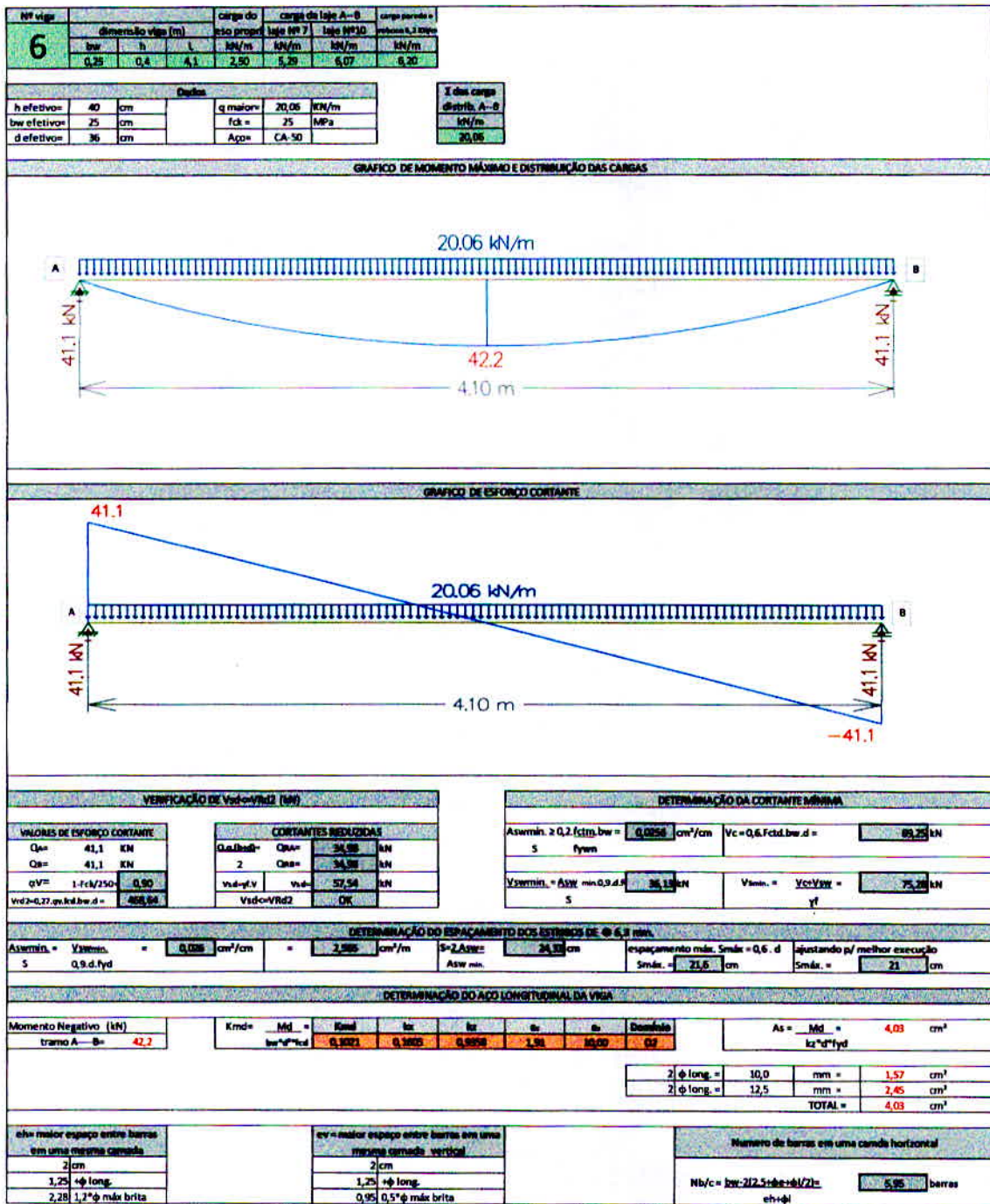
DETERMINAÇÃO DA CORTANTE MÍNIMA	
A _{swmin} ≥ 0,2 f _{ctm} bw	0,0256 cm ² /cm
V _c = 0,6 f _{ctd} bw d	69,25 kN
V _{swmin} = A _{sw} min 0,9 d f _y	36,13 kN
V _{tn} = V _c / γ _{sw}	75,28 kN

DETERMINAÇÃO DO ESPAÇAMENTO DOS ESTRIBOS DE Ø 6,3 mm.					
A _{swmin} = V _{swmin} / S	0,026 cm ² /cm	S = 2 A _{sw}	24,33 cm	espaçamento máx. S _{máx} = 0,6 d	ajustando p/ melhor execução
		A _{sw} min.	21,6 cm	S _{máx}	21 cm

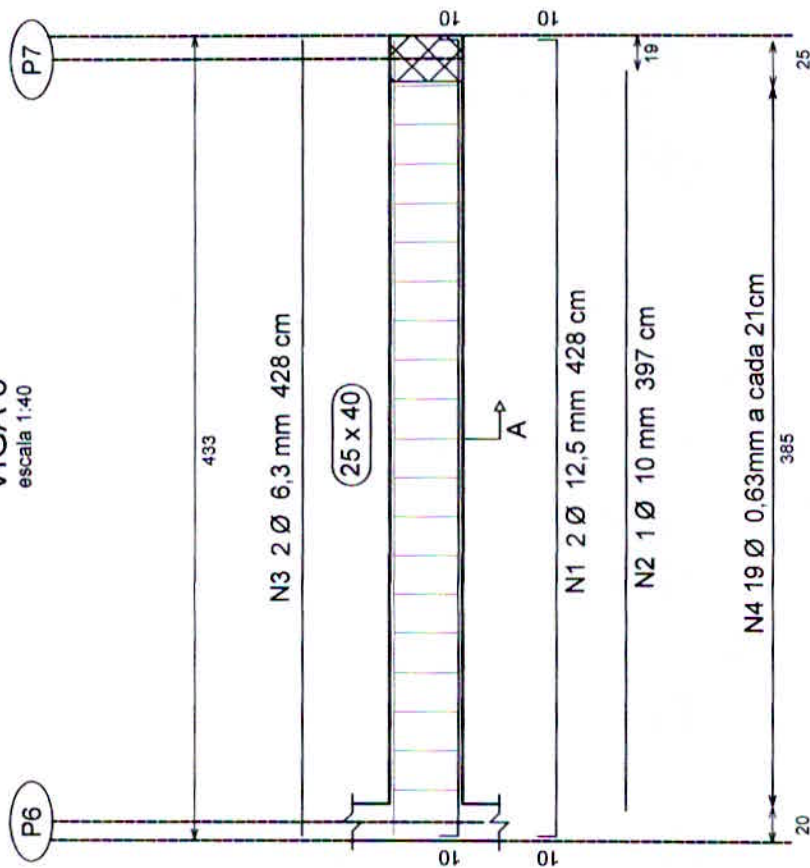
DETERMINAÇÃO DO AÇO LONGITUDINAL DA VIGA

Momento positivo (kN)	K _{md} = M _d / bw*d ² *f _{cd}	K _{md}	k _z	k _z	ε _s	ε _s	Domínio	A _s = M _d / k _z *d*f _{yd}
tramo A—D= 84,3	0,3072	0,3691	0,9804	2,03	10,00	D2	4,25 cm ²	
							1 φ long. = 10,0 mm = 0,79 cm ²	
							3 φ long. = 12,5 mm = 3,68 cm ²	
							TOTAL = 4,47 cm ²	
Momento negativo (kN)	K _{md} = M _d / bw*d ² *f _{cd}	K _{md}	k _z	k _z	ε _s	ε _s	Domínio	A _s = M _d / k _z *d*f _{yd}
ponto B= 34,5	0,0835	0,1295	0,9482	1,49	10,00	D2	3,25 cm ²	
							2 φ long. = 6,3 mm = 0,62 cm ²	
							2 φ long. = 12,5 mm = 2,45 cm ²	
							TOTAL = 3,08 cm ²	
Momento negativo (kN)	K _{md} = M _d / bw*d ² *f _{cd}	K _{md}	k _z	k _z	ε _s	ε _s	Domínio	A _s = M _d / k _z *d*f _{yd}
tramo B—C= 29	0,0702	0,1078	0,9569	1,21	10,00	D2	2,71 cm ²	
							1 φ long. = 8,0 mm = 0,50 cm ²	
							2 φ long. = 12,5 mm = 2,45 cm ²	
							TOTAL = 2,96 cm ²	
Momento negativo (kN)	K _{md} = M _d / bw*d ² *f _{cd}	K _{md}	k _z	k _z	ε _s	ε _s	Domínio	A _s = M _d / k _z *d*f _{yd}
ponto C= 30,7	0,0743	0,1145	0,9642	1,29	10,00	D2	2,88 cm ²	
							1 φ long. = 8,0 mm = 0,50 cm ²	
							2 φ long. = 12,5 mm = 2,45 cm ²	
							TOTAL = 2,96 cm ²	
Momento positivo (kN)	K _{md} = M _d / bw*d ² *f _{cd}	K _{md}	k _z	k _z	ε _s	ε _s	Domínio	A _s = M _d / k _z *d*f _{yd}
tramo C—D= 32,4	0,0784	0,1212	0,9515	1,38	10,00	D2	3,05 cm ²	
							1 φ long. = 10,0 mm = 0,79 cm ²	
							2 φ long. = 12,5 mm = 2,45 cm ²	
							TOTAL = 3,24 cm ²	

eh = maior espaço entre barras em uma mesma camada	ev = maior espaço entre barras em uma mesma camada vertical	Numero de barras em uma camda horizontal
2 cm	2 cm	Nb/c = bw * 2 / (2 * eh * ev) = 5,95 barras
1,25 * φ long.	1,25 * φ long.	
2,28 * 1,2 * φ máx brita	0,95 * 0,5 * φ máx brita	

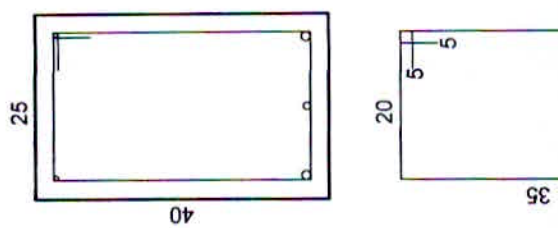


VIGA 6
escala 1:40



DADOS:
 Desenho de Vigas
 Concreto: C25, em geral
 Aço: CA-50
 Escala vigas: 1:40
 Escala seções: 1:10

Corte A
escala 1:10



27 N4 Ø 6,3 C=120

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DA GARAGEM

Elemento	Posição (N)	Diâmetro F (mm)	Quantidade (dob. Esc.)	Reza (cm)	esp. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (kg)	kg por f. (kg)	CA-50 (kg)	
V5	1	12,5	2	30	408	10	866	6,96	0,863	
	2	10,0	1	408	408	10	408	4,28	0,617	
	3	6,3	2	397	794	2,46	794	2,46	1,95	
	4	6,3	19	130	2280	0,245	2280	0,245	5,59	
Total milis. 100% =							148,80			

VIGA	Dados, consumo e taxa de armadura				Taxa (kg/m³) aço/conc.
	b	H	L	Volume formas (m³)	
6	0,25	0,40	4,10	0,41	45,85

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

CONTEUDO:
vigas da garagem

Nº viga 7	dimensão viga (m)						carga do peso próprio	carga permanente referida a 1 m/m	carga da laje A-B	carga da laje B-C	carga da laje C-D	carga da laje D-E
	bw	h	l1	l2	l3	l4	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	
	0,25	0,4	4,1	1,58	1,41	2,99	2,50	6,20	6,07	1,30	2,78	

Dados			
h efetivo=	40	cm	q maior= 14,77
bw efetivo=	25	cm	fck = 25
d efetivo=	36	cm	Aço= CA-50

I des carga distrib. A-B	I des carga distrib. B-C	I des carga distrib. C-D	I des carga distrib. D-E
kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
14,77	9,80	11,48	11,48

carga pontual kN
P1 viga 13 garagem
+ P1 pilar 13 térreo
157,2

GRAFICO DE MOMENTO MÁXIMO E DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS

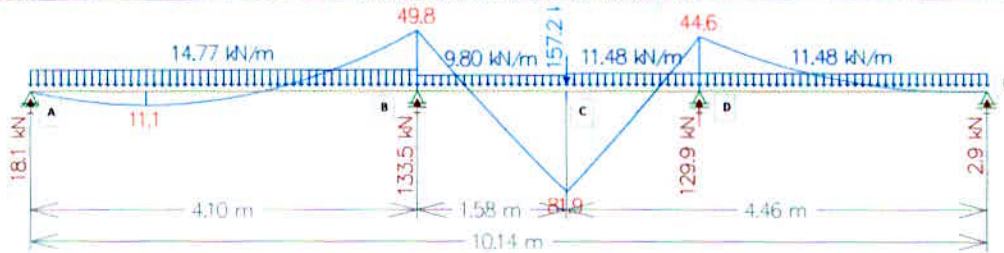
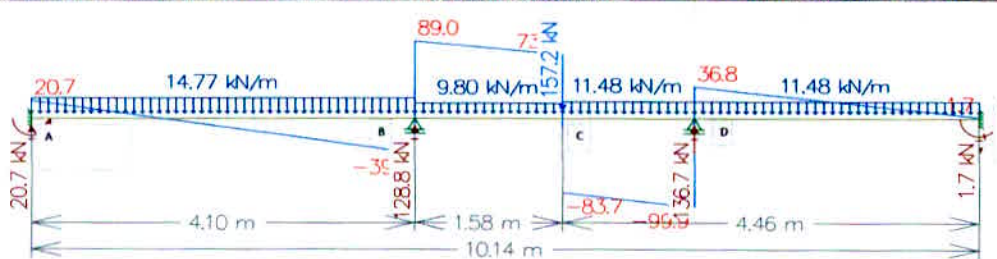


GRAFICO DE ESFORÇO CORTANTE



VERIFICAÇÃO DE Vsd < VRd2 (kN)

VALORES DE ESFORÇO CORTANTE		CORTANTES REDUZIDAS	
Qa=	89 kN	Qa/bw	84,30 kN
Qb=	73,3 kN	Qb/bw	68,80 kN
qV=	1+(x/2)50 = 0,30	Vsd-yd/V	324,6 kN
VRd2=0,27.qV.fcd.bw.d	468,64	Vsd < VRd2	OK

DETERMINAÇÃO DA CORTANTE MÍNIMA

Aswmin. 2 0,2 fctm bw	= 0,0256 cm²/cm	Vc = 0,6 Fctd bw d	= 68,25 kN
S	fywm		
Vswmin. = Asw min 0,9 d/f	= 36,13 kN	Vsmin. = Vc + Vsw	= 75,28 kN
S		fy	

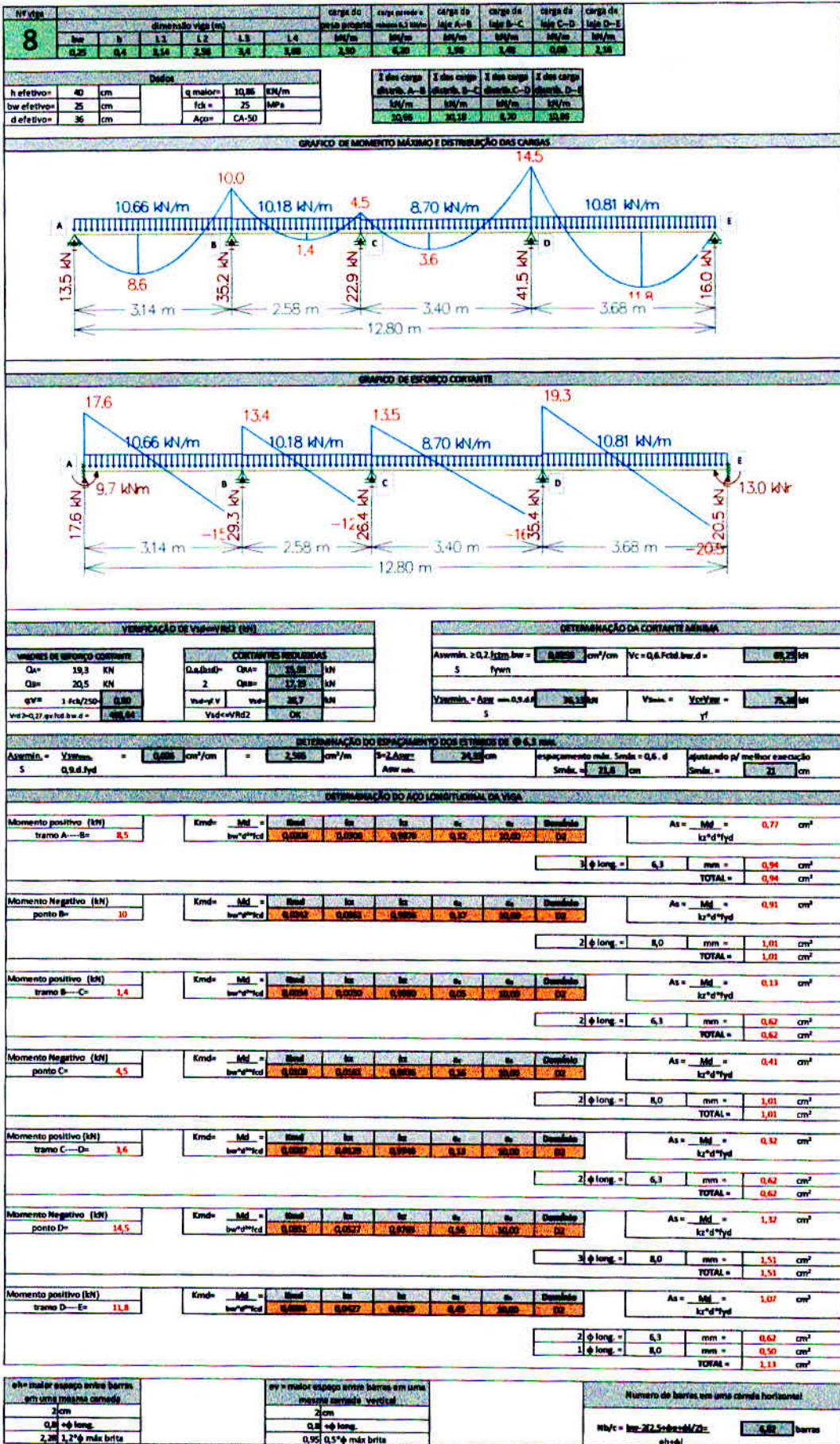
DETERMINAÇÃO DO ESPAÇAMENTO DOS ESTRIBOS DE Ø 6,3 mm

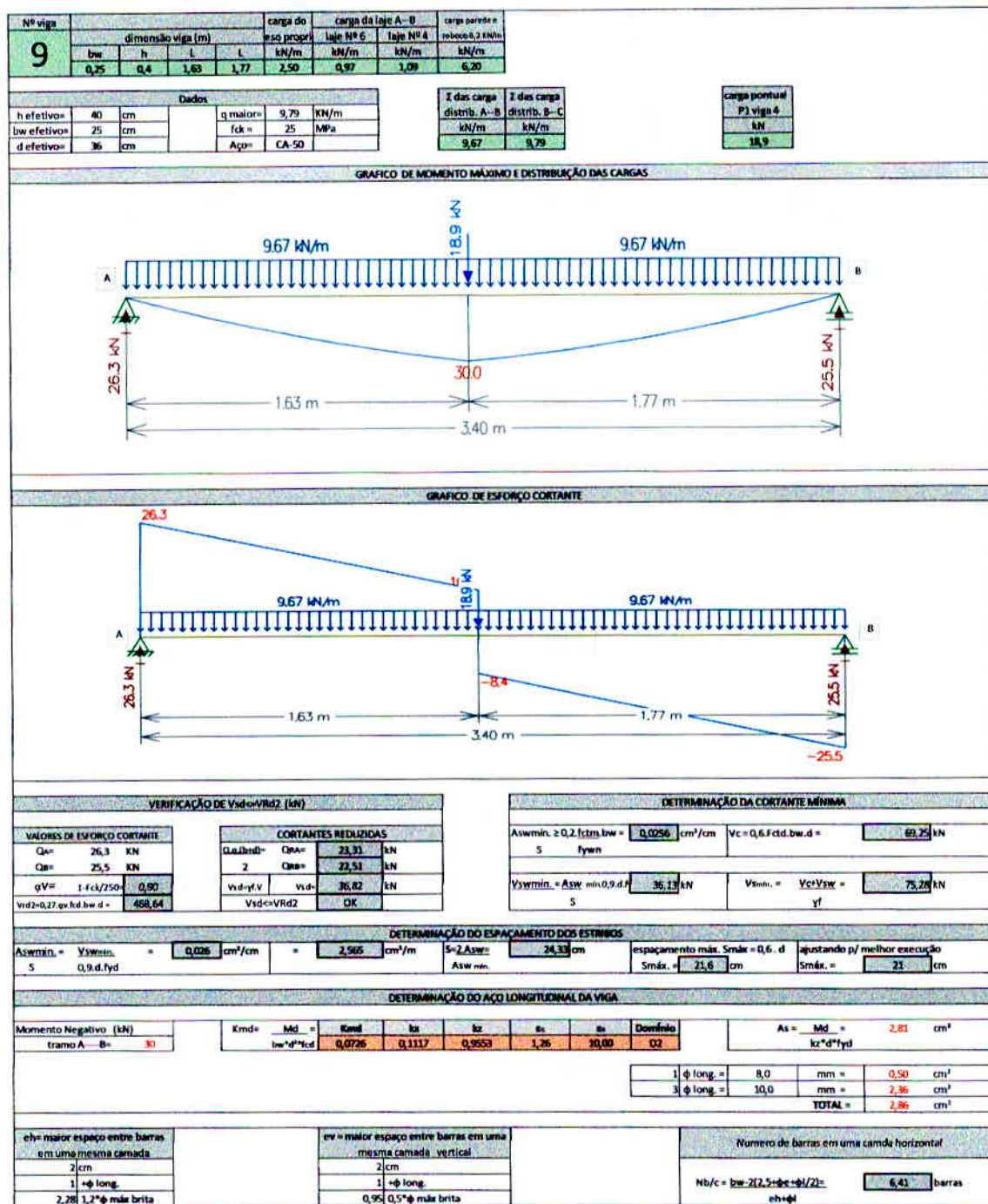
Aswmin. = Vsmin. / (0,9 d fy)	= 0,026 cm²/cm	= 2,565 cm²/m	S=2.Asw = 24,13 cm	espaçamento máx. Smáx = 0,6 d	ajustando p/ melhor execução
			Asw min	Smáx. = 21,6 cm	Smáx. = 21 cm

DETERMINAÇÃO DO AÇO LONGITUDINAL DA VIGA

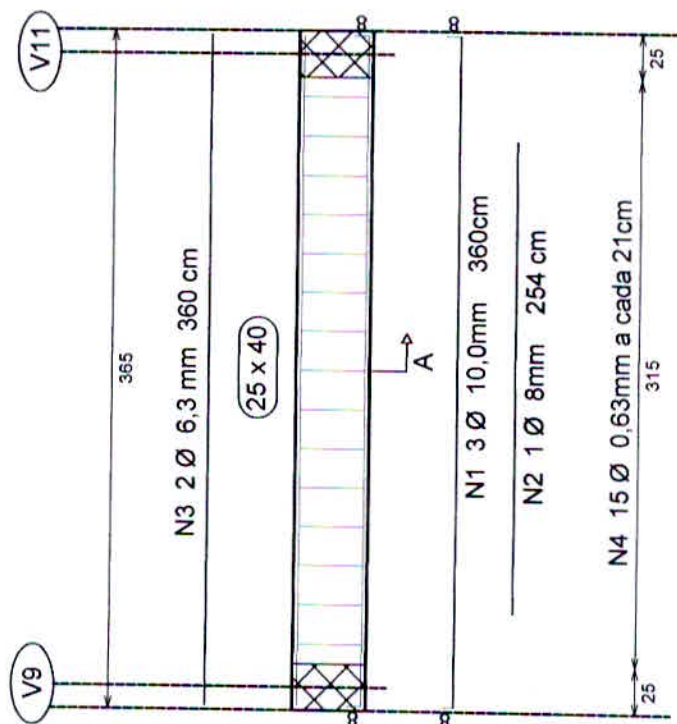
Momento positivo (kN)	Kmd = Md / (bw*d²*fcd)	Krd	lx	lx	lx	lx	lx	lx	Domínio	As = Md / (kz*d²*fyd)
tramo A-B= 11,1	0,0269	0,0401	0,9839	0,42	30,00	D2				1,01 cm²
										2 φ long. = 8,0 mm = 1,01 cm²
										TOTAL = 1,01 cm²
Momento negativo (kN)	Kmd = Md / (bw*d²*fcd)	Krd	lx	lx	lx	lx	lx	lx	Domínio	As = Md / (kz*d²*fyd)
ponto B= 49,8	0,1205	0,1919	0,9232	2,38	30,00	D2				4,82 cm²
										1 φ long. = 10,0 mm = 0,79 cm²
										2 φ long. = 16,0 mm = 4,02 cm²
										TOTAL = 4,81 cm²
Momento positivo (kN)	Kmd = Md / (bw*d²*fcd)	Krd	lx	lx	lx	lx	lx	lx	Domínio	As = Md / (kz*d²*fyd)
tramo B-C= 81,9	0,1982	0,3368	0,8653	3,50	6,89	D3				8,47 cm²
										4 φ long. = 16,0 mm = 8,04 cm²
										TOTAL = 8,04 cm²
Momento negativo (kN)	Kmd = Md / (bw*d²*fcd)	Krd	lx	lx	lx	lx	lx	lx	Domínio	As = Md / (kz*d²*fyd)
ponto C= 44,6	0,1079	0,1703	0,9319	2,05	30,00	D2				4,78 cm²
										2 φ long. = 16,0 mm = 4,02 cm²
										TOTAL = 4,02 cm²
Momento negativo (kN)	Kmd = Md / (bw*d²*fcd)	Krd	lx	lx	lx	lx	lx	lx	Domínio	As = Md / (kz*d²*fyd)
tramo C-D= 7	0,0169	0,0252	0,9899	0,26	30,00	D2				0,63 cm²
										2 φ long. = 6,3 mm = 0,62 cm²
										TOTAL = 0,62 cm²

eh = maior espaço entre barras em uma mesma camada	ev = maior espaço entre barras em uma mesma camada vertical	Numero de barras em uma camada horizontal
2 cm	2 cm	Nb/c = bw * Z / (2,5 * φ * f / Z) = 5,42 barras
1,6 φ long.	1,6 φ long.	eh = φ
2,28 1,2*φ máx brita	0,95 0,5*φ máx brita	

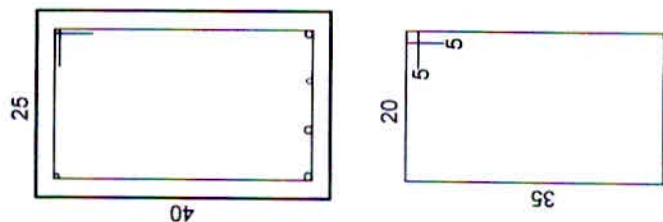




VIGA 9
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



27 N4 Ø 6,3 C=120

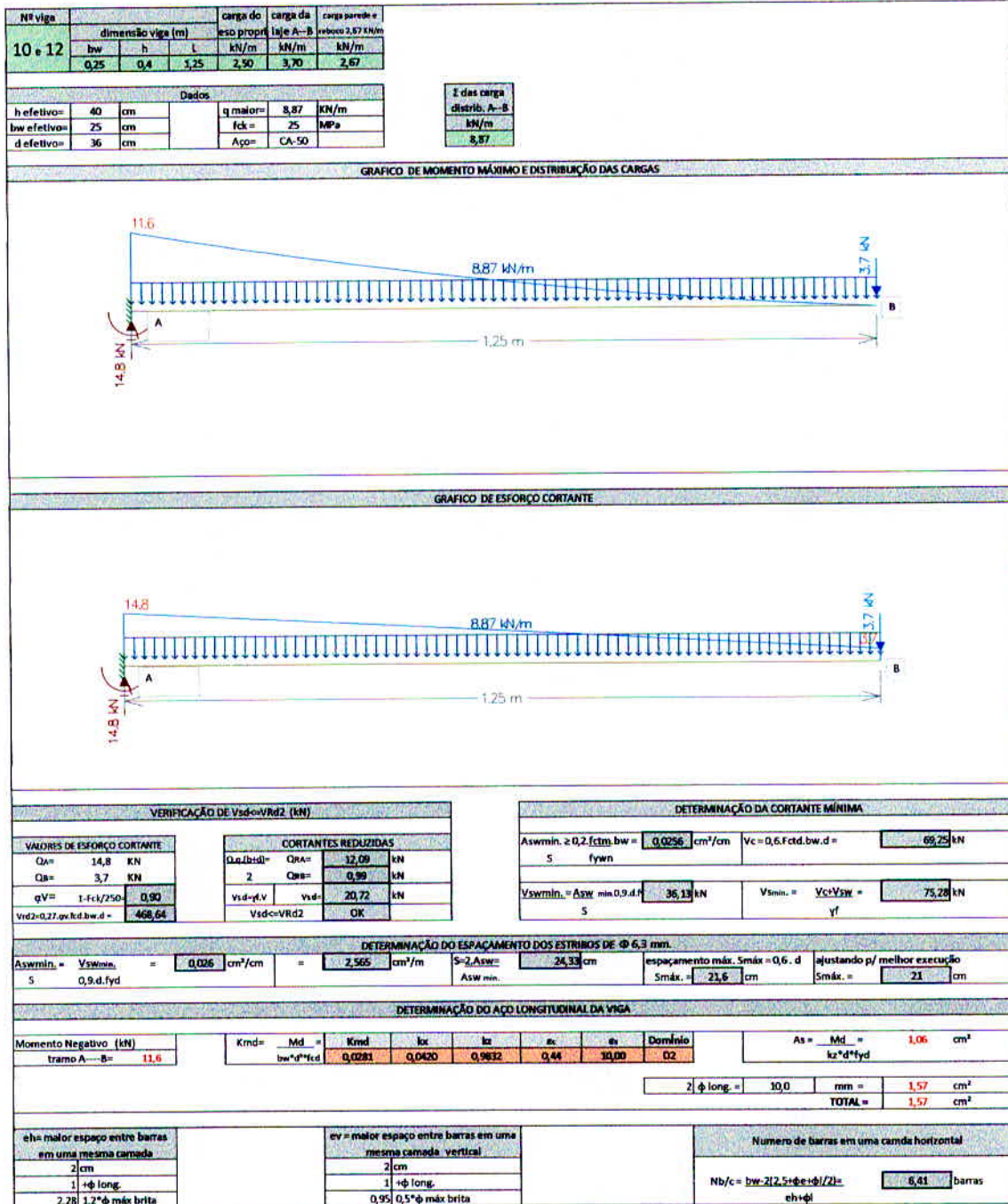
LEGENDA
 Desenho de Vigas
 Concreto: C25, em geral
 Armaduras: Aço CA-50
 Escala Vigas: 1:40
 Escala seções: 1:10

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

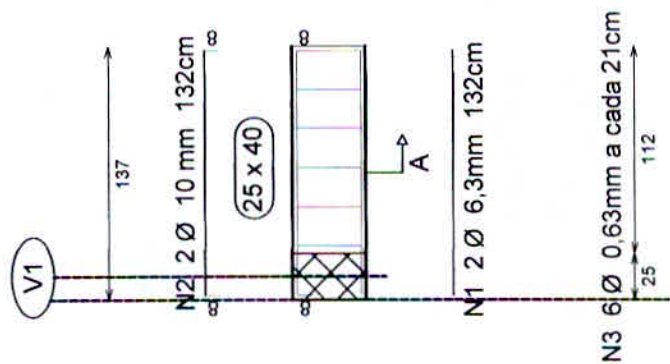
CONTEUDO: vigas da garagem

VIGA	Dados, consumo e taxa de armadura				Taxa (kg/m³) aço/conc.	
	dimensões		Volume formas			
9	b	H	L	(m³)		
	0,25	0,40	3,40	0,34	3,93	41,28

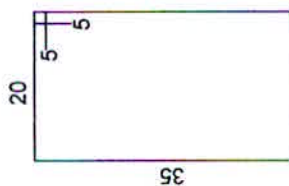
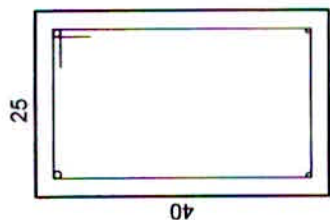
QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DA GARAGEM										
Elementos	Posição (N)	Diâmetro F (mm)	Quantidade UN	Bob. Eq. (cm)	Reta (cm)	dob. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (m)	kg por F (kg/m)	CA-50 (kg)
V9	1	10,0	3	8	360	8	1128	11,78	0,617	6,96
	2	8,0	1	360	360		5,08	3,60	0,396	1,42
	3	6,3	2	254	254		5,08	0,745	0,745	2,24
	4	6,3	15	120	1800		18,00	0,245	4,21	14,08
Total máx 30% =										34,08



VIGA 10, 12
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



27 N4 Ø 6,3 C=120

LEGENDA
Desenho de Vigas
Contorno C25, em geral
Aço CA-50
Escala vigas: 1:40
Escala seções: 1:10

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

CONTEÚDO:
vigas da garagem

Dados consumo e taxa de armadura

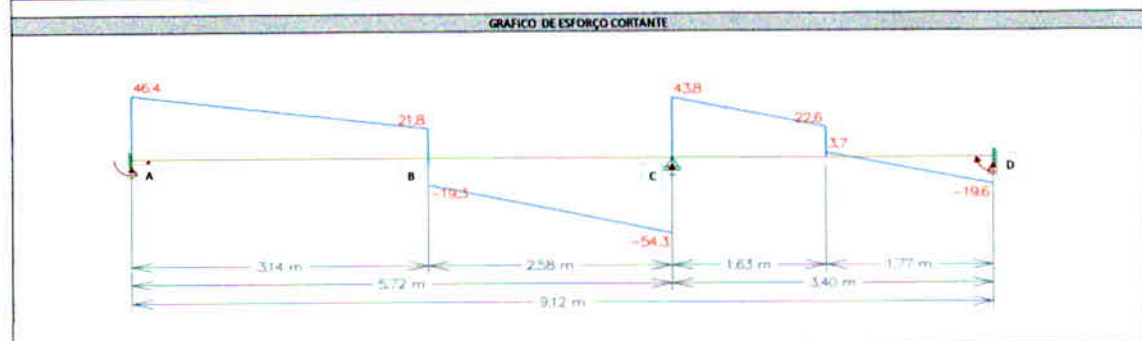
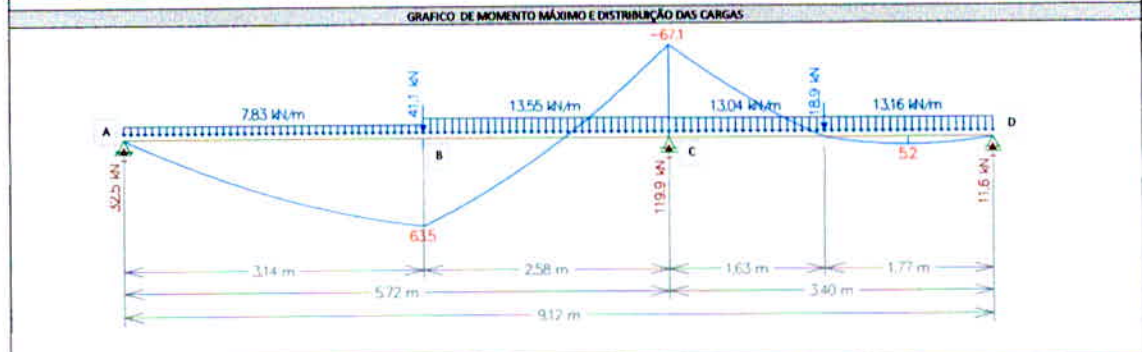
VIGA	dimensões			Volume (m³)	Formas (m²)	Taxa (kg/m³)
	b	H	L			
V0	0,25	0,40	1,25	0,13	1,44	32,94
V12						

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DA GARAGEM

Elementos	Posição (N)	Diâmetro (mm)	Quantidade (un)	dob. Eq. (cm)	dob. Dir. (cm)	compr. (cm)	total (m)	kg pos F (kg/m)	CA-50 (kg)
V0	1	6,3	2	133	133	264	2,64	0,245	1,63
	2	10,0	2	8	133	296	2,96	0,617	0,73
V12	2	10,0	2	8	133	296	2,96	0,617	0,73
	3	6,3	6	120	120	720	7,20	0,245	1,76
Total mais 10% =									4,12

Nº viga 11	dimensão viga (m)						carga do peso próprio	carga permanente	carga da laje A-B		carga da laje B-C		carga da laje C-D		carga da laje D-E	
	bw	h	L1	L2	L3	L4	kN/m	kN/m	laje Nº 10	laje Nº 8	laje Nº 7	laje Nº 8	laje Nº 6	laje Nº 5	laje Nº 4	laje Nº 5
	0,25	0,4	3,14	2,58	1,63	1,77	2,90	6,20	1,96	3,37	1,48	3,37	0,97	3,37	1,09	3,37

Dados				I das carga distrib. A-B				I das carga distrib. B-C				I das carga distrib. C-D				I das carga distrib. D-E			
h efetivo=	40	cm		q maior=	13,55	kN/m													
bw efetivo=	25	cm		fck =	25	MPa													
d efetivo=	36	cm		Aço=	CA-50														



VALORES DE ESFORÇO CORTANTE		CORTANTES REDUZIDAS	
Qa=	46,4 kN	Qa/(bw*d)	0,84
Qb=	54,3 kN	Qb/(bw*d)	0,90
qv=	1*fck/250	qv	0,90
Vrd=0,77*qv*bw*d	468,64	Vrd > VRd2	OK

DETERMINAÇÃO DA CORTANTE MÍNIMA	
Asmin ≥ 0,2 * fctm * bw * d	0,0256 cm²/cm
fywd	69,25 kN
Vymin = Asmin * fywd	36,17 kN
Vymin = Vc + Vyw	75,28 kN

DETERMINAÇÃO DO ESPAÇAMENTO DOS ESTRIBOS DE Ø 6,3 mm			
Asmin = Vymin / fywd	0,026 cm²/cm	S = 2 * Asmin / fywd	24,13 cm
S	0,9 * d * fywd	espaçamento máx. Smáx = 0,6 * d	21,6 cm
		ajustando p/ melhor execução	21 cm

DETERMINAÇÃO DO AÇO LONGITUDINAL DA VIGA									
Momento Positivo (kN)		Kmd = Md / (bw*d²*fcd)	Kmd	lx	lx	ax	ax	Domínio	As = Md / (kz*d*fyd)
tramo A-C = 63,5			0,1537	0,2532	0,8995	3,35	10,00	D2	6,31 cm²
									3 φ long. = 16,0 mm = 6,03 cm²
Momento Negativo (kN)		Kmd = Md / (bw*d²*fcd)	Kmd	lx	lx	ax	ax	Domínio	As = Md / (kz*d*fyd)
Ponto C = 67,1			0,1624	0,2674	0,8931	3,50	9,99	D3	6,67 cm²
									1 φ long. = 10,0 mm = 0,79 cm²
									3 φ long. = 16,0 mm = 6,03 cm²
									TOTAL = 6,82 cm²
Momento Positivo (kN)		Kmd = Md / (bw*d²*fcd)	Kmd	lx	lx	ax	ax	Domínio	As = Md / (kz*d*fyd)
tramo C-D = 5,2			0,0126	0,0186	0,9925	0,39	10,00	D2	0,52 cm²
									2 φ long. = 6,3 mm = 0,62 cm²

eh = maior espaço entre barras em uma mesma camada	ev = maior espaço entre barras em uma mesma camada vertical	Numero de barras em uma camada horizontal
2 cm	2 cm	Nb/c = bw * Z / (5 * phi * fywd / Z) = 5,42 barras
1,6 φ long.	1,6 φ long.	eh = phi
2,28 1,2*φ máx bita	0,95 0,5*φ máx bita	

13	dimensão viga (m)				carga do peso próprio	carga parva	carga da laje A-B		carga da laje B-C		carga da laje C-D	
	bw	h	L1	L2	L3	laje Nº 8	laje Nº 9	laje Nº 5	laje Nº 3	laje Nº 2	laje Nº 3	
	0,25	0,4	5,72	3,4	0,46	2,90	6,20	3,37	8,58	3,37	2,40	2,16
Dados					q maior = 20,65	I das carga distrib. A-B		I das carga distrib. B-C		I das carga distrib. C-D		carga pontual P1 da viga 3
h efetivo =	40	cm	q maior =	20,65	kN/m		kN/m		kN/m		kN	
bw efetivo =	25	cm	fck =	25	MPa		20,65		14,47		13,26	
d efetivo =	36	cm	Apo =	CA-50							66,1	

GRAFICO DE MOMENTO MÁXIMO E DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS

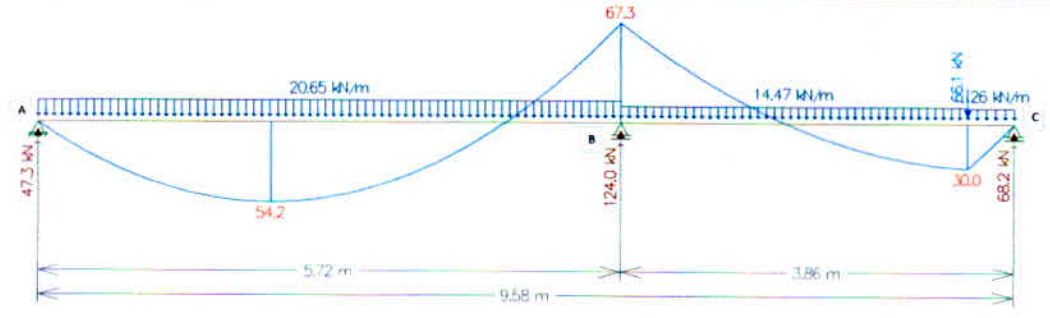
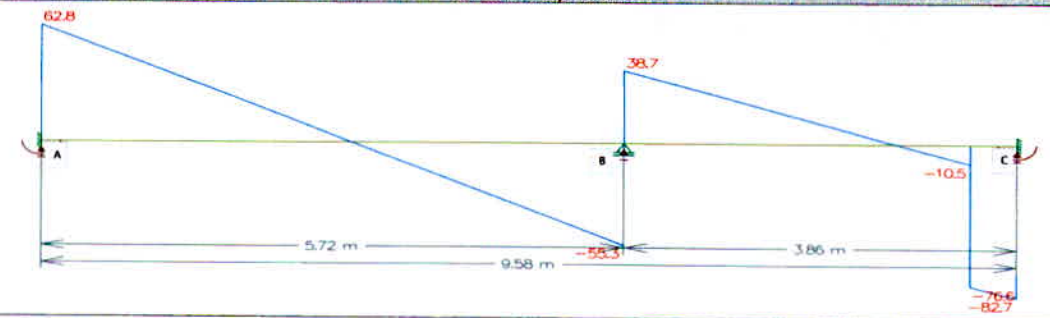


GRAFICO DE ESFORÇO CORTANTE



VERIFICAÇÃO DE $V_{ed} < V_{Rd2}$ (kN)

VALORES DE ESFORÇO CORTANTE	CORTANTES REDUZIDAS
Qa = 62,8 kN	Qa/Brd = 0,30
Qb = 82,7 kN	Qb/s = 76,40 kN
qV = 1.fck/250 = 0,90	Vsd < qV = 115,78 kN
Vrd2 = 0,77.qv.fcd.bw.d = 468,64	Vsd < VRd2 OK

DETERMINAÇÃO DA CORTANTE MÍNIMA

Aswmin ≥ 0,2.fctm.bw = 0,0256 cm²/cm	Vc = 0,6.fctd.bw.d = 69,25 kN
S fywd	
Vswmin = Asw min 0,9.d.N = 36,13 kN	Vmin = Vc/Vsw = 75,28 kN
S	yf

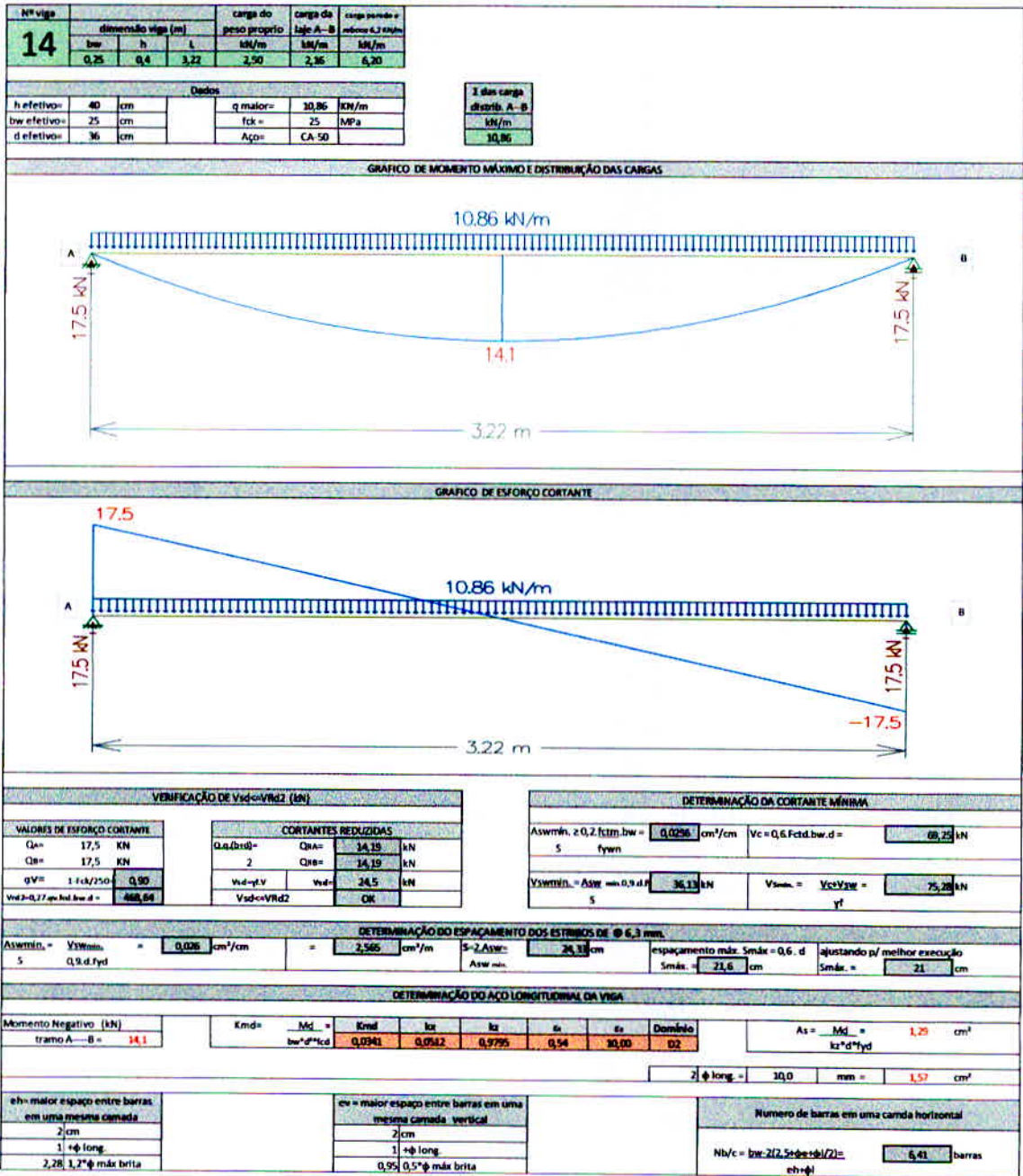
DETERMINAÇÃO DO ESPAÇAMENTO DOS ESTRIBOS DE Ø 6,3 mm.

Aswmin = Vswmin / S = 0,026 cm²/cm	S = 2.Asww = 24,33 cm	espaçamento máx. Smáx = 0,6.d = 21,6 cm	ajustando p/ melhor execução Smáx = 21 cm
------------------------------------	-----------------------	---	---

DETERMINAÇÃO DO AÇO LONGITUDINAL DA VIGA

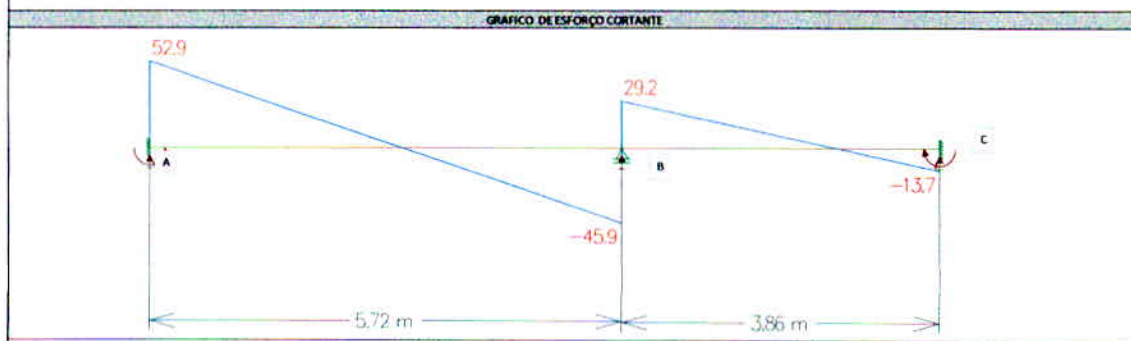
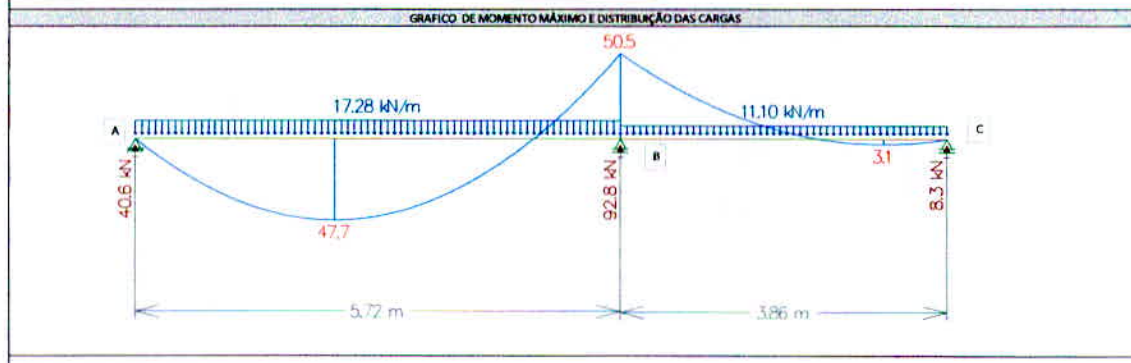
Momento Positivo (kN)	tramo A-B = 54,2	Knd = $\frac{M_d}{bw*d^2*fcd}$ = 0,1312	lx = 0,2306	lx = 0,9158	ex = 2,67	ex = 10,00	Domínio D2	As = $\frac{M_d}{kz*d^2*fyd}$ = 5,29 cm²									
<table border="1"> <tr> <td>1 φ long. = 12,5</td> <td>mm = 1,23</td> <td>cm²</td> </tr> <tr> <td>2 φ long. = 16,0</td> <td>mm = 4,02</td> <td>cm²</td> </tr> <tr> <td colspan="2">TOTAL =</td> <td>5,25</td> </tr> </table>									1 φ long. = 12,5	mm = 1,23	cm²	2 φ long. = 16,0	mm = 4,02	cm²	TOTAL =		5,25
1 φ long. = 12,5	mm = 1,23	cm²															
2 φ long. = 16,0	mm = 4,02	cm²															
TOTAL =		5,25															
Momento Negativo (kN)	Ponto B = 67,3	Knd = $\frac{M_d}{bw*d^2*fcd}$ = 0,1628	lx = 0,2683	lx = 0,8827	ex = 3,50	ex = 9,95	Domínio D3	As = $\frac{M_d}{kz*d^2*fyd}$ = 6,57 cm²									
<table border="1"> <tr> <td>1 φ long. = 10,0</td> <td>mm = 0,29</td> <td>cm²</td> </tr> <tr> <td>3 φ long. = 16,0</td> <td>mm = 6,03</td> <td>cm²</td> </tr> <tr> <td colspan="2">TOTAL =</td> <td>6,82</td> </tr> </table>									1 φ long. = 10,0	mm = 0,29	cm²	3 φ long. = 16,0	mm = 6,03	cm²	TOTAL =		6,82
1 φ long. = 10,0	mm = 0,29	cm²															
3 φ long. = 16,0	mm = 6,03	cm²															
TOTAL =		6,82															
Momento Positivo (kN)	tramo B-C = 30	Knd = $\frac{M_d}{bw*d^2*fcd}$ = 0,0726	lx = 0,1117	lx = 0,9553	ex = 1,26	ex = 10,00	Domínio D2	As = $\frac{M_d}{kz*d^2*fyd}$ = 2,93 cm²									
<table border="1"> <tr> <td>2 φ long. = 10,0</td> <td>mm = 1,57</td> <td>cm²</td> </tr> <tr> <td>1 φ long. = 12,5</td> <td>mm = 1,23</td> <td>cm²</td> </tr> <tr> <td colspan="2">TOTAL =</td> <td>2,80</td> </tr> </table>									2 φ long. = 10,0	mm = 1,57	cm²	1 φ long. = 12,5	mm = 1,23	cm²	TOTAL =		2,80
2 φ long. = 10,0	mm = 1,57	cm²															
1 φ long. = 12,5	mm = 1,23	cm²															
TOTAL =		2,80															

eh = maior espaço entre barras em uma mesma camada	ev = maior espaço entre barras em uma mesma camada vertical	Numero de barras em uma camada horizontal
2 cm	2 cm	Nb/c = $\lceil \frac{bw}{2} \cdot \frac{1 + \phi_e + \phi_l}{2} \rceil$ = 5,42 barras
1,6 φ long.	1,6 φ long.	
2,28 1,2 φ máx bita	0,95 0,5 φ máx bita	



Nº viga	dimensão viga (m)					carga do peso próprio	carga parede e reboco 6,3 kN/m	carga da laje A-B	carga da laje B-C
	bw	h	L	L	L	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
15	0,25	0,4	5,72	3,86	2,50	6,30	8,58	2,40	

Dados				I das carga distrib. A-B		I das carga distrib. B-C	
h efetivo=	40	cm	q maior=	17,28	kN/m	kN/m	17,28
bw efetivo=	25	cm	fck =	25	MPa	kN/m	11,10
d efetivo=	36	cm	Apo=	CA-50		kN/m	11,10



VALORES DE ESFORÇO CORTANTE		CORTANTES REDUZIDAS		DETERMINAÇÃO DA CORTANTE MÍNIMA	
Qa=	52,9 kN	Qa=	47,83 kN	Asw min. > 0,2 · fctm · bw · d	69,25 kN
Qb=	45,9 kN	Qb=	40,63 kN	S	fym
qv=	1 · fck / 250 = 0,90	Vd=vd/V	74,05 kN	Vsw min. = Asw min · 0,9 · d · f	36,13 kN
Vd2=0,27 · qv · hd · bw · d =	468,96	Vsd=VRd2	OK	Vmin. = Vc + Vsw	75,28 kN
				S	γf

DETERMINAÇÃO DO ESPAÇAMENTO DOS ESTRIÇOS DE Ø 6,3 mm.

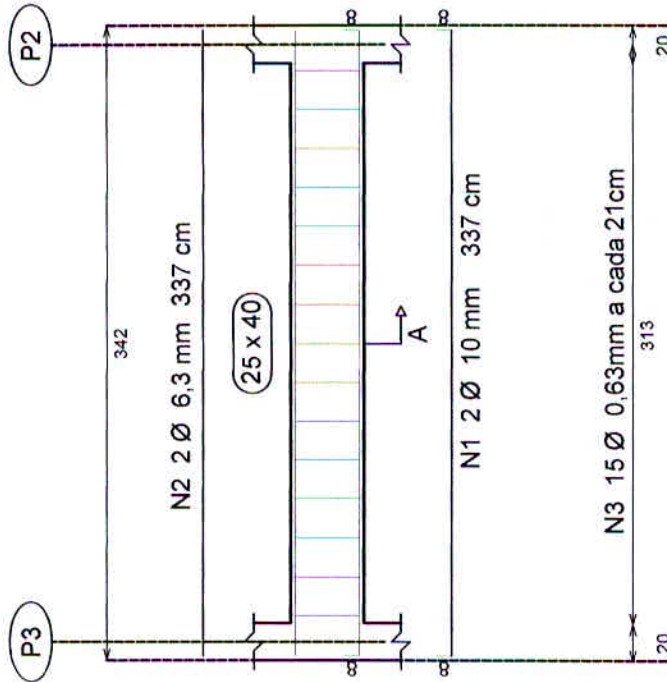
Asw min. = Vsw min. / S	= 0,026 cm²/cm	= 2,565 cm²/m	S=2 · Asw =	24,33 cm	espaçamento máx. Smáx = 0,6 · d	ajustando p/ melhor execução
			Asw min.		Smáx =	21,6 cm

DETERMINAÇÃO DO AÇO LONGITUDINAL DA VIGA

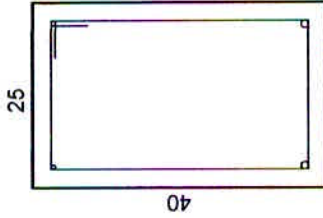
Momento Positivo (kN)	tramo A-B = 47,7	Kmd = $\frac{M_d}{bw \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	Kmd	kt	kt	εs	εs	Domínio	As = $\frac{M_d}{k_2 \cdot d^2 \cdot f_{yd}}$	4,60 cm²
			0,1154	0,1832	0,9067	2,24	10,00	D2	2 φ long. = 6,3	mm = 0,62 cm²
									2 φ long. = 16,0	mm = 4,02 cm²
									TOTAL =	4,64 cm²
Momento Negativo (kN)	Ponto B = 50,5	Kmd = $\frac{M_d}{bw \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	Kmd	kt	kt	εs	εs	Domínio	As = $\frac{M_d}{k_2 \cdot d^2 \cdot f_{yd}}$	4,87 cm²
			0,1222	0,1949	0,9020	2,42	10,00	D2	1 φ long. = 10,0	mm = 0,79 cm²
									2 φ long. = 16,0	mm = 4,02 cm²
									TOTAL =	4,81 cm²
Momento Positivo (kN)	tramo B-C = 3,1	Kmd = $\frac{M_d}{bw \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$	Kmd	kt	kt	εs	εs	Domínio	As = $\frac{M_d}{k_2 \cdot d^2 \cdot f_{yd}}$	0,30 cm²
			0,0075	0,0111	0,9956	0,11	10,00	D2	2 φ long. = 6,3	mm = 0,62 cm²

eh = maior espaço entre barras em uma mesma camada	2 cm	ev = maior espaço entre barras em uma mesma camada vertical	2 cm	Numero de barras em uma camada horizontal	Nb/c = $\frac{bw \cdot \sum (z_i \cdot \phi_i)}{eh \cdot \phi_l}$	5,42 barras
1,6 · φ long.		1,6 · φ long.				
2,28 · 1,2 · φ máx brita		0,95 · 0,5 · φ máx brita				

VIGA 14
escala 1:40



Corte A
escala 1:10



27 N4 Ø 6,3 C=120

DADOS:
 Desenho de Vigas
 Concreto: C25, em geral
 Aço: CA-50
 Escala vigas: 1:40
 Escala seções: 1:10

IDENTIFICAÇÃO: Projeto estrutural

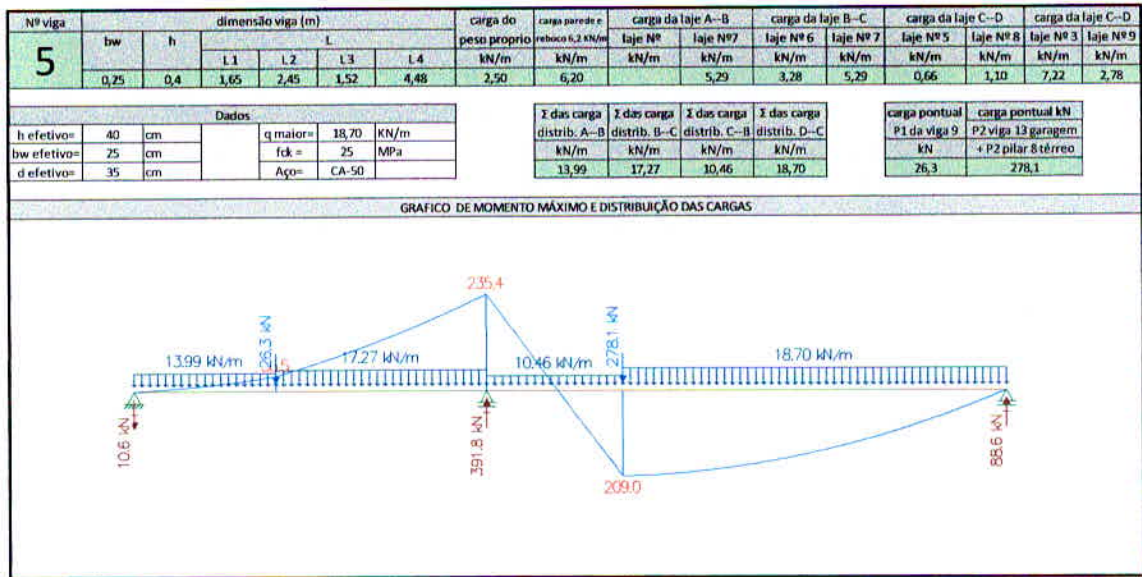
CONTEÚDO:
 vigas da garagem

VIGA	Dados, consumo e taxa de armadura				Taxa (kg/m³)	
	dimensões		Volume			formas
V14	b	H	L	(m³)	(m²)	kg/(conc.)
	0,25	0,40	3,22	0,32	5,72	32,35

QUADRO DE CONSUMO DE AÇO DA GARAGEM									
Elemento	Posição (N)	Diâmetro (mm)	Quantidade (un)	Compr. (cm)	Vol. (m³)	Compr. (cm)	Vol. (m³)	kg por f	CA-50 (kg)
V14	1	10,0	2	337	8	706	7,06	0,617	4,36
	2	6,3	2	337	8	674	6,74	0,245	1,95
	3	6,3	15	120	1800	18,00	0,245	4,11	10,42
Total mais 3,0% =									10,42

APÊNDICE C – Calculo da armadura dupla de verificação da viga nº 5

No dimensionamento de momentos fletores obteve um momento muito elevado para a viga nº5. Com isso foi desenvolvido cálculos mais aprofundados para ter certeza se a armadura de aço existente seria o bastante;



Dados						
h =	40	cm		Momento=	235,4	kN.m
bw =	25	cm		q maior=	18,7	kN/m
d =	36	cm		fck =	25	MPa
d' =	4	cm		Aço=	CA-50	

Kmd	kx	kz	εc	εs	Domínio
0,2509	0,4500	0,8200	3,50	4,28	D3

1º Passo:

Calculo da Altura Mínima

$$d_{\min} = \sqrt{M_d / (K_{Md} \cdot bw \cdot f_{cd})} = \sqrt{(1,4 \cdot 23540,0) / [0,2509 \cdot 25 \cdot \left(\frac{2,5}{1,4}\right)]} = 54,24 \text{ cm}$$

OBS: Como $d = 36,0 \text{ cm} < 54,24 \text{ cm} \rightarrow$ Armadura Dupla

2º Passo:Calculo de M_{d1}

$$\bullet \quad X = K_X \cdot d \rightarrow 0,45 \cdot 0,36 = \mathbf{0,1620}$$

$$M_{d1} = (\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot \lambda \cdot x) \cdot \left(d - \frac{\lambda}{2} \cdot x \right) =$$

$$M_{d1} = \left(0,85 \cdot \left(\frac{25000}{1,4} \right) \cdot 0,25 \cdot 0,8 \cdot 0,162 \right) \cdot \left(0,36 - \frac{0,8}{2} \cdot 0,162 \right) = M_{d1} = \mathbf{145,17 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

3º Passo:Calculo de M_{d2}

$$M_{d2} = M_{d(\text{LIMITE})} - M_{d1}$$

$$M_{d2} = (1,4 \cdot 235,4) - 145,17 = \mathbf{184,39 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

4º Passo:Calculo de A_s

Dados						
h =	40	cm		fck =	25	MPa
b _w =	25	cm		Aço =	CA-50	
d =	36	cm		q maior =	18,7	kN/m
d' =	4	cm		Momento =	235,4	kN.m
				M _{d1} =	145,17	kN.m
				M _{d2} =	184,39	kN.m
K_{md}	k_x	k_z	ε_c	E_s	Domínio	
0,2509	0,4500	0,8200	3,50	4,28	D3	

$$A_s = \frac{M_{d1}}{K_Z \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{M_{d2}}{(d - d') \cdot f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{145,17}{0,82 \cdot 0,36 \cdot \left(\frac{50}{1,15} \right)} = \frac{184,39}{(0,36 - 0,04) \cdot \left(\frac{50}{1,15} \right)} =$$

$$A_s = 11,31 + 13,25 = \mathbf{24,56 \text{ cm}^2}$$

5º Passo:Calculo de $A_{s'}$

OBS: É necessário conhecer antes $f_{s'}$ e, portanto, $\varepsilon_{s'}$.

$$\varepsilon'_{s'} = \frac{0,0035 \cdot (x - d')}{x} = \frac{0,0035 \cdot ((0,45 \cdot 0,36) - 0,04)}{0,45 \cdot 0,36} = \mathbf{0,00263}$$

OBS: Como $\varepsilon_{s'} > \varepsilon_{yd}$ ($\varepsilon_{yd} = 0,207\%$, CA - 50) $\rightarrow f_{s'} = f_{yd}$.

$$A_{s'} = \frac{M_{d2}}{(d - d') \cdot f_{yd}}$$

$$A_{s'} = \frac{184,39}{(0,36 - 0,04) \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = \mathbf{13,25 \text{ cm}^2}$$

6º Passo:Detalhamento Longitudinal da Armadura

2,0 cm

$$e_h \geq \emptyset L \rightarrow \mathbf{2,5 \text{ cm}}$$

$$1,2 \cdot D_{\text{MAX}} = 1,2 \cdot 1,9 = 0,95$$

2,0 cm

$$e_v \geq \emptyset L \rightarrow \mathbf{2,5 \text{ cm}}$$

$$1,2 \cdot D_{\text{MAX}} = 1,2 \cdot 1,9 = 0,95$$

D_{MAX} : BRITA 01 = 1,9

$$\frac{\text{Nº Barras}}{\text{camada}} = \frac{bw - 2 \cdot \left(e \cdot \emptyset t \cdot \frac{\emptyset l}{2}\right)}{eh + \emptyset l} + 1 = \frac{25 - 2 \cdot \left(2,5 \cdot 0,63 \cdot \frac{2,5}{2}\right)}{2,5 + 2,5} + 1 = \mathbf{4,21 \text{ barras}}$$

7º Passo:Cálculo do comprimento das barras

$$M_{\text{NEGATIVO}} = 235,4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 24,56 \text{ cm}^2$$

$$A_{s'} = 13,25 \text{ cm}^2$$

$$4\varnothing 25,0 \text{ mm} \rightarrow 19,63 \text{ cm}^2$$

$$2\varnothing 16,0 \text{ mm} \rightarrow 4,02 \text{ cm}^2$$

$$23,66 \text{ cm}^2$$

- Como o número de barras é maior do que é possível acomodar na primeira camada será necessário recalcular com novo d' ;

$$\rightarrow d' = 4d + 2 \cdot (d'' + d') / n^\circ \text{ barras} \quad d' = 4 \cdot 4,38 + 2(4,75 + 4,38) / 6 \quad d' \approx 6 \text{ cm}$$

Dados					
h =	40	cm		fck =	25 MPa
bw =	25	cm		Aço =	CA-50
d =	34	cm		q maior =	18,7 kN/m
d' =	6	cm		Momento =	235,4 kN.m
Kmd	kx	kz	Ec	Es	Domínio
0,2509	0,4500	0,8200	3,50	4,28	D3

1º Passo:Calculo da Altura Mínima

$$d_{\min} = \sqrt{M_d / (K_{Md} \cdot bw \cdot f_{cd})} = \sqrt{(1,4 \cdot 23540,0) / [0,2509 \cdot 25 \cdot \left(\frac{2,5}{1,4}\right)]} = 54,24 \text{ cm}$$

OBS: Como $d = 34,0 \text{ cm} < 54,24 \text{ cm} \rightarrow$ **Armadura Dupla**

2º Passo:Calculo de M_{d1}

$$\bullet X = K_x \cdot d \rightarrow 0,45 \cdot 0,34 = \mathbf{0,1530}$$

$$M_{d1} = (\alpha_c \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot \lambda \cdot x) \cdot \left(d - \frac{\lambda}{2} \cdot x \right) =$$

$$M_{d1} = \left(0,85 \cdot \left(\frac{25000}{1,4} \right) \cdot 0,25 \cdot 0,8 \cdot 0,153 \right) \cdot \left(0,34 - \frac{0,8}{2} \cdot 0,153 \right) = M_{d1} = \mathbf{129,49 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

3º Passo:Calculo de M_{d2}

$$M_{d2} = M_{d(\text{LIMITE})} - M_{d1}$$

$$M_{d2} = (1,4 \cdot 235,4) - 129,49 = \mathbf{200,06 \text{ KN} \cdot \text{m}}$$

Dados						
h =	40	cm		fck =	25	MPa
bw =	25	cm		Aço =	CA-50	
d =	34	cm		q maior =	18,7	kN/m
d' =	6	cm		Momento =	235,4	kN.m
				Md1 =	129,49	kN.m
				Md2 =	200,06	kN.m
Kmd	kx	kz	εc	Es	Domínio	
0,2509	0,4500	0,8200	3,50	4,28	D3	

4º Passo:Calculo de A_s

$$A_s = \frac{M_{d1}}{K_z \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{M_{d2}}{(d - d') \cdot f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{129,49}{0,82 \cdot 0,34 \cdot \left(\frac{50}{1,15} \right)} = \frac{200,06}{(0,34 - 0,06) \cdot \left(\frac{50}{1,15} \right)} =$$

$$A_s = 10,68 + 16,43 = \mathbf{27,11 \text{ cm}^2}$$

5º Passo:Calculo de $A_{s'}$

OBS: É necessário conhecer antes f_s' e, portanto, $\varepsilon_{s'}$.

$$\varepsilon_{s'} = \frac{0,0035 \cdot (x - d')}{x} = \frac{0,0035 \cdot ((0,45 \cdot 0,34) - 0,06)}{0,45 \cdot 0,34} = \mathbf{0,00212}$$

OBS: Como $\varepsilon_{s'} > \varepsilon_{yd}$ ($\varepsilon_{yd} = 0,207\%$, CA - 50) $\rightarrow f_{s'} = f_{yd}$.

$$A_{s'} = \frac{M_{dz}}{(d - d') \cdot f_{yd}}$$

$$A_{s'} = \frac{200,06}{(0,34 - 0,06) \cdot \left(\frac{50}{1,15}\right)} = \mathbf{16,43 \text{ cm}^2}$$

6º Passo:Detalhamento Longitudinal da Armadura

2,0 cm

$e_h \geq \emptyset L \rightarrow \mathbf{2,5 \text{ cm}}$

$$1,2 \cdot D_{MAX} = 1,2 \cdot 1,9 = 0,95$$

2,0 cm

$e_v \geq \emptyset L \rightarrow \mathbf{2,5 \text{ cm}}$

$$1,2 \cdot D_{MAX} = 1,2 \cdot 1,9 = 0,95$$

D_{MAX} : BRITA 01= 1,9

$$\frac{N^{\circ} \text{ Barras}}{\text{camada}} = \frac{bw - 2 \cdot (e \cdot \emptyset t \cdot \frac{\emptyset l}{2})}{eh + \emptyset l} + 1 = \frac{25 - 2 \cdot (2,5 \cdot 0,63 \cdot \frac{2,5}{2})}{2,5 + 2,5} + 1 = \mathbf{4,21 \text{ barras}}$$

7º Passo:**Cálculo do comprimento das barras**

$$M_{\text{NEGATIVO}} = 235,4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_s = 27,11 \text{ cm}^2$$

$$A_{s'} = 16,43 \text{ cm}^2$$

$$4\emptyset 25,0 \text{ mm} \rightarrow 19,63 \text{ cm}^2$$

$$2\emptyset 16,0 \text{ mm} \rightarrow \underline{6,28 \text{ cm}^2}$$

$$25,92 \text{ cm}^2$$

E como a área de aço existente é menor. Houve a necessidade da implantação do pilar nº8, com isso a área de aço existente atende ao momento já visto nos cálculos da viga nº 5 da garagem neste apêndice.