

N. CLASS. M690.00X  
CUTTER F866.p  
ANO/EDIÇÃO 2014

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**

**ENGENHARIA CIVIL**

**MAGSON VITOR FREITAS**

**PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE PONTOS DE ANCORAGENS PARA  
ANDAIMES SUSPENSOS**

**Varginha- MG  
2014**

**FEPESMIG**

**MAGSON VITOR FREITAS**

**PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE PONTOS DE ANCORAGENS PARA  
ANDAIMES SUSPENSOS**

Trabalho de Conclusão de Curso II, apresentada ao curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor M.Sc. Antonio de Faria.

**Varginha – MG  
2014**

**MAGSON VITOR FREITAS**

**PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE PONTOS DE ANCORAGENS PARA  
ANDAIMES SUSPENSOS**

Trabalho de Conclusão de Curso II, do Centro  
Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-  
requisito para obtenção do grau de bacharel em  
Engenharia Civil, pela banca examinadora composta  
pelos membros:

Aprovado em     /     /

---

Prof. Ms.Sc Antonio de Faria

---

Profa. Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

---

Prof. Armando Belato Pereira

OBS:

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos, sobrinhos e amigos, que nos momentos de minha ausência dedicada ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

Agradeço a todos os *professores* por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de *formação profissional*, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos *professores* dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

**Grupo Educacional UNIS**

**“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”**

**Arthur Schopenhauer**

## RESUMO

Este trabalho aborda a necessidade de dimensionar pontos de ancoragem para andaimes suspensos. Trata, especificamente, da análise estrutural da edificação onde a ancoragem será instalada, respeitando as diretrizes da Associação Brasileira de Normas Técnicas e do Ministério do Trabalho e Emprego. Inicialmente discutimos sobre a exigência de um engenheiro, legalmente habilitado, para elaborar e acompanhar a execução de projetos dos sistemas de fixação e sustentação, e também as estruturas de apoio dos andaimes suspensos. Em seguida ao analisar dados do Anuário Estatístico da Previdência Social (2012), do Ministério da Previdência Social, identificamos que o índice de acidentes na sub atividade, Construção de Edifícios, é responsável por um número considerável de acidentes no setor da construção civil. Descreve-se a seguir as diretrizes da ABNT-NBR/6494:1990 referente à segurança nos andaimes, e a MTE - NR-18 que trata das condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, sendo citadas ainda as principais divergências em ambas as normas. Para efeito do carregamento exercido pelos andaimes sob a estrutura, são citadas especificações técnicas fornecidas pelos diversos fabricantes de andaimes suspensos pesados, leves, e motorizados, e também as características das ancoragens e dos sistemas de fixação dos mesmos. Com base nesses dados, finalmente é apresentado o estudo de caso proposto para o dimensionamento dos pontos de ancoragem para o uso dos andaimes suspensos, com a devida verificação da seção transversal do elemento estrutural, onde serão fixadas as ancoragens.

**Palavras-chave:** Construção civil. Ancoragem. Andaimes suspensos.

## **ABSTRACT**

*This paper addresses the need to scale anchor points for suspended scaffolds. It specifically the structural analysis of the building where the anchor will be installed in compliance with the guidelines of the Brazilian Association of Technical Standards and the Ministry of Labour and Employment. Initially we discussed the requirement of a legally qualified engineer, to develop and monitor the implementation of projects fixing and support systems, and also the support structures of suspended scaffolds. Then when analyzing data from Social Security, the Ministry of Social Security, and Statistical Yearbook (2012) identified that the accident rate on sub activity, Building Construction, is responsible for a considerable number of accidents in the construction industry. Described below guidelines ABNT-NBR/6494: 1990 regarding, safety on the scaffolding, and MTE - NR-18 which deals with conditions and working environment in the construction industry and is still cited major differences in both standards. For the purpose of charging army under the scaffolding structure, technical specifications provided by the various manufacturers of heavy suspended scaffolding, lightweight, and motor, and also the characteristics of the anchors and fixing the same systems are cited. Based on these data, it is finally presented the case study proposed for the design of the anchor points for the use of suspended scaffolds , with due verification of the cross section of the structural element , where the anchors will be fixed.*

**Key words:** *construction. Anchors. Suspended scaffolds.*



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Aplicação correta de grampos (clips) em laços.....	19
Figura 2 – Sustentação por vigas .....	22
Figura 3 – Sustentação por afastadores.....	22
Figura 4 – Estruturas especiais .....	22
Figura 5 – Contrapeso para fixação de vigas I.....	23
Figura 6 – Contraventamento de vigas .....	23
Figura 7 – Guincho de elevação e trava quedas.....	24
Figura 8 – Andaime Suspenso Pesado .....	28
Figura 9 – Andaime suspenso leve BKL .....	29
Figura 10 – Dimensões da Plataforma.....	29
Figura 11 – Distância de montagem dos elementos de sustentação do andaime.....	30
Figura 12 – Instalação correta dos elementos de sustentação.....	30
Figura 13 – Andaime suspenso motorizado e seus componentes.....	31
Figura 14 – Fixação com cabo de aço 3/8”, e andaime tubular. ....	33
Figura 15 - Fixação com contrapeso, Andaimos Jirau.....	34
Figura 16 – fixação direta na laje, andaimes Jirau.....	34
Figura 17 – Fixação com uso de afastadores em platibanda.....	35
Figura 18 – Ancoragens com afastador em elemento estrutural.....	35
Figura 19 – Fachada Principal .....	36
Figura 20 - Fachada lateral .....	36
Figura 21 – Cobertura, nível 2 / terraço.....	37
Figura 22 - Cobertura, nível 1 / Tipo.....	38
Figura 23 – Fachada Oeste/Principal .....	39
Figura 24 – Fachada Sul .....	40
Figura 25 – Fachada Leste .....	41
Figura 26 – Fachada Norte.....	42
Figura 27 – Localização dos andaimes suspensos. ....	43
Figura 28 – Detalhamento dos andaimes suspensos leves BKL.....	44
Figura 29 – Distribuição das ancoragens e seu elemento estrutural de fixação. ....	46
Figura 30 – Distribuição das ancoragens e seu elemento estrutural de fixação .....	47
Figura 31 – Hastes inox 304, com chanfro e sem chanfro.....	49
Figura 32 – Preparação para aplicação da resina epóxi em base maciça.....	50

Figura 33 – Construção dos Cabos de Aço.....	51
Figura 34 – Grampos G-450 Crospy Galvanizado e Grampo SS-450 Aço Inoxidável 316.....	52
Figura 35 – Boas práticas de utilização de grampos em cabos de aço. ....	52
Figura 36 – Projeto estrutural e locação das ancoragens nos elementos estruturais.....	55
Figura 37 – Detalhamento das ancoragens na laje 03.....	56
Figura 38 – Detalhamento de ancoragem na viga 35 e 36.....	58
Figura 39 – Diagrama de interação dos momentos nas vigas 35 e 36. ....	61
Figura 40 – Detalhamento da ancoragem da viga 02.....	63
Figura 41 – Diagrama de interação dos momentos viga 02 com o uso do programa oblíqua. ....	66
Figura 42 – Detalhamento de ancoragem na viga 07.....	68
Figura 43 – Diagrama de interação dos momentos viga 07, com o uso do programa oblíqua. ....	71
Figura 44 – Detalhamento de ancoragem da viga 03.....	73
Figura 45 – Diagrama de interação dos momentos viga 03, com o uso do programa oblíqua. ....	76
Figura 46 - Platibanda do pavimento caixa d'água.....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Quantidade de acidentes do trabalho por setor .....	17
Tabela 02 – Quantidade de acidentes do trabalho por CNAE .....	17
Tabela 03 – Divergências entre a ABNT-NBR/6494:1990 e o MTE-NR-18.....	26
Tabela 04 – Dimensões do andaime suspenso BKL.....	29
Tabela 05 – Peso do Andaime Suspenso BKL .....	30
Tabela 06 – Descrição da Plataforma, Peso, Capacidade de Carga e Montagem.....	31
Tabela 07 – Balanço máximo da viga I, Andaimos Jirau. ....	33
Tabela 08 – Carga mínima a ser utilizada para cada um dos perfis de sustentação .....	34
Tabela 09 – Peso dos Andaimos Suspensos Leves BKL .....	44
Tabela 10 – Esforços totais nos andaimos BKL .....	45
Tabela 11 – Resistência das hastes conforme diâmetro, comprimento e material da haste. ....	48
Tabela 12 – Dados técnicos da resina epóxi. ....	50
Tabela 13 – Carga de ruptura mínima efetiva em relação ao diâmetro do cabo.....	51
Tabela 14 – Verificação da compressão diagonal do concreto e da área de aço, vigas 35 e 36. .....	62
Tabela 15 – Verificação da compressão diagonal do concreto e da área de aço, viga 02. ....	67
Tabela 16 – Verificação da compressão diagonal do concreto e da área de aço, viga 07. ....	72
Tabela 17 – Verificação da compressão diagonal do concreto e da área de aço, viga 03. ....	77

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de ancoragens .....	32
Quadro 2 – Dados da Edificação .....	36
Quadro 3 – Ancoragens químicas.....	49
Quadro 4 – Especificações técnicas de projeto.....	53
Quadro 5 – Representação das vigas 35 e 36 com o uso do FTool. ....	60
Quadro 6 – Representação da viga 02 com o uso do FTool. ....	65
Quadro 7 – Representação da viga 07 com o uso do FTool. ....	70
Quadro 8 – Representação da viga 03 com o uso do FTool. ....	75
Quadro 9 – Representação da viga 03 com o uso do FTool. ....	78

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AA – Alma de Aço

AF – Alma de Fibra

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAT – Comunicação de Acidente do Trabalho

CNAE – Classificação Nacional de Atividade Econômica

CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica

CV – Cavalo - Vapor

DR – Diferencial Residual

LTDA - Limitada

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NBR – Norma Brasileira Regulamentada

NR – Norma Regulamentadora

STI – Secretaria de Inspeção do Trabalho

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	JUSTIFICATIVA.....	17
3	OBJETIVOS.....	18
3.1	Geral.....	18
3.2	Específicos .....	18
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
4.1	ABNT-NBR/6494:1990 (Segurança nos Andaimos).....	19
4.1.1	Cabos de sustentação dos andaimes suspensos.....	19
4.1.2	Andaimes Suspensos, Mecânicos-Pesados .....	20
4.1.3	Andaimes Suspensos, Mecânicos-Leves .....	20
4.2	MTE - NR – 18 (Ministério do Trabalho e Emprego) .....	21
4.2.1	Andaimes Suspensos.....	21
4.2.2	Cabos de sustentação .....	21
4.2.3	Elementos de sustentação .....	22
4.2.4	Formas de Fixação .....	23
4.2.5	Guinchos de Elevação.....	24
4.2.6	Ancoragem.....	25
5	RESULTADOS COMPARATIVOS .....	26
5.1	Divergências entre a ABNT-NBR/6494:1990 e a MTE-NR-18.....	26
6	METODOLOGIA.....	28
6.1	Especificações técnicas dos fabricantes .....	28
6.1.1	Andaimes Suspensos Pesados.....	28
6.1.2	Andaimes Suspensos Leves .....	29
6.1.3	Andaimes Motorizados.....	31
6.1.4	Fabricantes de Ancoragem.....	32
6.1.5	Sistemas de Fixação.....	33
7	ESTUDO DE CASO.....	36
8	DESENVOLVIMENTO.....	43

8.1	Andaimes suspensos leves .....	43
8.2	Ancoragem .....	45
8.2.1	Chumbadores .....	48
8.2.2	Hastes roscadas .....	48
8.2.3	Ancoragens químicas .....	49
8.2.4	Método de aplicação das ancoragens químicas .....	50
8.3	Cabos de aço .....	51
8.4	Grampos Crosby (clipe) .....	52
9	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO .....	53
9.1	Especificação dos materiais: .....	53
9.2	Memorial de calculo.....	55
9.2.1	Calculo de resistência da laje 03, pavimento caixa d'água.....	55
9.2.2	Calculo de resistência das vigas 35 e 35, pavimento cobertura.....	58
9.2.3	Calculo de resistência da viga 02.....	63
9.2.4	Calculo de resistência da viga 07.....	68
9.2.5	Calculo de resistência da viga 03.....	73
9.2.6	Cálculo de resistência da platibanda.....	78
10	Conclusão .....	80
	REFERÊNCIAS.....	81
	ANEXOS – CATALOGOS DOS FABRICANTES.....	83

## **1 INTRODUÇÃO**

Durante a execução de edifícios, principalmente na fase de acabamento externo, pintura e reparos, ou até mesmo anos após a construção da edificação, é inevitável a necessidade de limpeza, restauração ou reforma das fachadas. No entanto, não é comum a instalação de pontos de ancoragem para futuras instalações de cabos de sustentação dos andaimes suspensos, embora seja uma exigência da Norma Regulamentadora (NR-18) para edificações com, no mínimo, quatro pavimentos ou altura de 12m (doze metros). Além disso, a partir do nível térreo, desde 2012, após alteração do item 18.15.56.1, pela Portaria da Secretaria de Inspeção de Trabalho (SIT) nº 318, de 2012, a não existência destes pontos de ancoragem induz o trabalhador a ancorar os cabos de aço em pontos improvisados, expondo-se assim a um maior risco de acidentes.

Em relação a andaimes suspensos, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), por meio da NR-18 e com a alteração da Portaria SIT nº 201, de 2011, determina que os sistemas de fixação, sustentação e as estruturas de apoio dos andaimes suspensos, bem como a sustentação dos andaimes suspensos somente pode ser apoiada ou fixada em elemento estrutural, e ainda em casos de sustentação de andaimes suspensos em platibanda ou beiral da edificação, que deve ser precedida de estudos de verificação estrutural, devem ser precedidos de projeto elaborado e acompanhado por profissional legalmente habilitado.

Neste contexto, para o dimensionamento dos elementos de fixação, sustentação e de estruturas de apoio dos andaimes suspensos, o profissional legalmente habilitado é o Engenheiro Civil, responsável técnico pela execução e/ou projeto estrutural da edificação, uma vez que conhece as suas características e particularidades.



### **3 OBJETIVOS**

Objetivou-se desenvolver por meio de estudo de caso, projeto de ancoragem para sustentação de andaimes suspensos, considerando-se a necessidade de execução do acabamento externo de uma edificação e futuras reformas ou manutenções após a execução da obra.

#### **3.1 Geral**

Avaliar *in loco* e no projeto arquitetônico, os pontos mais adequados de instalação das ancoragens e verificar se possuem resistência os esforços gerados pelo andaime suspenso.

#### **3.2 Específicos**

- Levantar e interpretar leis e normas referentes a trabalhos com andaimes suspensos;
- Caracterizar os diversos andaimes suspensos;
- Identificar os diversos tipos de ancoragem e suas características;
- Identificar edificações que possam servir de estudo de caso;
- Analisar e identificar os possíveis locais de fixação das ancoragens;
- Analisar o projeto estrutural da edificação e avaliar a resistência da estrutura aos esforços gerados pelo andaime e seus componentes.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 ABNT-NBR/6494:1990 (Segurança nos Andaimes)

Esta norma define andaimes como sendo: plataformas necessárias à execução de trabalhos em lugares elevados, onde não possam ser executados em condições de segurança a partir do piso. São utilizados em serviços de construção, reforma, demolição, pintura, limpeza e manutenção.

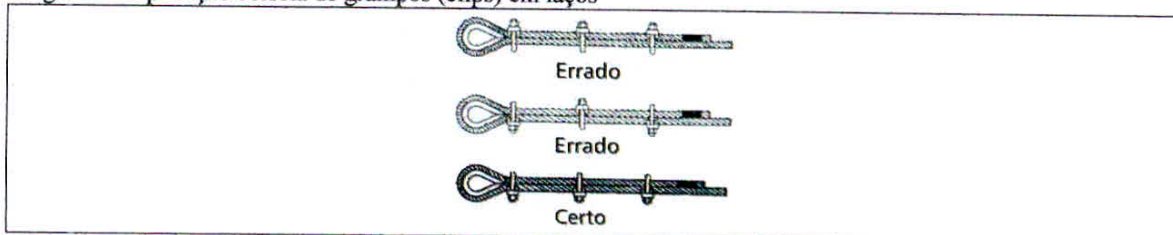
Classificando-os em andaimes suspensos, pesados ou leves, em que o estrado é sustentado por travessas metálicas ou de madeira, suportado por meio de cabos de aço, movimentando-se no sentido vertical com auxílio de guinchos.

#### 4.1.1 Cabos de sustentação dos andaimes suspensos

Os cabos de sustentação de andaimes devem ser dimensionados conforme a solicitação de trabalho dos andaimes, ou seja, a somatória das cargas de materiais, ferramentas e pessoas sobre o andaime, respeitando as especificações abaixo.

- Carga de ruptura igual à no mínimo cinco vezes a carga máxima utilizada;
- Quando em contato com uma aresta, este deve ser convenientemente protegido contra o atrito;
- Garantir um raio mínimo de curvatura de oito vezes o diâmetro, através de um dispositivo fixado firmemente à estrutura;
- Diâmetro mínimo dos cabos de aço para andaimes leves é de 7,95 mm, com carga mínima de ruptura igual a 34,8 kN;
- Diâmetro mínimo 9,5 mm para os andaimes pesados, com carga mínima de ruptura igual a 49,8 kN;
- Na utilização com grampos, deve ser considerada redução de 20% na carga admissível do cabo;
- Deve ser usados pelo menos três grampos em cada fixação (Figura 01).

Figura 1 - Aplicação correta de grampos (clips) em laços



Fonte: Fonte: ABNT-NBR/6494:1990 – (Segurança nos andaimes)

#### 4.1.2 Andaimos Suspensos, Mecânicos-Pesados

Andaimos cuja estrutura e dimensões permitem suportar esforços de trabalho de 4 kPa (400 kgf/m<sup>2</sup>) no máximo, respeitando os fatores de segurança de cada um dos seus componentes, conforme diretrizes das ABNT-NBR/6494:1990:

- Largura mínima igual a 1,50 m;
- As vigas de sustentação devem ser de aço em viga I, de altura mínima de 0,15m, e comprimento mínimo de 4,00 m;
- A parte das vigas de sustentação que se estende para dentro da construção não pode ser menor que uma vez e meia aquela em balanço para fora da construção;
- A viga de sustentação deve ser seguramente fixada à estrutura da construção.
- No dimensionamento das vigas de sustentação, o momento resistente deve ser no mínimo igual a três vezes o momento solicitante.

#### 4.1.3 Andaimos Suspensos, Mecânicos-Leves

Andaimos cuja estrutura e dimensões permitem suportar esforço total máximo de trabalho de 3 kN (300 kgf), respeitando os fatores de segurança de cada um dos seus componentes, como os listados a seguir:

- Devem ser suportados por vigas em balanço ou ganchos;
- É proibido fixar ganchos ou dispositivos de amarração diretamente em muretas de alvenaria;
- Entre o beiral e o gancho devem ser inseridas placas de madeira (tábuas);
- Os guinchos devem ser fixados nas extremidades das plataformas de trabalho;
- É vedada a execução de balanços ou de interligações entre plataformas;
- Os guinchos de elevação devem prever no mínimo três dispositivos de segurança, sendo pelo menos dois automáticos.

## 4.2 MTE - NR – 18 (Ministério do Trabalho e Emprego)

De acordo com esta norma, o dimensionamento dos andaimes, sua estrutura de sustentação e fixação, deve ser realizado por profissional legalmente habilitado, e os projetos de andaimes suspensos devem ser acompanhados pela respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).

Nesta Norma Regulamentadora os andaimes são classificados como suspensos e suspensos motorizados, não especificando leves ou pesados, entrando assim em divergência em alguns aspectos com a Norma Brasileira Regulamentada.

### 4.2.1 Andaimes Suspensos

Os andaimes suspensos devem ser convenientemente fixados à edificação na posição de trabalho, sendo permitido somente depositar materiais para uso imediato.

- A largura mínima útil da plataforma é de sessenta e cinco centímetros;
- A largura máxima, quando utilizado um guincho em cada armação, deve ser de noventa centímetros;
- Os estrados dos andaimes suspensos mecânicos podem ter comprimento máximo de 8,00 (oito metros);
- Quando utilizado apenas um guincho de sustentação por armação é obrigatório o uso de um cabo de segurança adicional de aço, ligado a dispositivo de bloqueio mecânico automático, observando-se a sobrecarga indicada pelo fabricante do equipamento.

### 4.2.2 Cabos de sustentação

Os cabos de sustentação de andaimes devem ser de aço, sendo proibido o uso de cabos de fibras naturais ou artificiais para a sustentação dos andaimes suspensos, e deve seguir as seguintes determinações:

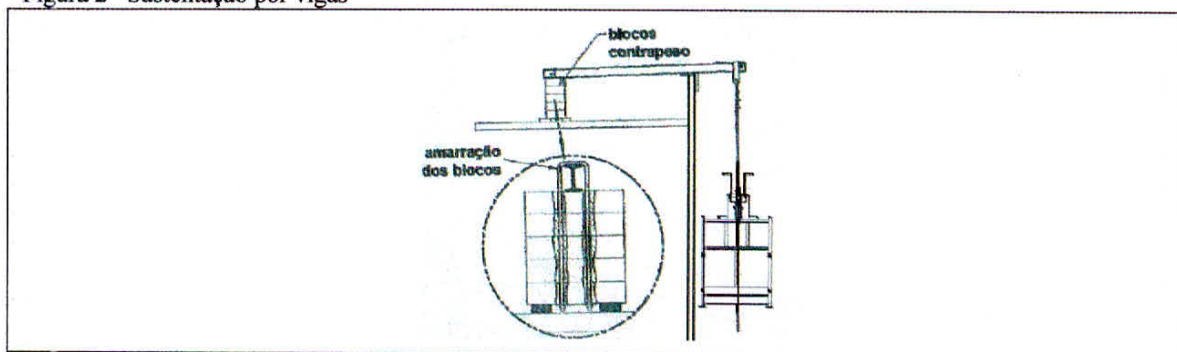
- Ter comprimento tal que para a posição mais baixa do estrado restem pelo menos seis voltas sobre cada tambor;
- Passar livremente na roldana, devendo o respectivo sulco ser mantido em bom estado de limpeza e conservação;

- Deve ter carga de ruptura equivalente a, no mínimo, cinco vezes a carga máxima de trabalho;
- Possuir resistência à tração de seus fios de, no mínimo, 160 kgf./mm<sup>2</sup> (cento e sessenta quilogramas-força por milímetro quadrado).

#### 4.2.3 Elementos de sustentação

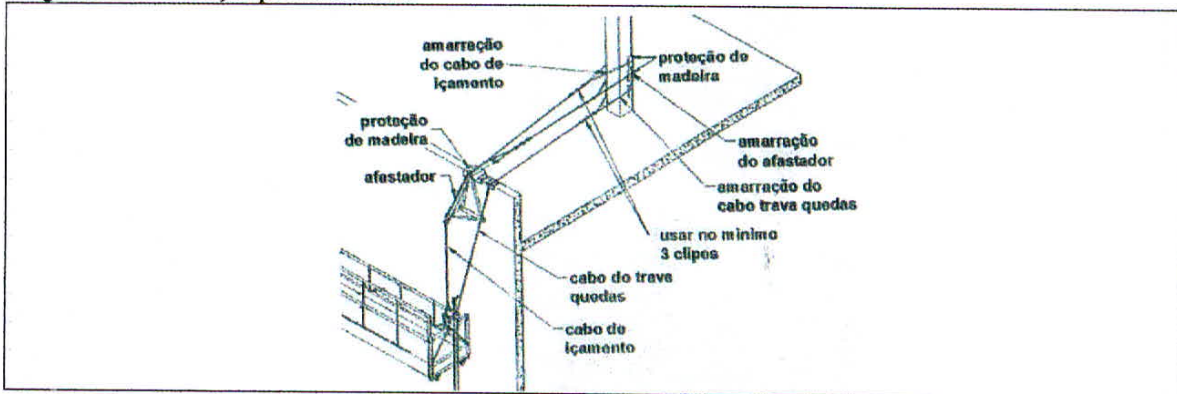
A sustentação dos andaimes suspensos deve ser feita por meio de vigas (figura 02), afastadores (figura 03) ou outras estruturas metálicas de resistência equivalente a, no mínimo, três vezes o maior esforço solicitante (figura 04).

Figura 2– Sustentação por vigas



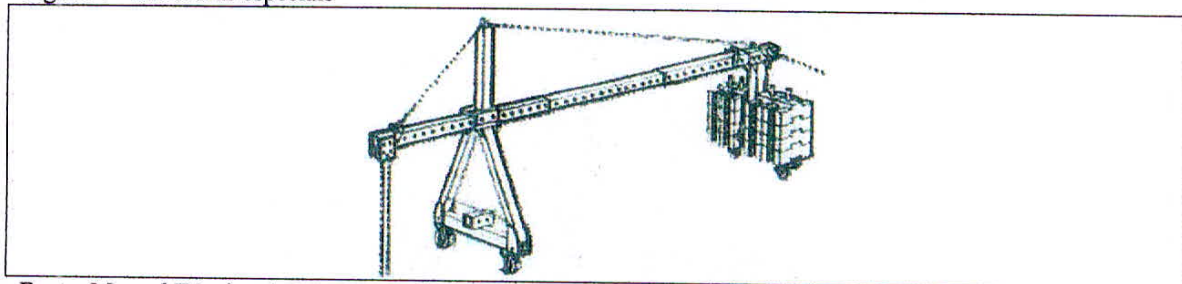
Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso Leve BKL (Set. 2012).

Figura 3 – Sustentação por afastadores



Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso Leve BKL (Set. 2012).

Figura 4 – Estruturas especiais



Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso Leve BKL (Set. 2012).

Os elementos de sustentação de andaimes devem ser dimensionados conforme as seguintes especificações abaixo:

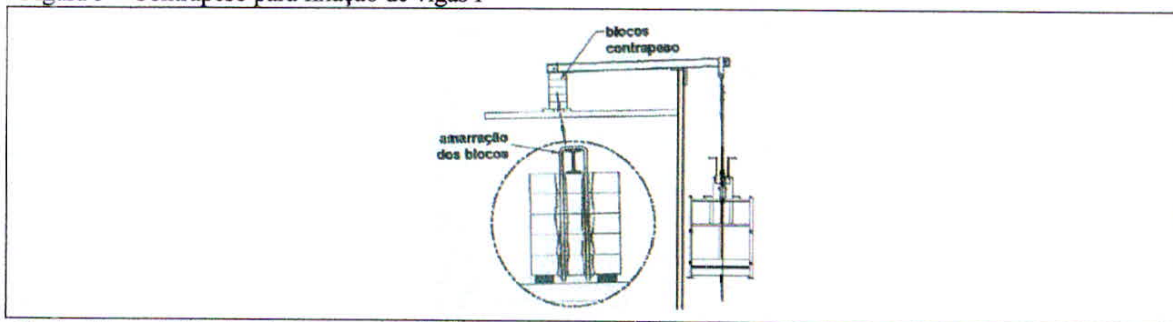
- Somente pode ser apoiada ou fixada em elemento estrutural;
- Em caso de sustentação de andaimes suspensos em platibanda ou beiral da edificação, essa deve ser precedida de estudos de verificação estrutural sob responsabilidade de profissional legalmente habilitado;
- O projeto deve permanecer no local de realização dos serviços;
- A extremidade do dispositivo de sustentação, voltada para o interior da construção, deve ser adequadamente fixada.

#### 4.2.4 Formas de Fixação

Na utilização do sistema contrapeso como forma de fixação da estrutura de sustentação dos andaimes (Figura 05), este deve atender as seguintes especificações mínimas:

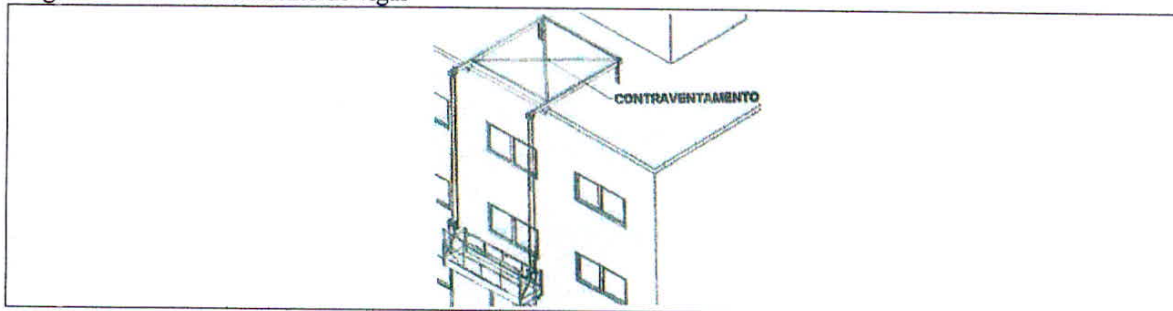
- Ser invariável quanto à forma e peso especificados no projeto;
- Ser fixado à estrutura de sustentação dos andaimes;
- Ser de concreto, aço ou outro sólido não granulado, com seu peso conhecido e marcado de forma indelével em cada peça;
- Ter contraventamentos que impeçam seu deslocamento horizontal (Figura 06).

Figura 5 – Contrapeso para fixação de vigas I



Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso Leve BKL (set. 2012)

Figura 6 – Contraventamento de vigas



Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso Leve BKL (set. 2012)

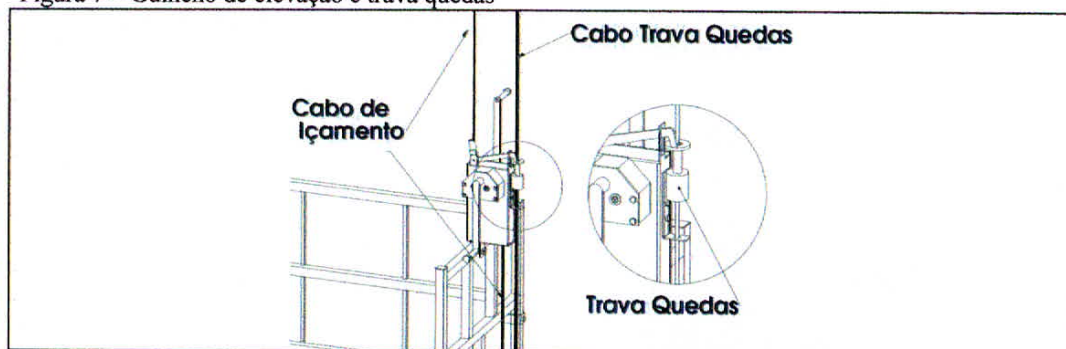
#### 4.2.5 Guinchos de Elevação

Os guinchos de elevação podem ser do tipo catraca ou motorizado, no entanto após a publicação da portaria n.º 201 da Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT), de 21 de janeiro de 2011, que entrará em vigor 48 meses após sua publicação, fica vedada a utilização de guinchos tipo catraca dos andaimes suspensos para prédios acima de oito pavimentos, a partir do térreo, ou altura equivalente.

Os guinchos de elevação para acionamento manual devem:

- Ter dispositivo que impeça o retrocesso do tambor para catraca;
- Ser acionado por meio de alavancas, manivelas ou automaticamente, na subida e na descida do andaime;
- Possuir segunda trava de segurança para catraca; e ser dotado da capa de proteção da catraca (figura 07).

Figura 7 – Guincho de elevação e trava quedas



Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso Leve BKL (set. 2012).

Nos andaimes suspensos motorizados deverá ser observada a instalação dos seguintes dispositivos:

- Cabos de alimentação de dupla isolamento;
- Plugs/tomadas blindadas;
- Aterramento elétrico;
- Dispositivo Diferencial Residual (DR);
- Fim de curso superior e batente;
- Possuir dispositivos que impeçam sua movimentação, quando sua inclinação for superior a 15° (quinze graus); e
- Dispositivo mecânico de emergência, que acionará automaticamente em caso de pane elétrica.

#### 4.2.6 Ancoragem

As ancoragens são dispositivos destinados à ancoragem de equipamentos de sustentação de andaimes e de cabos de segurança para o uso de proteção individual a serem utilizados nos serviços de limpeza, manutenção e restauração de fachadas.

Os pontos de ancoragem devem:

- Estarem dispostos de modo a atender todo o perímetro da edificação;
- Suportar carga pontual de 1.500 kgf (mil e quinhentos quilogramas-força);
- Constar do projeto estrutural da edificação;
- Serem constituídos de material resistente às intempéries, como aço inoxidável ou material de características equivalentes;
- As ancoragens de equipamentos e dos cabos de segurança devem ser independentes.

Além das especificações citadas, a ancoragem deve apresentar em sua estrutura, caracteres indeléveis e bem visíveis:

- Razão social do fabricante e o seu Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ);
- Indicação da carga de 1.500 kgf;
- Material da qual é constituído;
- Número de fabricação/série.



## 5 RESULTADOS COMPARATIVOS

### 5.1 Divergências entre a ABNT-NBR/6494:1990 e a MTE-NR-18

As normas visam proporcionar diretrizes e amparo legal aos projetos, no entanto, como podem ser observados na Tabela 03, alguns pontos são divergentes entre as normas citadas, podendo gerar superdimensionamento ou falhas no desenvolvimento dos projetos de andaimes suspensos.

Tabela 03 – Divergências entre a ABNT-NBR/6494:1990 e o MTE-NR-18

	ABNT-NBR/6494:1990	MTE-NR-18
<b>Classificação dos andaimes</b>	-Andaimes Suspensos Mecânicos-pesados -Andaimes Suspensos Mecânicos-leves	-Andaimes Suspensos -Andaimes Suspensos Motorizados
<b>Carga de Trabalho</b>	-Andaimes Suspensos Mecânicos-pesados 4 kPa (400 kgf/m <sup>2</sup> ) no máximo  -Andaimes Suspensos Mecânicos-leves 3 kN (300 kgf), total máxima de trabalho	Os sistemas de fixação e sustentação e as estruturas de apoio dos andaimes suspensos devem ser precedidos de projeto elaborado e acompanhado por profissional legalmente habilitado.
<b>Elementos de sustentação</b>	Andaimes Pesados: As vigas de sustentação devem ser de aço em viga I, de altura mínima de 0,15m, e comprimento mínimo de 4,00 m;  O momento resistente deve ser no mínimo igual a três vezes o momento solicitante.  Andaimes Leves: Devem ser suportados por vigas em balanço ou ganchos;	A sustentação dos andaimes suspensos deve ser feita por meio de vigas, afastadores ou outras estruturas metálicas de resistência a, no mínimo, três vezes o maior esforço solicitante.  O uso de sustentação de andaimes suspensos em platibanda ou beiral da edificação, essa deve ser precedida de estudos de verificação estrutural sob responsabilidade de profissional legalmente habilitado
<b>Ancoragem</b>	Na fixação, todos os laços devem ser providos de sapatilhas adequadas ao diâmetro do cabo, e presos com grampos ou soquetes chumbadores.  Na utilização com grampos, deve ser considerada redução de 20% na carga admissível do cabo.	Os pontos de ancoragem devem: a) atender todo o perímetro da edificação; b) suportar uma carga pontual de 1.500 Kgf c) constar do projeto estrutural da edificação; d) ser constituídos de material resistente às intempéries, como aço inoxidável ou material de características equivalentes.
<b>Dimensões dos Andaimes</b>	Os andaimes suspensos, mecânicos, pesados devem possuir plataforma contínua de largura mínima igual a 1,50 m.	A largura mínima 0,65 (sessenta e cinco centímetros); A largura máxima útil da plataforma de trabalho deve ser de 0,90 (noventa centímetros); Os estrados podem ter comprimento máximo de 8,00 (oito metros).
<b>Cabos de aço</b>	Os cabos de aço de sustentação devem ser de alma de fibra (AF) e construção 6 x 19, torção regular à direita, galvanizados e resistência à tração dos fios entre 1600 MPa e 1800 Mpa.  O diâmetro mínimo dos cabos de aço para andaimes leves é de 7,95 mm, com carga mínima de ruptura igual a 34,8 kN e 9,5 mm para os andaimes pesados, com carga mínima de ruptura igual a 49,8 kN.	É proibido o uso de cabos de fibras naturais ou artificiais para sustentação dos andaimes suspensos. Deve ter carga de ruptura equivalente a, no mínimo, 5 (cinco) vezes a carga máxima de trabalho Possuir resistência à tração de seus fios de, no mínimo, 160 kgf/mm <sup>2</sup> (cento e sessenta quilogramas-força por milímetro quadrado).

Fonte: Autor

As divergências entre as normas iniciam-se na classificação dos equipamentos, onde a Norma Brasileira Regulamentada classifica os andaimes em pesados ou leves, não abordando os andaimes motorizados, citado na Norma Regulamentadora.

Quanto à carga de trabalho as diretrizes se complementam, uma vez que ao estabelecer carregamentos máximos para andaimes pesados e leves, a NBR não estabelece a necessidade de elaboração de projeto e acompanhamento por profissional legalmente habilitado.

Em relação as ancoragens a NR especifica exigências características dos elementos de fixação, sendo que a NBR limita-se a abordar a fixação dos cabos, por meio de grampos ou soquetes chumbadores.

Outras divergências influenciam diretamente no peso da estrutura dos andaimes, são suas dimensões, na NBR as especificações são apenas a largura mínima de 1,50m (um metro e cinquenta centímetros) para andaimes suspensos pesados, e a NR delimita a largura entre 65cm (sessenta e cinco centímetros) à 90cm (noventa centímetros) para plataformas quando utilizado um guincho em cada armação, estabelecendo o comprimento máximo de 8,00m (oito metros).

Ambas as normas estabelecem que a carga de ruptura dos cabos devem ser no mínimo cinco vezes a carga máxima de trabalho, embora a NBR especifique algumas particularidades entre os cabos para andaimes suspensos leves e pesados, ocorrendo entre elas inclusive uma divergência que compromete a segurança de toda a estrutura, onde para a Norma Brasileira os cabos de aço de sustentação devem ser de alma de fibra, e para a norma do Ministério do Trabalho é proibido o uso de cabos de fibras naturais ou artificiais para sustentação dos andaimes suspensos.

O motivo por tantas divergências se dá devido a data de edição de ambas, a NR-18 do Ministério de Trabalho e Emprego, teve sua origem em 1978, onde através da Portaria n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, são aprovadas 28 Normas Regulamentadoras dentre elas a NR-18, no entanto varias alterações foram feitas, sendo a ultima em maio de 2013, já a NBR-6494 da Associação Brasileira de Normas Técnicas é de 1990, não sendo substituída ou alterada desde então.

Sendo constante a atualização da NR-18 do MTE, suas diretrizes são mais abrangentes e específicas, além de acompanhar as novas tecnologias e equipamentos desenvolvidos para a atividade.

## 6 METODOLOGIA

### 6.1 Especificações técnicas dos fabricantes

São diversos os fabricantes de andaimes suspensos no mercado nacional, embora todos devam seguir as diretrizes da ABNT-NBR/6494:1990, e também da MTE-NR-18.

De acordo com as referidas normas os fabricantes são obrigados a fornecer as especificações técnicas de seus equipamentos, porém, infelizmente isso acaba não acontecendo, tornando algumas informações inacessíveis por motivos não determinados, sendo assim, neste trabalho serão abordados diversos fabricantes, os quais foram selecionados por seguirem as normas e também por fornecer informações técnicas necessárias para análise e o desenvolvimento deste estudo.

#### 6.1.1 Andaimes Suspensos Pesados

A plataforma do andaime suspenso pesado, apresentada na figura 8, é formada por no mínimo quatro guinchos; (02 externos e 02 internos), montados aos pares, distando entre si no máximo 2,00 metros.

A AMBA ANDAIMES MECÂNICOS DA BAHIA LTDA utiliza seus andaimes suspensos pesados com comprimento de plataforma a partir de 2 metros, extensão que pode ser ampliada tanto quanto necessário, bastando para tal acrescentar novos pares de guinchos.

Plataformas de trabalho de até 1,50 metros de largura, com cabos nos comprimentos de 30, 45, 60 e 90 metros.

A fixação do andaime é feita através de vigas “I” – perfis de aço de 4” de altura por 4,00 m de comprimento que correm ao longo da laje superior, em sentido perpendicular à empena da edificação. Montadas com um balanço de 1,50 m e distando no máximo 2,50 m uma da outra. As vigas “I” recebem duas braçadeiras para fixação dos cabos de sustentação do andaime cada cabo liga-se a um guincho respectivamente.

Figura 8 – Andaime Suspenso Pesado



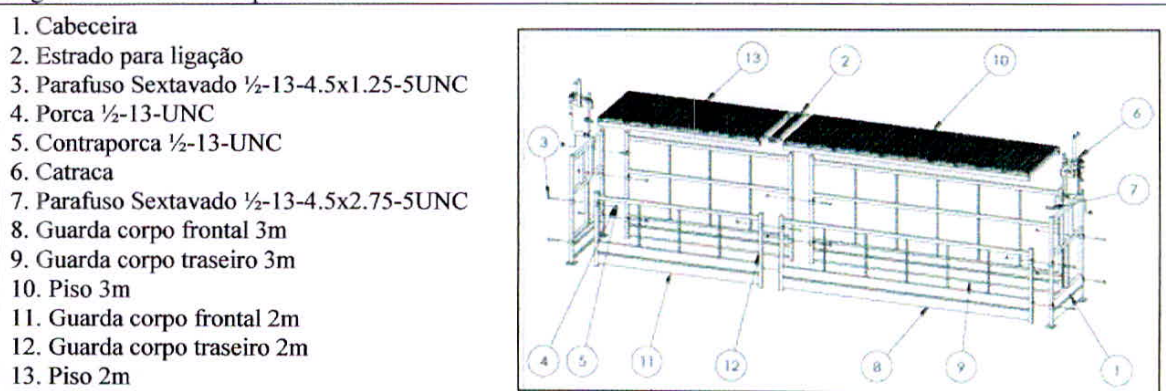
Fonte: AMBA Andaimos Mecânicos da Bahia LTDA, (2014).

### 6.1.2 AndAIMES Suspensos Leves

Foi adotado o andaime suspenso leve da empresa, ANDAIMES SUSPENSOS LEVES BKL LTDA, pois são modulares podendo ser de 2,00 m até 6,00 m, e também pelo fato de conter em manual as especificações técnicas necessárias para o estudo de caso proposto, além de atender aos requisitos das normas vigentes.

Na figura 9, estão relacionados os principais componentes do ANDAIME SUSPENSO LEVE BKL, são:

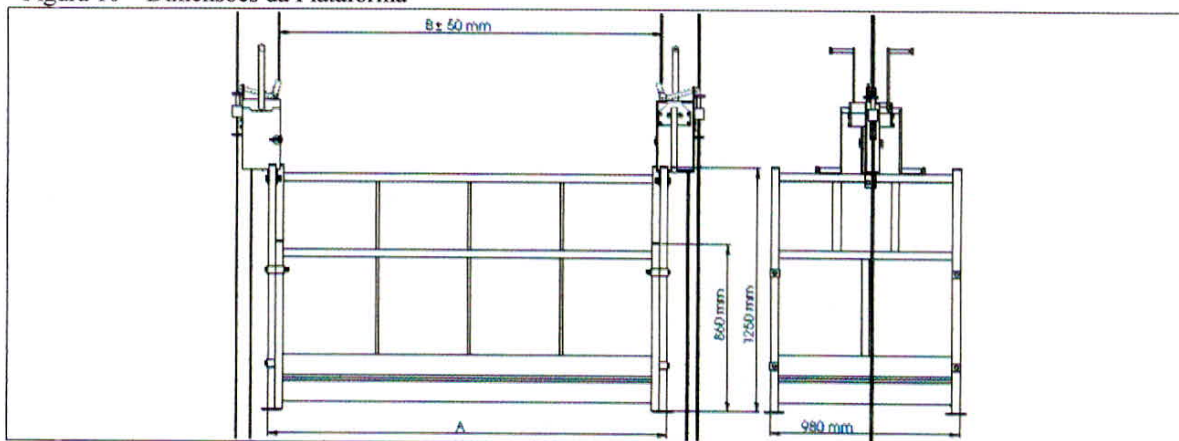
Figura 9 – Andaime suspenso leve BKL



Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso Leve BKL (set. 2012).

As dimensões da Plataforma suspensa estão demonstradas na (tabela 04) e (figura 10).

Figura 10 – Dimensões da Plataforma



Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso Leve BKL (set. 2012).

Tabela 04 – Dimensões do andaime suspenso BKL

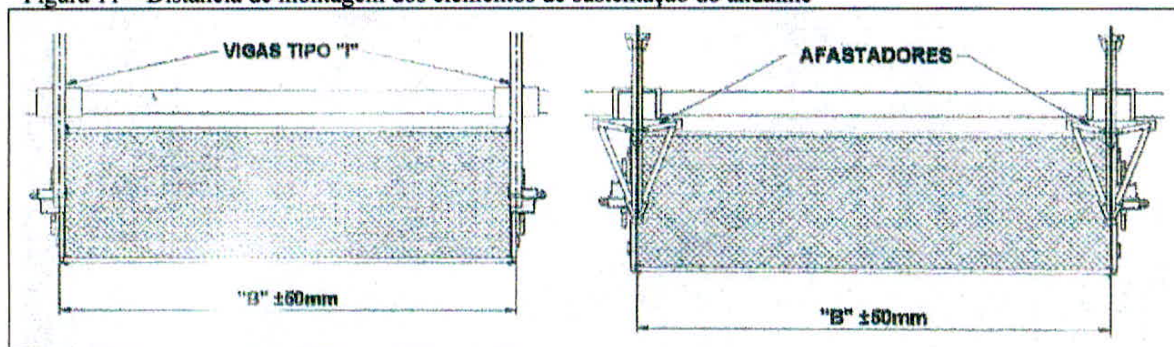
Montagem	Módulo	A (mm)	*B (mm)	Montagem	Módulo	A (mm)	*B (mm)
1 metro	1	1160	1080	4 metros	1 + 3	4140	4060
2 metros	1 + 1	2240	2160	4 metros	2 + 2	4040	3960
2 metros	2	2060	1980	5 metros	2 + 3	5040	4960
3 metros	1 + 2	3140	3060	6 metros	3 + 3	6040	5960
3 metros	3	3060	2980	-	-	-	-

Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso LEVE BKL (Set. 2012).

\* B é a distância entre os centros que devem ser montados os espaçadores ou vigas de sustentação.

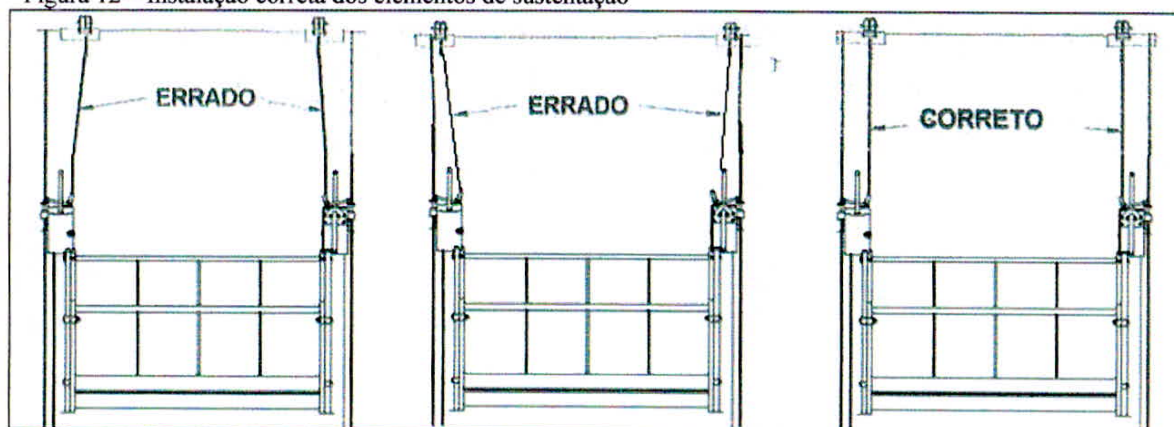
A distância de montagem dos elementos de sustentação e a instalação correta dos mesmos, podem ser observadas respectivamente nas (Figura 11) e (Figura 12).

Figura 11 – Distância de montagem dos elementos de sustentação do andaime



Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso Leve BKL (set. 2012).

Figura 12 – Instalação correta dos elementos de sustentação



Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso Leve BKL (Set. 2012)

O peso dos módulos e uniões é apresentado na tabela 05, podem ser módulos de comprimentos de 1, 2 e 3 metros ou com dois módulos unidos, obtendo um comprimento de até 6 metros. A tabela não inclui o peso das catracas manuais, cerca de 20 Kg cada, e dos cabos de bitola de 8,00 mm, que pesam 0,244 Kg por metro linear.

Tabela 05 – Peso do Andaime Suspenso BKL

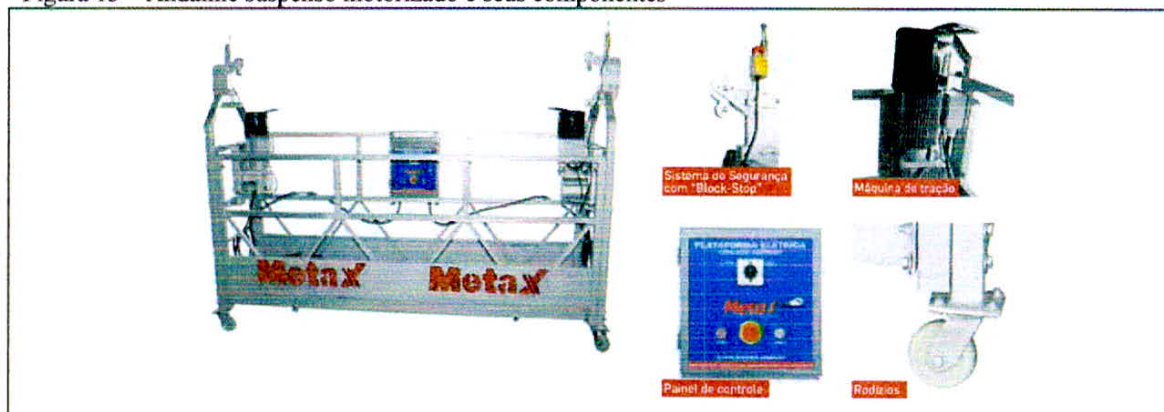
Montagem	Módulo	Peso (kg)	Montagem	Módulo	Peso (kg)
1 metro	1	85	4 metros	1 + 3	200
2 metros	1 + 1	135	4 metros	2 + 2	195
2 metros	2	115	5 metros	2 + 3	225
3 metros	1 + 2	165	6 metros	3 + 3	265
3 metros	3	150	-	-	-

Fonte: Manual Técnico de Montagem, Andaime Suspenso Leve BKL (Set. 2012).

### 6.1.3 Andaimes Motorizados

Os andaimes suspensos motorizados da empresa ANDAIMES METAX EQUIPAMENTOS LTDA, são plataformas elétricas equipadas com motoredutores normalmente de 1,5 CV, trifásico, de 220 V ou 380 V, e possui um deslocamento vertical com velocidade de 9m/min e com acionamento manual em caso de falta de energia, (Figura 13).

Figura 13 – Andaime suspenso motorizado e seus componentes



Fonte: Catálogo METAX, Plataforma Elétrica (2014).

Os principais componentes da PLATAFORMA ELETRICA METAX, são:

- Motoredutor de 1,5 CV, trifásico, 220V ou 380V;
- Acionamento manual para descida da plataforma em caso de falta de energia;
- Fim de curso para limitações de deslocamento vertical;
- Deslocamento vertical à velocidade de 9 m/min;
- Rodízios para deslocamento no solo e na fachada;
- Sinalização sonora em deslocamento;
- Sistema de segurança com “blockstop” em caso de rupturas do cabo de aço ou inclinações excessivas da plataforma;
- Utiliza cabos de aço galvanizado 5/16” nas máquinas de tração e no sistema de segurança (“blockstop”);
- Largura útil de 0,70 metros;
- Altura do guarda-corpo frontal de 0,60 metros;
- Altura do guarda-corpo posterior de 1,20 metros.

Na tabela 06, são apresentadas as características da Plataforma Elétrica METAX:

Tabela 06 – Descrição da Plataforma, Peso, Capacidade de Carga e Montagem.

Plataforma	Peso da Plataforma	Capacidade / Carga útil	Composição de montagem
2,00 m	225 kg	575 kg	2,00m
2,50 m	370 kg	630 kg	2,50m
3,00 m	260 kg	540 kg	3,00m
4,00 m	295 kg	505 kg	2,00m + 2,00m
5,00 m	505 kg	495 kg	2,50m + 2,50m
6,00 m	360 kg	440 kg	3,00m + 3,00m
7,00 m	400 kg	400 kg	2,00m + 3,00m + 2,00m
7,50 m	640 kg	360 kg	2,50m + 2,50m + 2,50m
8,00 m	435 kg	365 kg	3,00m + 2,00m + 3,00m

Obs.: Capacidade de carga incluindo os operadores, com fornecimento de energia estável de 220V ou 380V.

Fonte: Catálogo METAX, Plataforma Elétrica (2014).

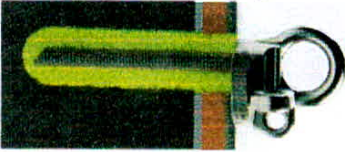
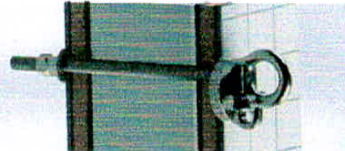

#### 6.1.4 Fabricantes de Ancoragem

Ancoragem é um sistema de fixação corda (cabos de segurança) ou cabos de aço nos elementos estruturais das edificações que visa proporcionar a estabilidade dos equipamentos e segurança dos trabalhadores em atividades em altura.

Os pontos de ancoragem devem estar dispostos de modo a atender todo o perímetro da edificação e suportar uma carga pontual de 1.500 kgf, sendo que esses pontos devem constar no projeto estrutural e ser constituídos de material resistente às intempéries, como aço inoxidável ou material de características equivalentes.

São diversas as empresas que produzem e comercializam as ancoragens em conformidade com as especificações da MTE - NR-18, o quadro 1, demonstram os principais tipos de ancoragem estruturais comercializadas, a empresa LIFT ANCORAGEM E ALPINISMO INDUSTRIAL LTDA ancoragens é uma delas.

Quadro 1 - Tipos de ancoragens

<p>Ancoragem de fixação química</p> 	<p>Carga de Arrancamento Estático = 53,94 KN ou 5.500 Kgf Para 13,8 a 27,6 Mpa. Cura Total = 24 Horas Travamento Químico = 70 N.m ou 7,14 Kgf.m</p>
<p>Ancoragem de Transfixação</p> 	<p>Carga de Arrancamento Estático = 66,7 KN ou 6.800 Kgf Travamento Químico = 70 N.m ou 7,14 Kgf.m</p>
<p>Ancoragem de dupla transfixação</p> 	<p>Carga de Arrancamento Estático = 66,7 KN ou 6.800 Kgf Travamento Químico = 70 N.m ou 7,14 Kgf.m</p>

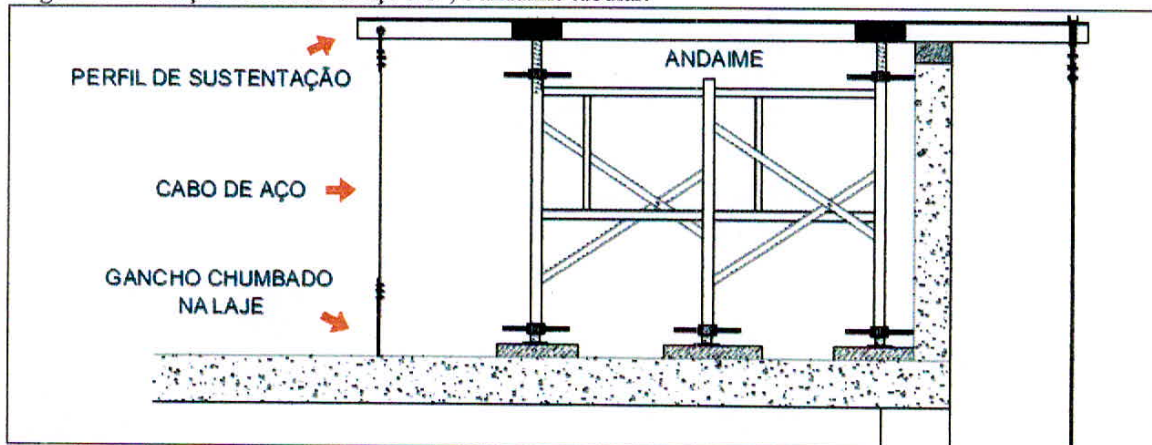
Fonte: Empresa de LIFT Ancoragem e Alpinismo Industrial (2014).

### 6.1.5 Sistemas de Fixação

Tendo em vista as diversas particularidades e características das edificações, são várias as possibilidades de fixação dos elementos de sustentação dos andaimes suspensos aos pontos de ancoragem. Assim sendo são apresentadas algumas das principais opções de fixação.

**OPÇÃO 1:** Fixação de elemento de sustentação tipo, viga I, em laje de cobertura, com a utilização de cabo de aço 3/8", e andaime tubular (Figura 14).

Figura 14 – Fixação com cabo de aço 3/8", e andaime tubular.



Fonte: Manual Técnico de Montagem 3ª Edição, Vol. 1, Andaimes Jirau.

Na tabela 07, são apresentados os balanços máximos das vigas I, de acordo com o tipo perfil, dimensão e andaime.

Tabela 07 – Balanço máximo da viga I, Andaimes Jirau.

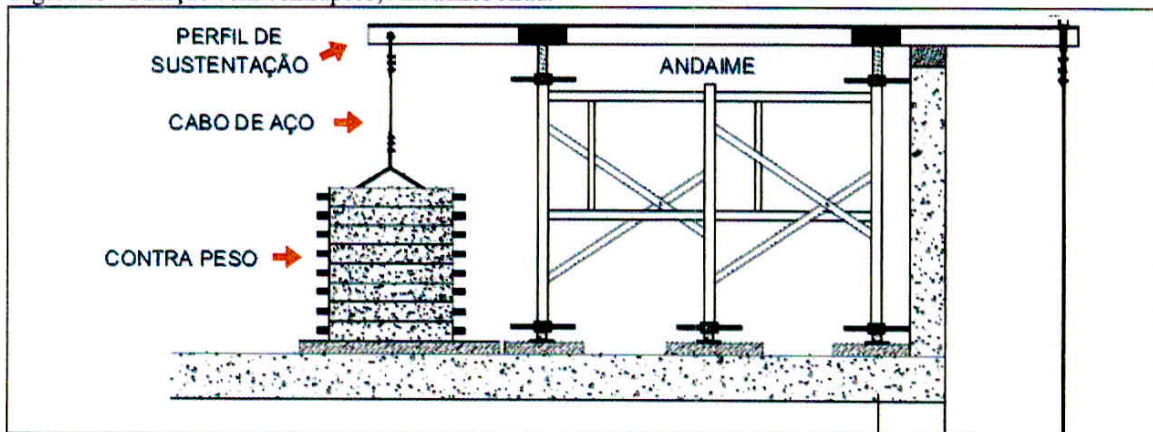
<b>BALANÇO MÁXIMO DA VIGA I PARA ANDAIME MANUAL</b>		
<b>DIMENSÃO - VIGA I</b>	<b>COMPRIMENTO DO PERFIL</b>	<b>BALANÇO MÁXIMO</b>
PERFIL 14" X 2 5/8"	400 cm	82,02 cm
PERFIL 15" X 3"	500 cm	125,06 cm
PERFIL 16" X 3 3/8"	600 cm	185,08 cm
<b>BALANÇO MÁXIMO DA VIGA I PARA ANDAIME ELÉTRICO</b>		
<b>DIMENSÃO - VIGA I</b>	<b>COMPRIMENTO DO PERFIL</b>	<b>BALANÇO MÁXIMO</b>
PERFIL 14" X 2 5/8"	400 cm	75,80 cm
PERFIL 15" X 3"	500 cm	115,13 cm
PERFIL 16" X 3 3/8"	600 cm	169,96 cm

Fonte: Manual Técnico de Montagem 3ª Edição, Vol. 1, Andaimes Jirau.



**OPÇÃO 2:** Fixação de sustentação com contrapeso, com a utilização de cabo de aço 3/8” e andaime tubular (figura 15).

Figura 15 - Fixação com contrapeso, Andaimos Jirau.



Fonte: Manual Técnico de Montagem 3ª Edição, Vol. 1, Andaimos Jirau.

Na tabela 8, são apresentados os balanços máximos das vigas I, de acordo com o tipo perfil, dimensão e andaime.

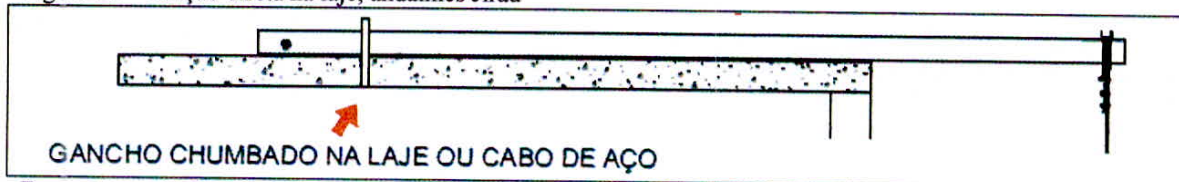
Tabela 08 – Carga mínima a ser utilizada para cada um dos perfis de sustentação

ANDAIME MANUAL	CONTRA PESO	ANDAIME ELÉTRICO	CONTRA PESO
PLATAFORMA 2.0M	300.00KG	PLATAFORMA 2.0M	350.00KG
PLATAFORMA 3.0M	350.00KG	PLATAFORMA 3.0M	350.00KG
PLATAFORMA 4.0M	400.00KG	PLATAFORMA 4.0M	400.00KG
PLATAFORMA 5.0M	400.00KG	PLATAFORMA 5.0M	450.00KG
PLATAFORMA 6.0M	400.00KG	PLATAFORMA 6.0M	450.00KG

Fonte: Manual Técnico de Montagem 3ª Edição, Vol. 1, Andaimos Jirau.

**OPÇÃO 3:** Fixação do perfil com sustentação direta na laje com a utilização de ganchos ou cabos de aço (Figura 16).

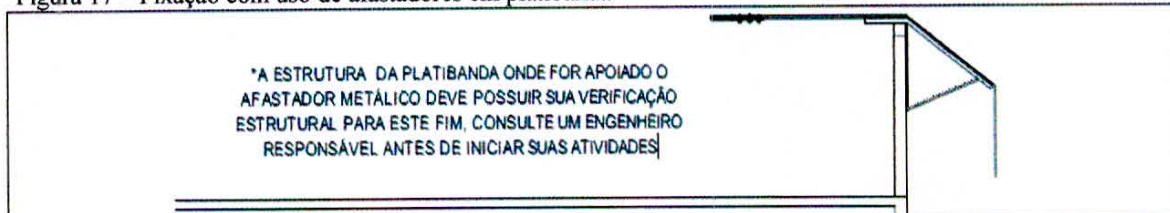
Figura 16 – fixação direta na laje, andaimos Jirau



Fonte: Manual Técnico de Montagem 3ª Edição, Vol. 1, Andaimos Jirau.

**OPÇÃO 4:** Fixação do cabo de sustentação em elemento estrutural de ganchos ou cabos de aço, e com o uso de afastadores (figura 17):

Figura 17 – Fixação com uso de afastadores em platibanda

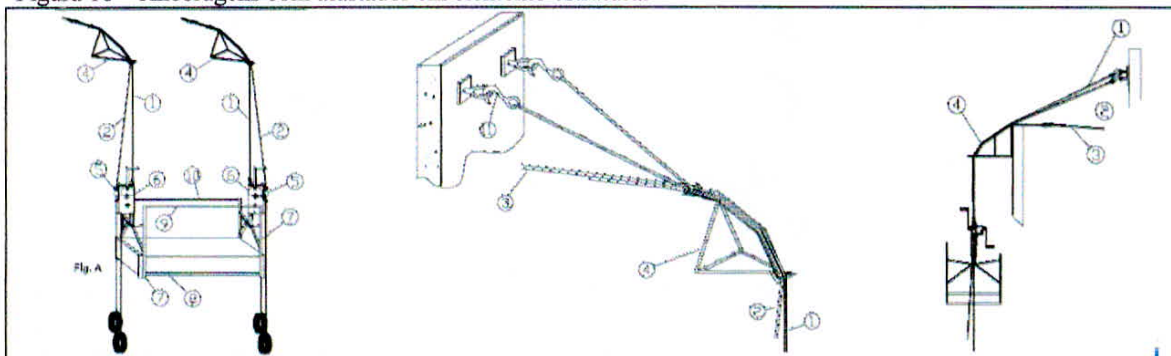


Fonte: Manual Técnico de Montagem 3ª Edição, Vol. 1, Andaimos Jirau.

Na figura 18, podemos ver o detalhamento das ancoragens com o uso de afastadores para andaimes suspensos leves com cabo passante, conforme a empresa SUPER ANDAIMES LTDA.

- |                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1 – Cabo principal (ou tração);    | 7 – Cabine                |
| 2 – Cabo de Segurança;             | 8 – Plataforma            |
| 3 – Cabo de ancoragem do afastador | 9 – Guarda Corpo          |
| 4 – Afastador                      | 10 – Guarda corpo interno |
| 5 – Trava de segurança             | 11 – Gancho forjado       |
| 6 – Guincho                        |                           |

Figura 18 – Ancoragens com afastador em elemento estrutural



Fonte: Manual Técnico de Ancoragem, Super Andaimos LTDA.

## 7 ESTUDO DE CASO

O empreendimento foi utilizado como estudo de caso para elaboração de projeto de dimensionamento de ancoragens para uso de andaimes suspensos, os principais dados da edificação estão no quadro 2.

Quadro 2 – Dados da Edificação

Dados do da edificação		
Endereço: Rua Doutor Armando, 180.		
Bairro: Vila Pinto	Município: Varginha	UF: MG
Características do imóvel		
Tipo de uso: Residencial	Categoria: R3	
Numero de pavimentos: 14	Numero de apartamentos: 22	
Pavimentos garagem: 02 (1º e 2º pavimentos)		
Área por pavimento: 346,30 m <sup>2</sup>	Área total: 4.848.20 m <sup>2</sup>	
Altura: 46,09 m	Pé direito: 2,90m	
Perímetro: 92,70m		

Fonte: Autor.

O imóvel pode se visualizado nas imagens, Figura 22 (Fachada Principal) e Figura 23 (Fachada Lateral).

Figura 19 – Fachada Principal



Fonte: Autor

Figura 20 - Fachada lateral

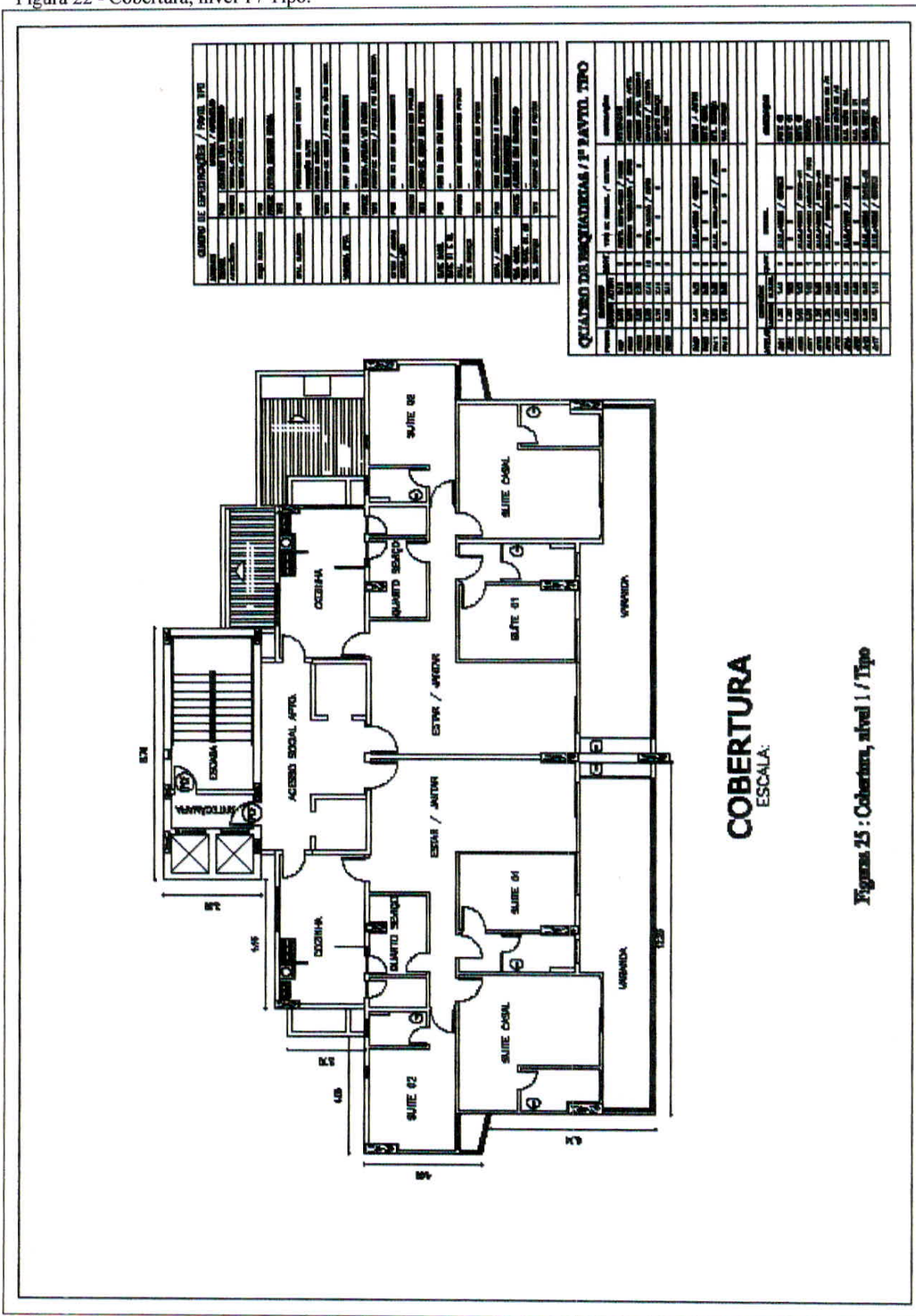


Fonte: Autor

Essas e outras características podem ser observadas no projeto arquitetônico apresentado nas figuras 21 (Cobertura, nível 2 / terraço), figura 22 (Cobertura, nível 1 / tipo), figura 23 (Fachada Oeste/Principal), figura 24 (Fachada Sul), figura 25 (Fachada Leste), figura 26 (Fachada Norte).

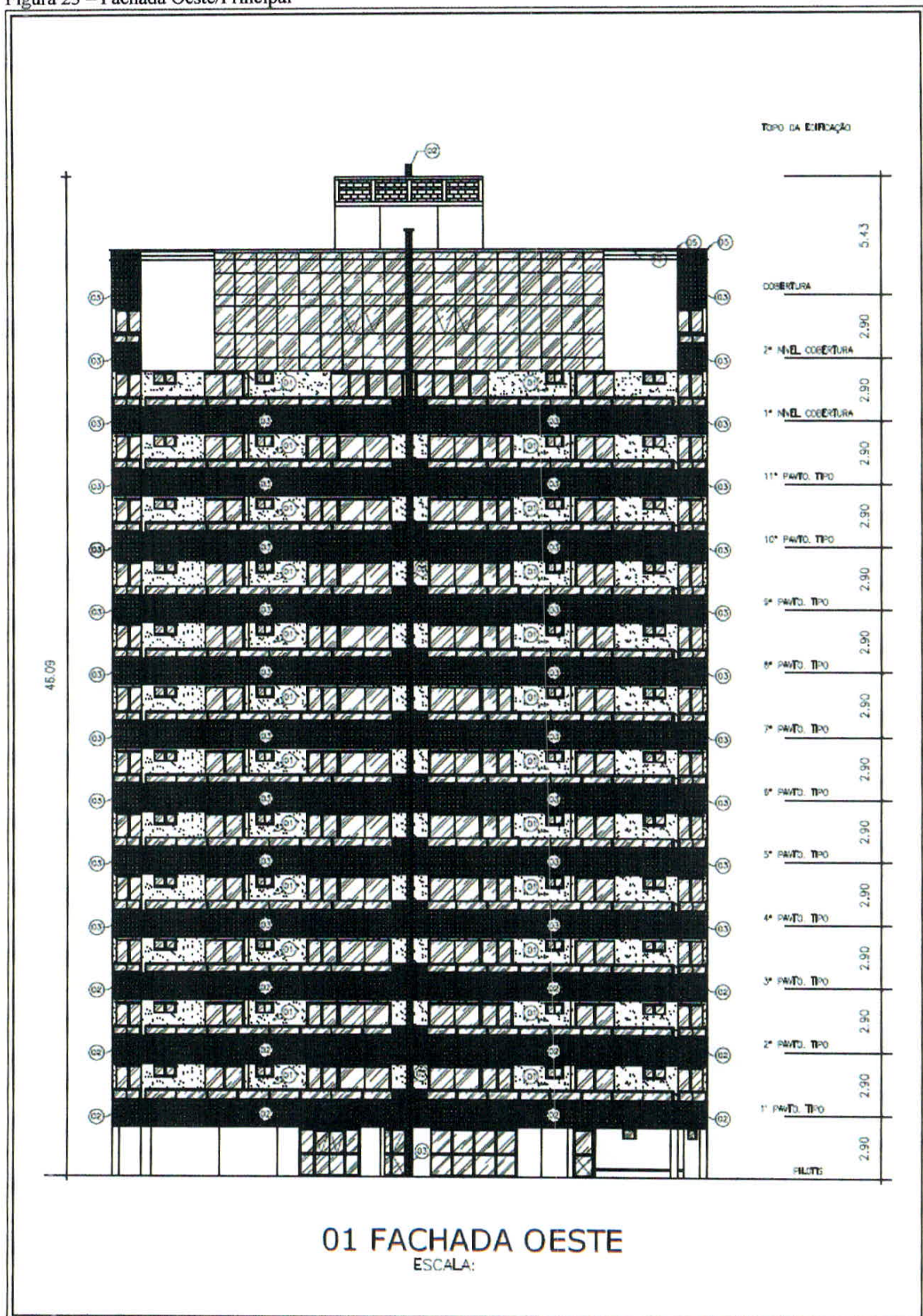


Figura 22 - Cobertura, nível 1 / Tipo.



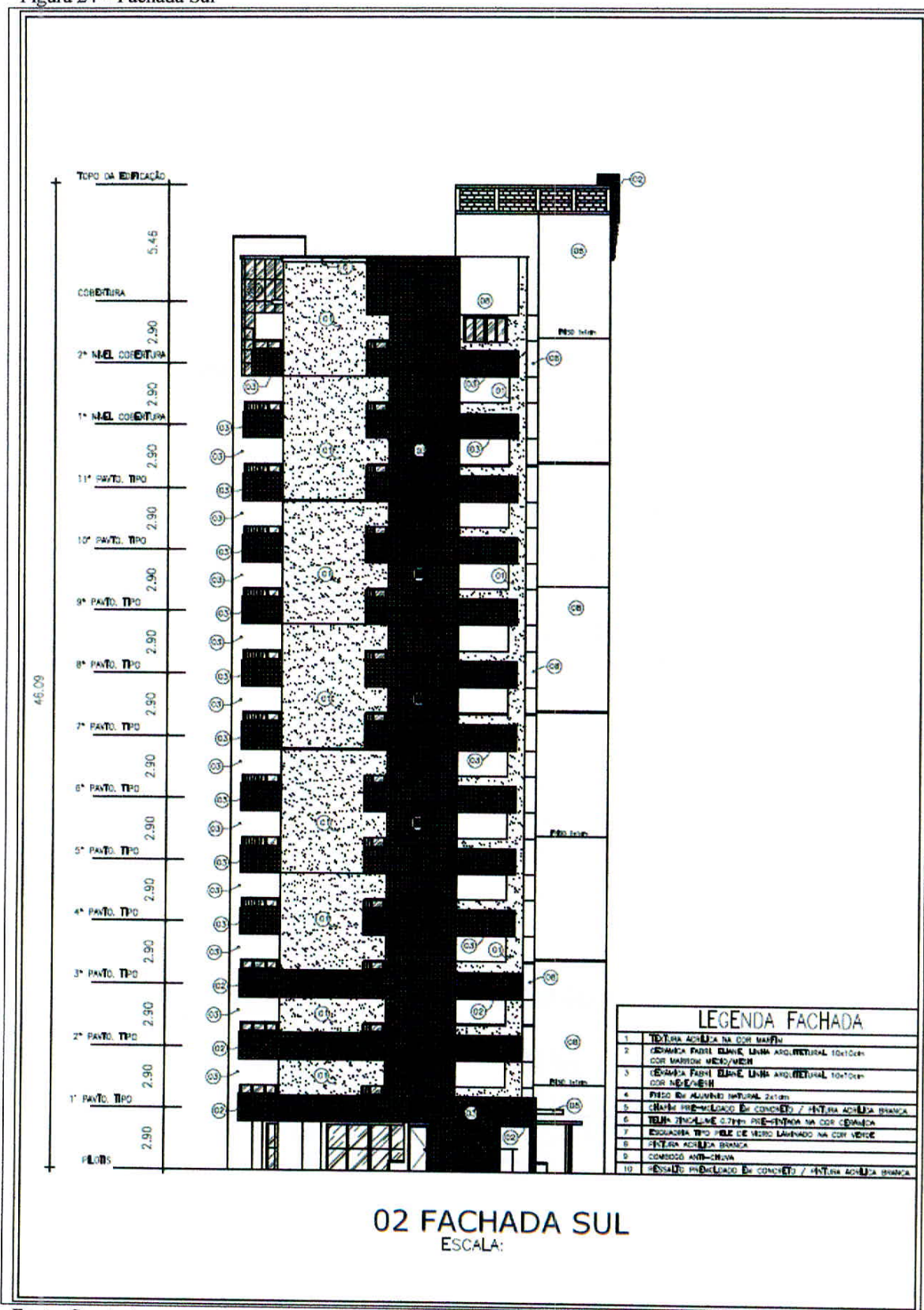
Fonte: Construtora

Figura 23 – Fachada Oeste/Principal



Fonte: Construtora.

Figura 24 – Fachada Sul

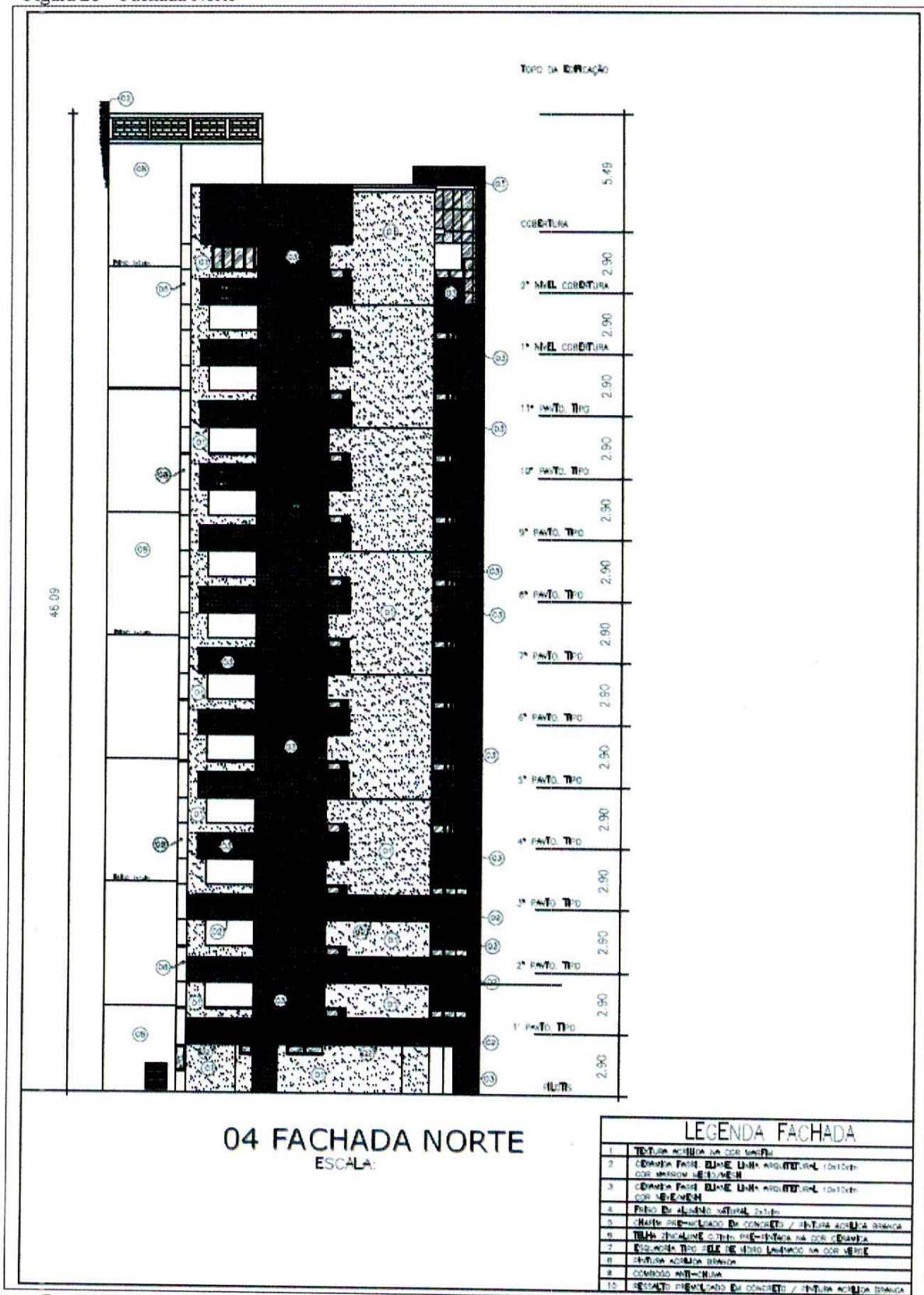


Fonte: Construtora.





Figura 26 – Fachada Norte



Fonte: Construtora.

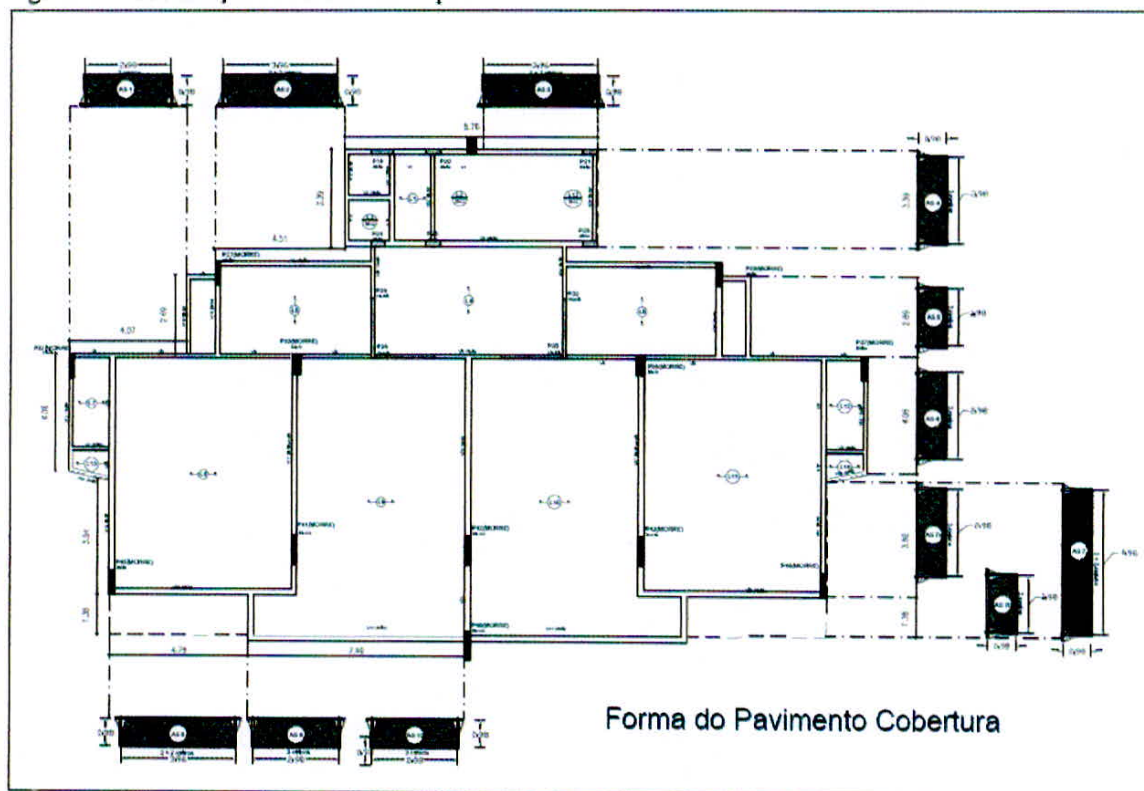
## 8 DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento de um projeto de dimensionamento de ancoragens em uma edificação, se faz necessária a análise da planta de cobertura, para averiguar a localização e as dimensões dos andaimes suspensos a serem adotados.

### 8.1 Andaimes suspensos leves

Ao analisar a planta de cobertura do estudo de caso em questão, foi identificada a necessidade de instalação de andaimes com diferentes comprimentos, como pode ser observado na figura 27.

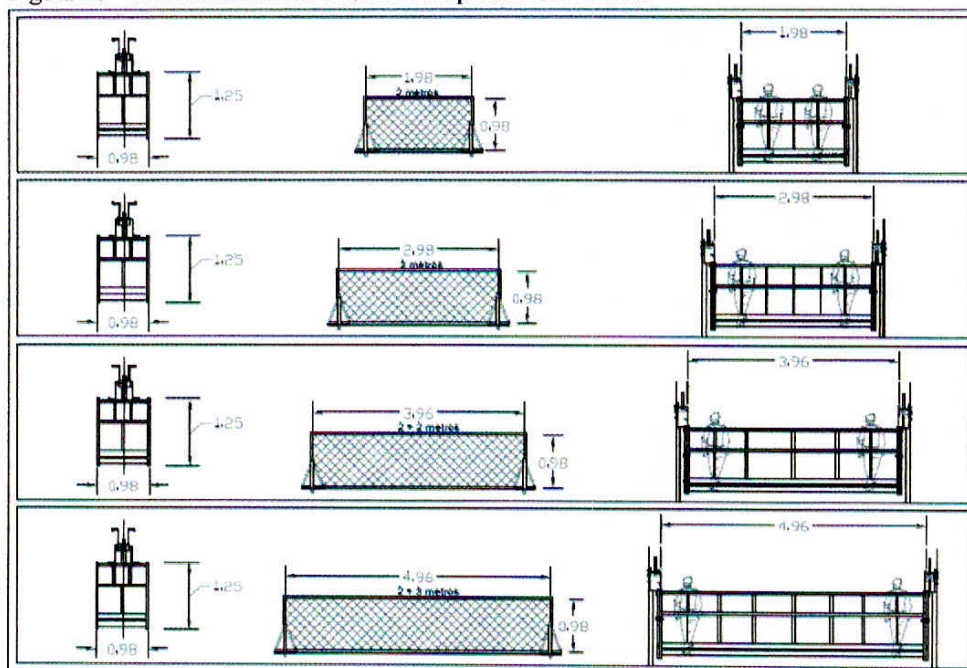
Figura 27 – Localização dos andaimes suspensos.



Fonte: Autor

Para este estudo foi adotado o andaime suspenso leve da empresa, ANDAIMES SUSPENSOS LEVES BKL LTDA, pois são modulares podendo ser de 2m até 6m, sendo adotados para projeto os andaimes com 1 módulo de 2,00 metros, 1 módulo com 3,00 metros, e também de forma combinada com 2 módulos de 2 metros (2,00m + 2,00m), formando uma montagem de 4,00 metros, e o outro com (2,00m + 3,00m), montagem de 5,00 metros. O detalhamento dos andaimes utilizados no projeto está na figura 28.

Figura 28 – Detalhamento dos andaimes suspensos leves BKL.



Fonte: autor

O peso dos módulos e uniões dos andaimes é apresentado na tabela 09, que inclui o peso das catracas manuais, sendo conforme fabricante, duas unidades com cerca de 20 kg cada, e quatro cabos de aço com de 55,00 metros de comprimento, com diâmetro de 08 mm, de Alma de Fibra (AF), e construção de 6x19, conforme especificação do fabricante e exigência da ABNT-NBR/6494:1990, que pesam 0,25 kg por metro linear.

Tabela 09 – Peso dos Andaimes Suspensos Leves BKL

PESO DOS ADAIMES SUSPENSOS							
Montagem (m)	Modulo	Peso (kg)	Par de Catracas (kg)	Cabo de aço 8 mm (25 kg/m)	Comprimento (m)	Peso do cabo (kg)	pesos total (kg)
2 metros	2	115	40	0,25	60	60	210
3 metros	3	150	40	0,25	60	60	245
4 metros	2 + 2	195	40	0,25	60	60	290
5 metros	2 + 3	225	40	0,25	60	60	320

Fonte: Autor.

No entanto é necessário considerar a carga máxima de trabalho dos andaimes, ou seja a somatória de todo material de construção, ferramentas e pessoas, que conforme manual do fabricante é de 300kg para qualquer modulo ou união de módulos. Sendo assim a tabela 10 demonstra o esforço total dos andaimes.

Tabela 10 – Esforços totais nos andaimes BKL

ESFORÇO TOTAL DO ANDAIME				
MONTAGEM (m)	MODULO	PESOS TOTAL DO ANDAIME (Kg)	CARGA MÁXIMA DE TRABALHO (Pessoas + material)	ESFORÇO TOTAL (Kg)
2 metros	2	210	300	510
3 metros	3	245	300	545
4 metros	2 + 2	290	300	590
5 metros	2 + 3	320	300	620

Fonte: Autor

## 8.2 Ancoragem

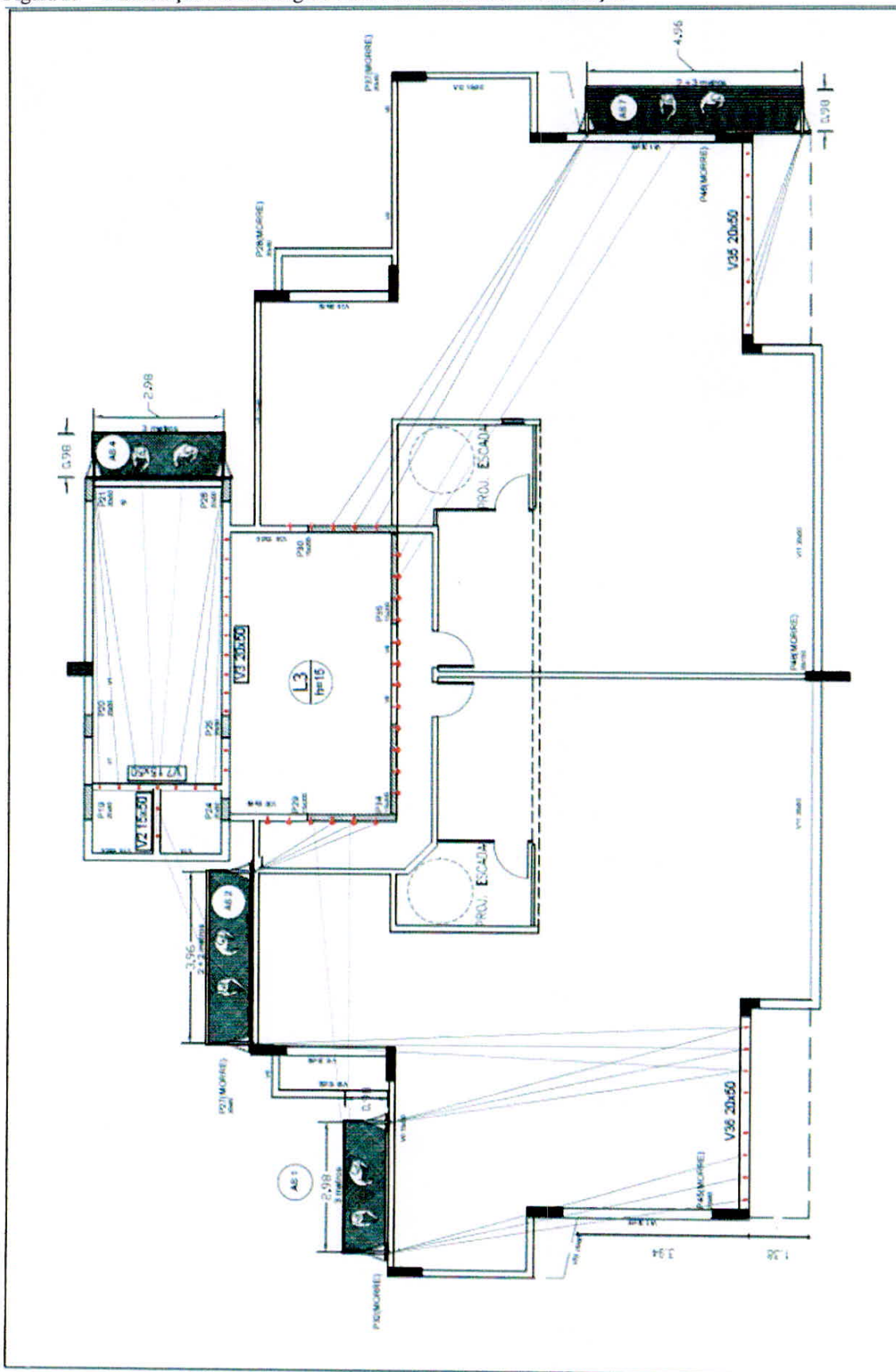
São dispositivos destinados à ancorar os equipamentos de sustentação de andaimes e de cabos de segurança para o uso de proteção individual a serem utilizados nos serviços de limpeza, manutenção e restauração de fachadas.

Após a escolha dos andaimes suspensos e sua localização, é necessário identificar na estrutura os melhores pontos de ancoragem, levando em consideração a determinação do Ministério do Trabalho e Emprego, que exige que as ancoragens estejam dispostas de modo a atender a todo o perímetro da edificação, que o cabo-guia fixado do trabalhador esteja ligado em estrutura independente da estrutura de fixação e sustentação do andaime suspenso, e também que suportem uma carga pontual de 1.500 kgf (um mil e quinhentos quilogramas-força).

Sendo assim, foram identificado como principais elementos estruturais de fixação as vigas 2, 3, 7 e a laje 3 do pavimento da caixa d'água, além da viga 35 e 36 do pavimento cobertura, como pode ser identificado nas figuras 29 e 30.

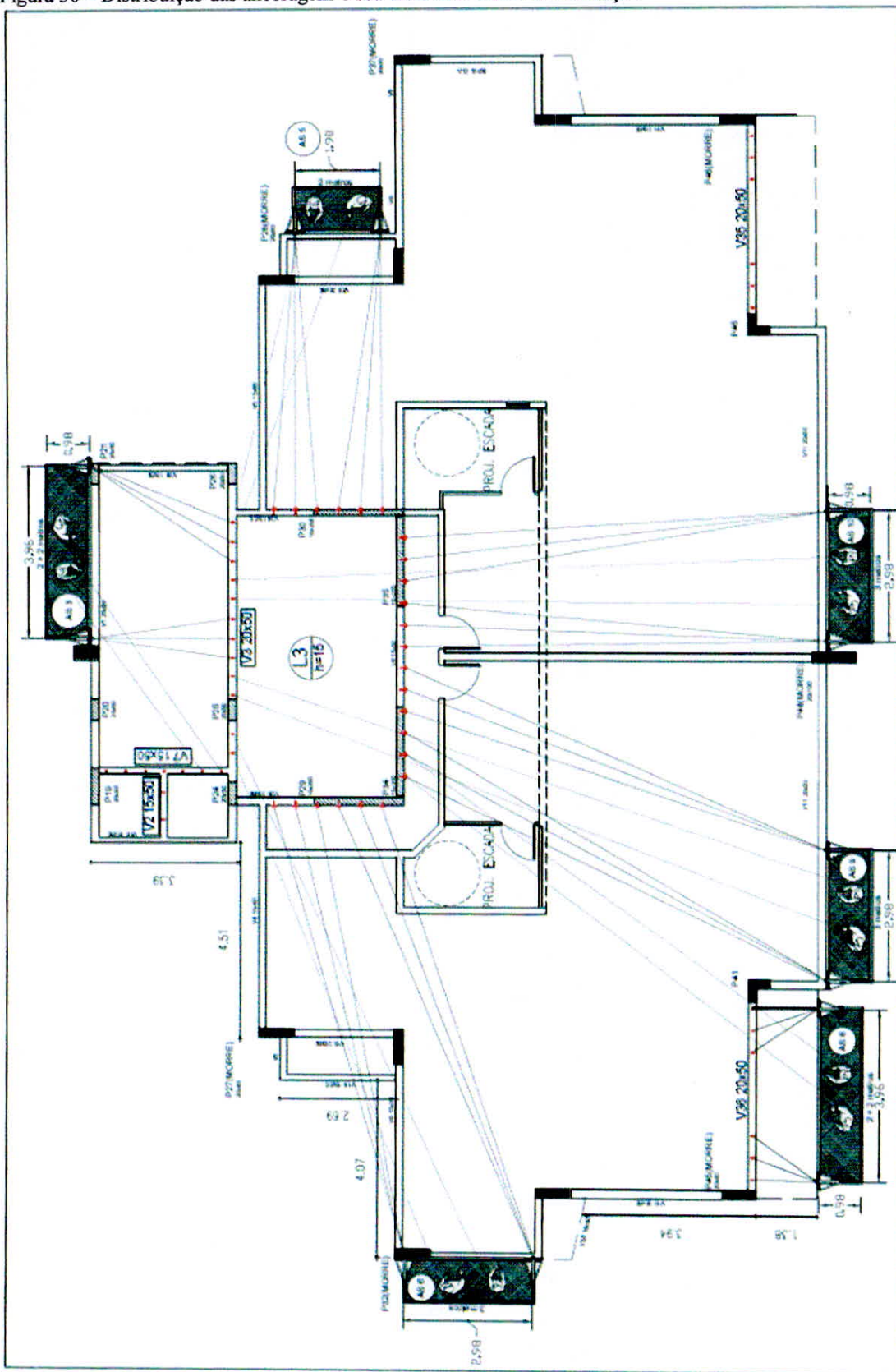
No entanto essa é uma análise inicial do projeto, sendo necessário após a escolha dos elementos estruturais de fixação, identificar conforme especificação do fabricante qual o melhor método de ancoragem e também analisar a solicitação dos esforços gerados pelos andaimes suspensos na estrutura.

Figura 29 – Distribuição das ancoragens e seu elemento estrutural de fixação.



Fonte: Autor

Figura 30 – Distribuição das ancoragens e seu elemento estrutural de fixação



Fonte: Autor

### 8.2.1 Chumbadores

São elementos para fixação de componentes em diversos tipos de materiais base.

Podemos dividi-los da seguinte maneira:

Chumbadores de pré-concretagem: Elementos de ancoragem posicionados antes da concretagem e somente submetidos a esforço, após a cura do concreto.

Chumbadores de pós-concretagem: Elementos de ancoragem aplicados em concreto curado ou eventualmente em alvenaria, e podem ser divididos em 2 grupos:

- a) Mecânicos: Chumbadores que atuam por ação mecânica.
- b) Químicos: Chumbadores cuja resistência a esforços decorre da ação de aderência e endurecimento de resinas.

Sendo assim, para o desenvolvimento do projeto serão adotados chumbadores de pós-concretagem químicos, pois sua fixação se dá por meio de aderência de hastes roscadas ou vergalhões no furo do material base, através da utilização de compostos químicos. Este tipo de ligação é indicado para substratos maciços densos, como os elementos estruturais pré-escolhidos no projeto.

### 8.2.2 Hastes roscadas

As hastes roscadas, podem ser com ou sem chanfro, são produzidas pela empresa Ancora Sistemas de Fixação, em diferentes materiais, como: aços ABNT 1010/20, ASTM A193 B7 e inox 304/316.

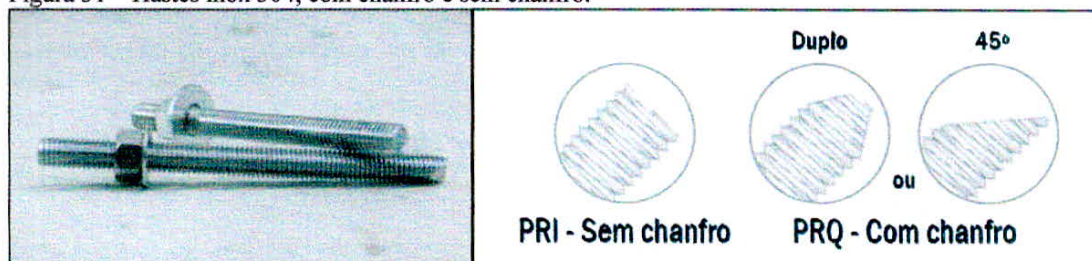
Tabela 11 – Resistência das hastes conforme diâmetro, comprimento e material da haste.

Diâmetro da rosca	Comp. da haste	Aço ABNT 1010/20		Aço Inoxidável ABNT 304		
		PRQ	PRI	Resistências (kgf)		
(pol - mm)	(mm)	Com chanfro	Sem chanfro	Escoamento	Tração	Corte
1/2" - 12,5mm	95		x	1905	4502	3152
	135		x			
	160	x				
	250	x				
5/8" - 16mm	115		x	3149	7443	5210
	165		x			
	190	x	x			
	250	x				

Fonte: Catalogo 2014, (Ancoragem e Alpinismo industrial, 2014).

Conforme exigência da NR-18 do MTE, as ancoragens devem ser de aço inox, sendo assim, o material a ser utilizado é a haste 1/2" (12,5mm) ou 5/8" (16mm) de aço inox 304, pois ambos possuem resistência superior a 1500 Kgf. (Figura 31).

Figura 31 – Hastes inox 304, com chanfro e sem chanfro.



Fonte: Catálogo 2014, Ancora Sistema de Fixação.

### 8.2.3 Ancoragens químicas

A ancoragem química é um sistema de fixação composto de resina e haste rosçada, que pode ser aplicada em concreto ou alvenaria. As principais vantagens no sistema é a versatilidade, pois podem ser aplicadas em cargas médias e pesadas, estáticas e dinâmicas.

São diversos os tipos de resinas disponíveis no mercado, como observado no quadro 3.

Quadro 3 – Ancoragens químicas

Âncora Sistemas de Fixação	QEP	AQI	AQA	AQV	QPO
Resina	Epóxi	Metacrilato	Epoxi-acrilato	Epoxi-acrilato	Poliéster
Cargas	Altas	Altas	Altas	Médias/Altas	Leves/Médias
Retração	-	Baixa	-	-	Média
Cura	Lenta	Rápida	Rápida	Rápida	Rápida
Aplicação em concreto	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Utilização	Barras roscadas e vergalhões	Barras roscadas e vergalhões	Barras roscadas Com chanfro	Vergalhões	Barras roscadas

Fonte: Catálogo 2014, Ancora Sistema de Fixação.

Dentre as resinas apresentadas a que apresenta melhores características de resistência a cargas de tração e cisalhamento é a resina epóxi (Tabela 12), embora seu tempo de cura seja lento, aproximadamente 3 horas e 30 minutos em uma temperatura de 20°C, ela não apresenta retração e pode se utilizada em hastes roscadas sem chanfro, permitindo assim menores comprimentos das hastes e menor espaçamento de fixação entre as ancoragens.



Tabela 12 - Dados técnicos da resina epóxi.

Diâmetro		Furo (mm)		Distância (mm)		Cargas Permissíveis (Kgf)	
pol	mm	Diâm.	Prof.	Fixador - Fixador	Fixador - Borda	Tração	Corte
1/2"	12,5	14	96	144	96	1.954	1318
			144	216	144	2.048	
5/8"	16	18	128	192	128	2.950	2.179
			192	288	192	3691	

Fonte: Catálogo 2014, Ancora Sistema de Fixação.

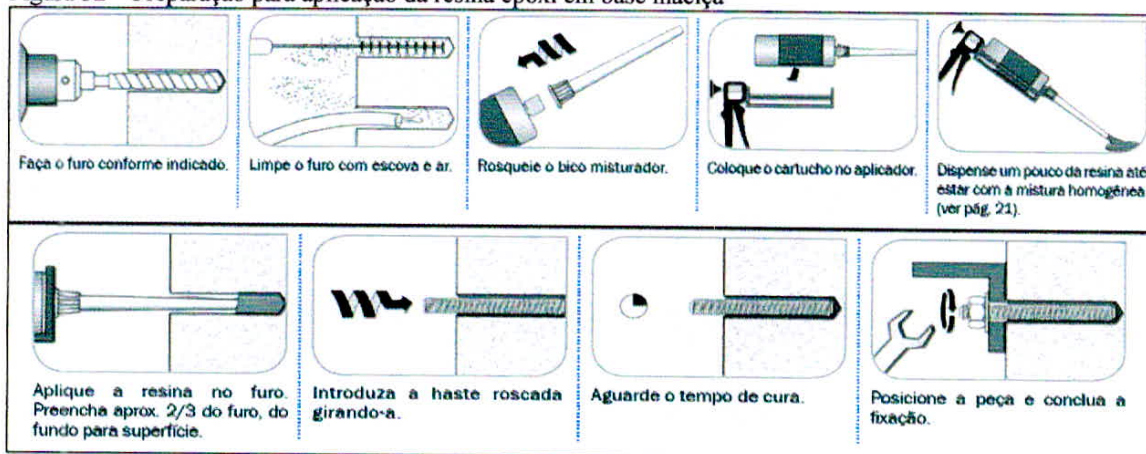
Se comparadas as tabelas 11 e a 12, observam-se que a haste de 1/2" possui resistência ao cisalhamento (corte) de 3152 (kgf), porém ao analisarmos os dados técnicos da resina epóxi para hastes de 1/2", notamos que a resistência ao mesmo cisalhamento diminui, sendo menor que o exigido pelas normas vigentes de 1500 (kgf), tornando inadequada a sua utilização.

Conforme já citado, a ancoragem química é um sistema de fixação composto de resina e haste roscada, a escolha da haste não depende apenas das suas características físicas, mas também da resistência da resina combinada à haste.

#### 8.2.4 Método de aplicação das ancoragens químicas

Uma instalação realizada de forma correta, seguindo as recomendações da Figura 32, é fundamental para um bom desempenho da ancoragem, a furação e sua limpeza tem influência direta sobre o desempenho do fixador, as ancoragens devem ser instaladas perpendicularmente à superfície de concreto, seu alinhamento é importante para o bom aperto do parafuso ou porca e principalmente para garantir que nenhuma força de flexão indesejada seja criada.

Figura 32 – Preparação para aplicação da resina epóxi em base maciça



Fonte: Catálogo 2014, Ancora Sistema de Fixação.

### 8.3 Cabos de aço

Os cabos de sustentação de andaimes devem ser dimensionados conforme a solicitação de trabalho dos andaimes, ou seja, a somatória das cargas de materiais, ferramentas e pessoas sobre o andaime, respeitando as especificações em normas do MTE e ABNT.

No mercado são encontrados diversos fabricantes de cabos de aço, com diâmetros e materiais diversos, os cabos de pode ser alma de fibra (AF), com maior flexibilidade e menor resistência à tração, alma de aço (AA), menos flexíveis e maior resistência à tração.

No projeto utilizam-se andaimes de 2, 3, 4 e 5 metros, possui somatório de esforços de 510 kg, 545 kg, 590 kg e 620 kg respectivamente.

O exigido por norma é que os cabos de aço suportem carga de ruptura igual ao no mínimo cinco vezes a carga máxima de trabalho. Se o maior esforço gerado pelos andaimes é de 620 kg, o cabo de sustentação deve suportar um carregamento de 3.100 kg.

Conforme ABNT-NBR/6494:1990, os cabos de aço de sustentação devem ser de (AF) e construção 6 x 19 (figura 33), torção regular à direita, galvanizados e resistência à tração dos fios entre 1600 MPa e 1800 MPa (PS). O diâmetro mínimo dos cabos de aço para andaimes leves é de 7,95 mm, com carga mínima de ruptura igual a 34,8 kN (3.480 Kgf), porém se utilizado com grampos, deve ser considerada redução de 20% na carga admissível do cabo.

Figura 33 – Construção dos Cabos de Aço.



Fonte: Torame Indústria de cabo de Aço LTDA.

Conforma tabela 13, da empresa Torame Indústria de Cabo de Aço, o cabo de (AF) de 16x19, possui resistência à tração de seus fios de 180 a 200 kg/mm<sup>2</sup> (PSI), e suporta uma carga de ruptura mínima de 3900 kgf, com utilização de grampos, a carga de ruptura mínima é de 3.120 kgf, superando a carga admissível de 3.110 kgf.

Tabela 13 - Carga de ruptura mínima efetiva em relação ao diâmetro do cabo.

Diâmetro		Massa Aproximada em kg/m			Carga de ruptura mínima efetiva em kgf (180kg/mm <sup>2</sup> ) - IPS		
Pol.	mm.	6x7	6x19/6x25	6x37/6x41	6x7	6x19/6x25	6x37/6x41
5/16"	8,00	0.220	0.244	0.244	4.350	3.900	3.860

Fonte: Torame Indústria de cabo de Aço LTDA.

## 8.4 Grampos Crosby (clipe)

Os grampos Crosby (figura 34), tem por finalidade prender a extremidade dos cabos de aço, baseado na sua carga de ruptura e diâmetro, os grampos têm uma taxa de eficiência de 80% para os tamanhos de 3 - 4mm - 22mm e 90% para tamanhos de 24-26mm - 90mm, os grampos G-450, são totalmente galvanizado, e o grampo SS-450 é feito de aço inoxidável 316, ambos para resistir à corrosão e ação oxidante.

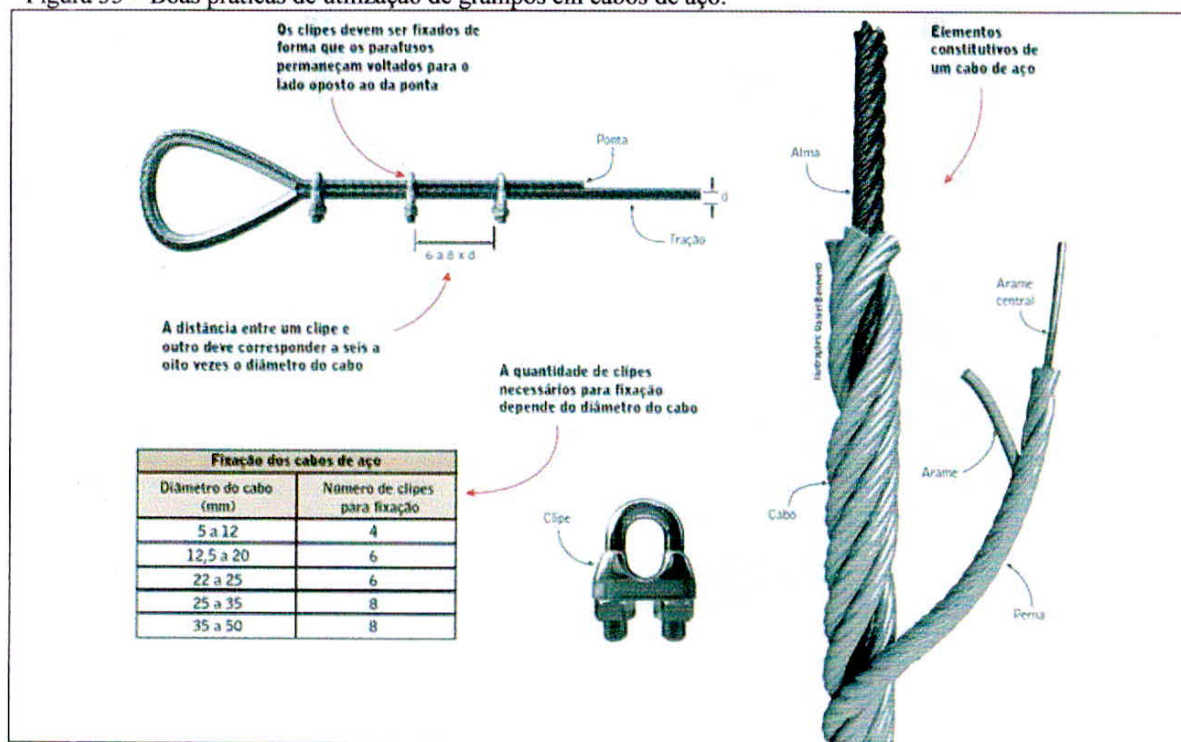
Figura 34 – Grampos G-450 Crosby Galvanizado e Grampo SS-450 de Aço Inoxidável 316.



Fonte: Catálogo Crosby.

A Pini (Nov./2012), recomenda que os espaçamentos dos grampos seja de 6 a 8 vezes o diâmetro do cabo de aço e que para cabos de 5 a 12mm seja instalados 4 grampos de fixação. Como observado na figura 35.

Figura 35 – Boas práticas de utilização de grampos em cabos de aço.





Fonte: Editora Pini, Revista Equipe de obra (Nov./2012).

## 9 ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO

### 9.1 Especificação dos materiais:


O quadro 4 é um relatório técnico dos materiais a serem utilizados no projeto e suas especificações e características, conforme fabricantes.

Quadro 4 – Especificações técnicas de projeto

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS				
<b>DADOS DA OBRA</b>				
Endereço: Rua Doutor Armando, 180.				
Bairro: Vila Pinto		Município: Varginha	UF: MG	
Tipo de uso: Residencial		Categoria: R3		
Número de pavimentos: 14		Número de apartamentos: 22		
Pavimentos garagem: 02 (1º e 2º pavimentos)				
Área por pavimento: 346,30 m <sup>2</sup>		Área total: 4.848,20 m <sup>2</sup>		
Altura: 46,09 m		Pé direito: 2,90m		
<b>CARACTERÍSTICAS DO ANDAIME SUSPENSO LEVE</b>				
Fabricante: Andaimes Suspensos Leves BKL LTDA.				
Montagem (m)	Modulo	Pesos total do andaime (kg)	Carga máxima de trabalho	Esforço total (kg)
2 metros	2	210	300	510
3 metros	3	245	300	545
4 metros	2 + 2	290	300	590
5 metros	2 + 3	320	300	620
A fastadores: São fornecidos pelo fabricante, resistência de 3 vezes o esforço total (NR-18 do MTE).				
<b>HASTE DE FIXAÇÃO</b>				
Fabricante da Haste Roscada: Ancora Sistema de Fixação.				
		Material da Haste: Aço Inoxidável ABNT 304.		
		Comprimento da Haste: 115 mm ( sem chanfro).		
		Diâmetro da Haste: 5/8" – 16mm.		
		Resistências (kgf)		
		Escoamento	Tração	Cisalhamento
		3149	7443	5210
<b>ANCORAGEM QUÍMICA</b>				
Fabricante da Resina: Ancora Sistema de Fixação.				
		Material da Resina: Epóxi		
		Profundidade do furo: 128 mm.		
		Diâmetro do furo: 18mm.		
		Tempo de cura em 20°C = 3h e 30min.		
		Cargas permissíveis (kgf.)		
		Tração	Cisalhamento	
		1.950	2.179	
Verificação da mistura da resina antes da aplicação		Introdução da haste com torque 10,4 kfg.m.		Teste de arrancamento carga maior que 1.500 kgf.
				

Fonte: Autor.

Quadro 4 – Especificações técnicas de projeto

<b>CABO DE AÇO</b>	
<b>Fabricante do cabo:</b> Torame Indústria de cabo de Aço LTDA.	
	<b>Material do cabo:</b> Cabo de Aço com Alma de Fibra (AF)
	<b>Construção do Cabo:</b> 6 x 19
	<b>Comprimento do cabo :</b> 55 a 60 metros.
	<b>Diâmetro da Haste:</b> 5/16" – 8mm.
	<b>Resistência dos Fios:</b> tração de 180 – 200 kg/mm <sup>2</sup> . (IPS)
	<b>Carga de Ruptura sem o uso de grampos:</b> 3.900 kgf.
<b>Carga de Ruptura com o uso de grampos:</b> 3.120 kgf.	
<b>CABO DE AÇO</b>	
	<b>Fabricante do cabo:</b> Crosby Group LLC.
	<b>Material do cabo:</b> Aço inoxidável 316
	<b>Numero de grampos por Cabo:</b> 04 grampos
	<b>Dimensões:</b> conforme catalogo em anexo

Fonte: Autor.

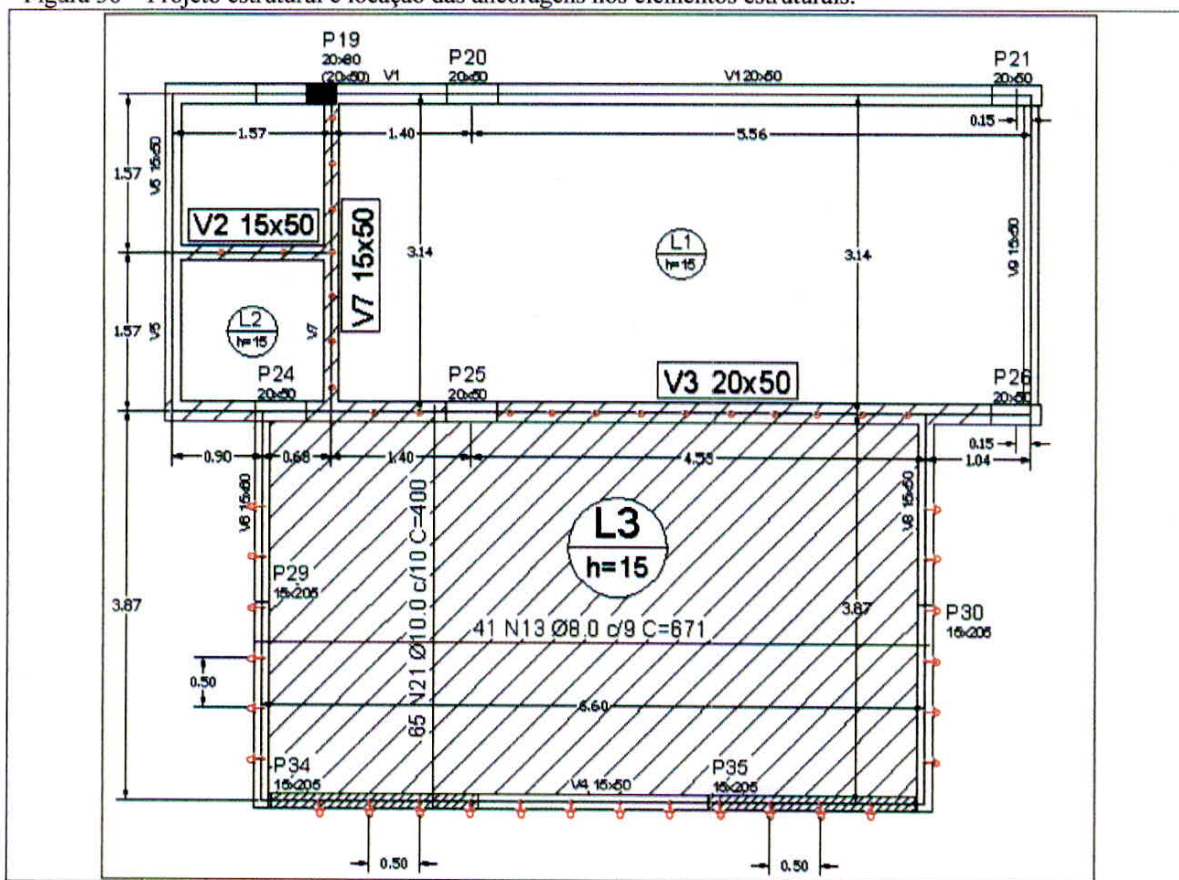
## 9.2 Memorial de calculo

Embora os esforços gerados pelos andaimes de 2, 3, 4 e 5 metros, sejam respectivamente de 510, 545, 590 e 620 Kg, foi adotada a carga de 1.500 kgf para a verificação da seção transversal do elemento estrutural, conforme exigências da NR – 18, e também em vista das especificações técnicas do quadro 4, a resistência de ancoragem, do cabo de aço e dos afastadores são superiores a 1500kg, o que tornaria inadequado a verificação da seção transversal dos elementos estruturais se levarmos em consideração apenas os esforços gerados pelos andaimes.

Os cálculos sobre a verificação dos elementos estruturais foram feitos visando o carregamento critico da estrutura, sendo aplicados nos elementos estruturais, vigas, 02, 03 e 07, e laje 03 do pavimento caixa d'água conforme figura 36 e 37, e ainda nas vigas 35 e 36 do pavimento cobertura como na figura 38, levando em consideração os esforços de torção e flexão oblíqua.

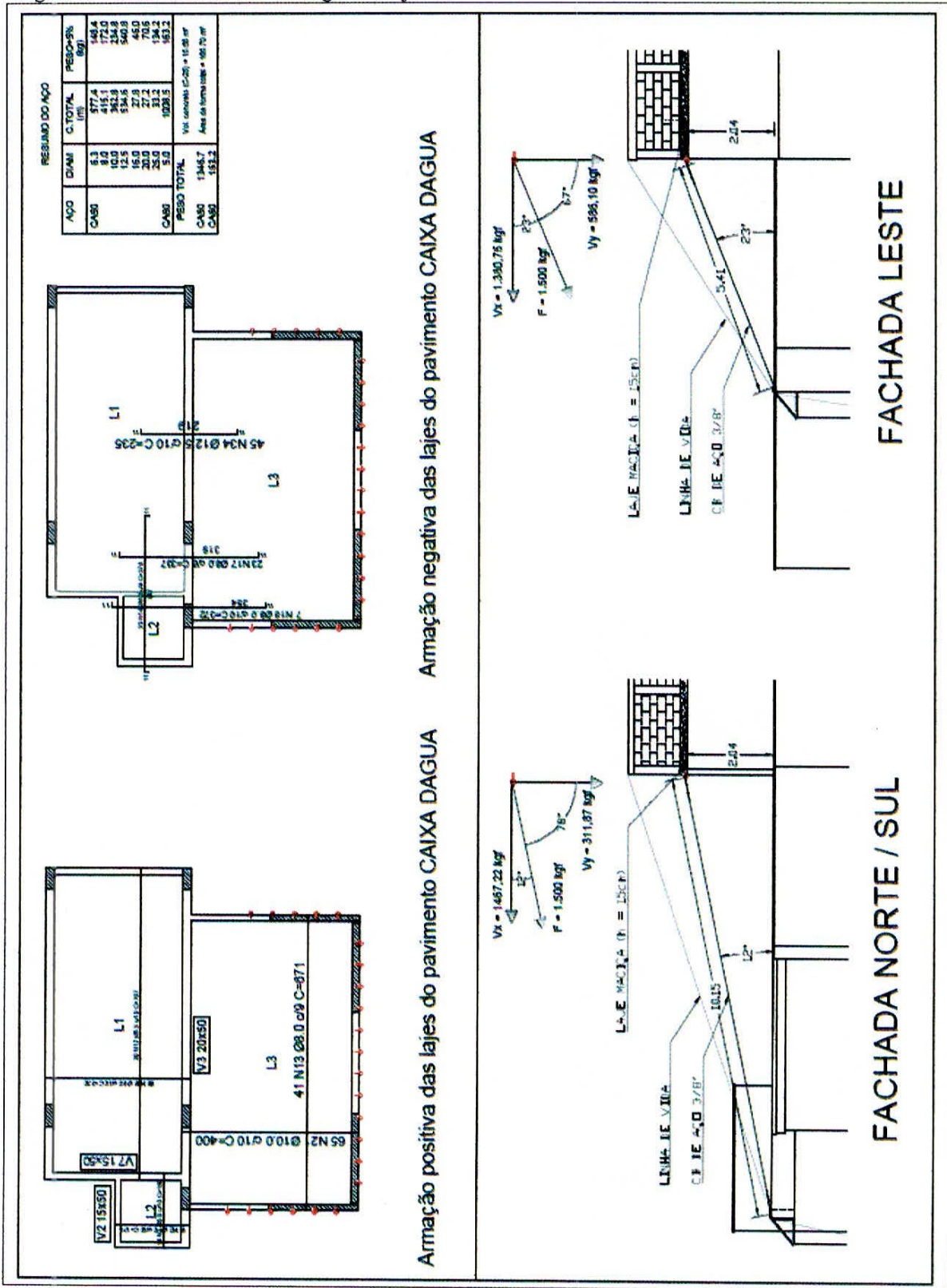
### 9.2.1 Calculo de resistência da laje 03, pavimento caixa d'água

Figura 36 – Projeto estrutural e locação das ancoragens nos elementos estruturais.



Fonte: Autor.

Figura 37 – Detalhamento das ancoragens na laje 03.



Fonte: Autor.

### CALCULO DE RESISTÊNCIA DA LAJE 03

#### Dados L3 – lado Norte/Sul:

$$F = 1500 \text{ (Kgf)} = 150 \text{ kN}$$

$$\alpha = 78^\circ$$

$$F_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

#### a) Componentes vetoriais

$$V_x = F \times \text{sen } \alpha \quad (1)$$

$$V_x = 150 \times \text{sen } 78^\circ$$

$$V_x = 146,72 \text{ KN}$$

$$N_y = F \times \text{cos } \alpha \quad (2)$$

$$N_y = 150 \times \text{cos } 78^\circ$$

$$N_y = 31,19 \text{ KN}$$

#### b) Área de aço calculada:

$$A_s = \frac{F_d}{F_{yd}} \quad (3)$$

$$A_s = \frac{(146,72 \times 1,40)}{\left(\frac{50}{1,15}\right)} = 4,72 \text{ cm}^2/\text{m}$$

#### c) Área de aço existente:

$$\text{Ø } 10,00 \text{ mm c/ } 10 = 8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

#### Dados L3 – lado leste:

$$F = 1500 \text{ (Kgf)} = 150 \text{ kN}$$

$$\alpha = 67^\circ$$

$$F_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

#### a) Componentes vetoriais

$$V_x = F \times \text{sen } \alpha \quad (1)$$

$$V_x = 150 \times \text{sen } 67^\circ$$

$$V_x = 138,08 \text{ KN}$$

$$N_y = F \times \text{cos } \alpha \quad (2)$$

$$N_y = 150 \times \text{cos } 67^\circ$$

$$N_y = 58,61 \text{ KN}$$

#### b) Área de aço calculada:

$$A_s = \frac{F_d}{F_{yd}} \quad (3)$$

$$A_s = \frac{(138,08 \times 1,40)}{\left(\frac{50}{1,15}\right)} = 4,45 \text{ cm}^2/\text{m}$$

#### c) Área de aço existente:

$$\text{Ø } 8,00 \text{ mm c/ } 9 = 5,55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Conclusão: A área de aço existente na laje 03 é suficiente para suportar os esforços solicitantes nas ancoragens em ambos os lados da estrutura.





### CALCULO DE RESISTÊNCIA DAS VIGAS 35 E 36

As vigas estão sujeitas a uma flexão oblíqua, sendo dois momentos fletores e um esforço normal.

Dados:

Base (b): 20 cm  
 Altura (h): 50 cm  
 Comprimento(L): 500 cm  
 $\gamma$  concreto armado: 25 KN/m<sup>3</sup>  
 F = 15 KN  
 $\alpha = 26^\circ$

a) Peso próprio:

$$P_p = b \times h \times \gamma \quad (4)$$

$$P_p = (0,2 \times 0,5 \times 25)$$

$$P_p = 2,5 \text{ KN/m}$$

b) Componentes vetoriais:

$$V_x = F \times \sin \alpha$$

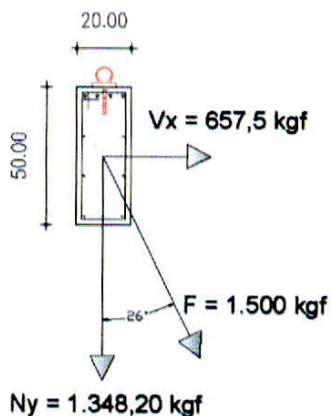
$$V_x = 15 \times \sin 26^\circ$$

$$V_x = 6,57 \text{ KN}$$

$$N_y = F \times \cos \alpha$$

$$N_y = 15 \times \cos 26^\circ$$

$$N_y = 13,50 \text{ KN}$$



Assim, com o peso próprio da viga e os esforços horizontais e verticais, encontramos os momentos máximos ( $M_x$  e  $M_y$ ) gerado na viga 35 e 36.

c) Momento máximo no eixo Y:

$$M_{\max y} = -\left(P_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4}\right) - (N_y \cdot d) + (R_A \cdot d)$$

(5)

$$M_{\max y} = -\left(2,5 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot \frac{5}{2} \text{ m} \cdot \frac{5}{4} \text{ m}\right) - (13,5 \text{ KN} \cdot 2,1)$$

$$M_{\max y} = 14,6 \text{ KN.m}$$

d) Momento máximo no eixo x:

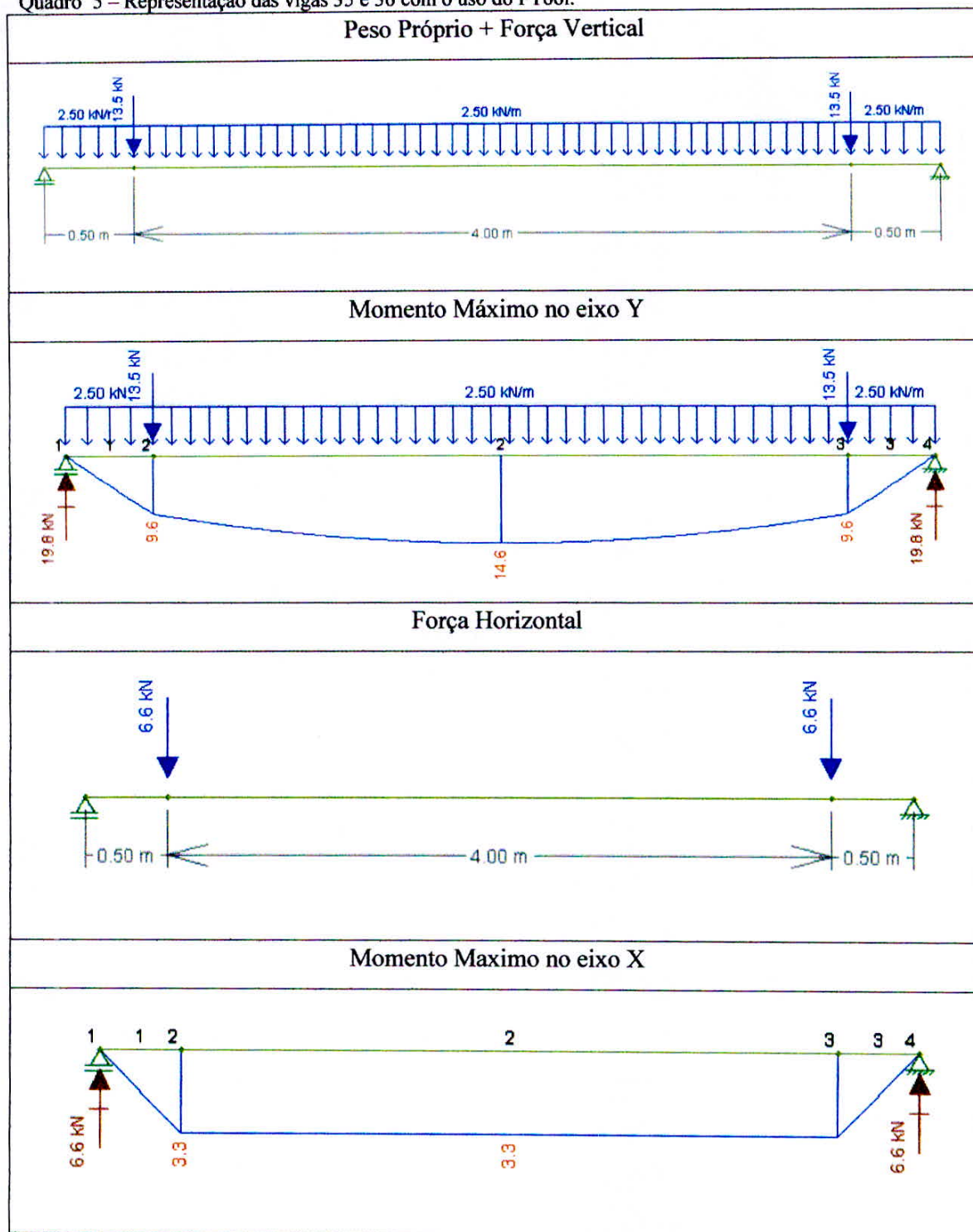
$$M_{\max x} = (R_A \cdot d) \quad (6)$$

$$M_{\max x} = (6,60 \times 0,5 \text{ m})$$

$$M_{\max x} = 3,3 \text{ KN.m}$$

Como calculado anteriormente os momentos podem ser gerados a partir do programa FTool, como apresentado no quadro 5.

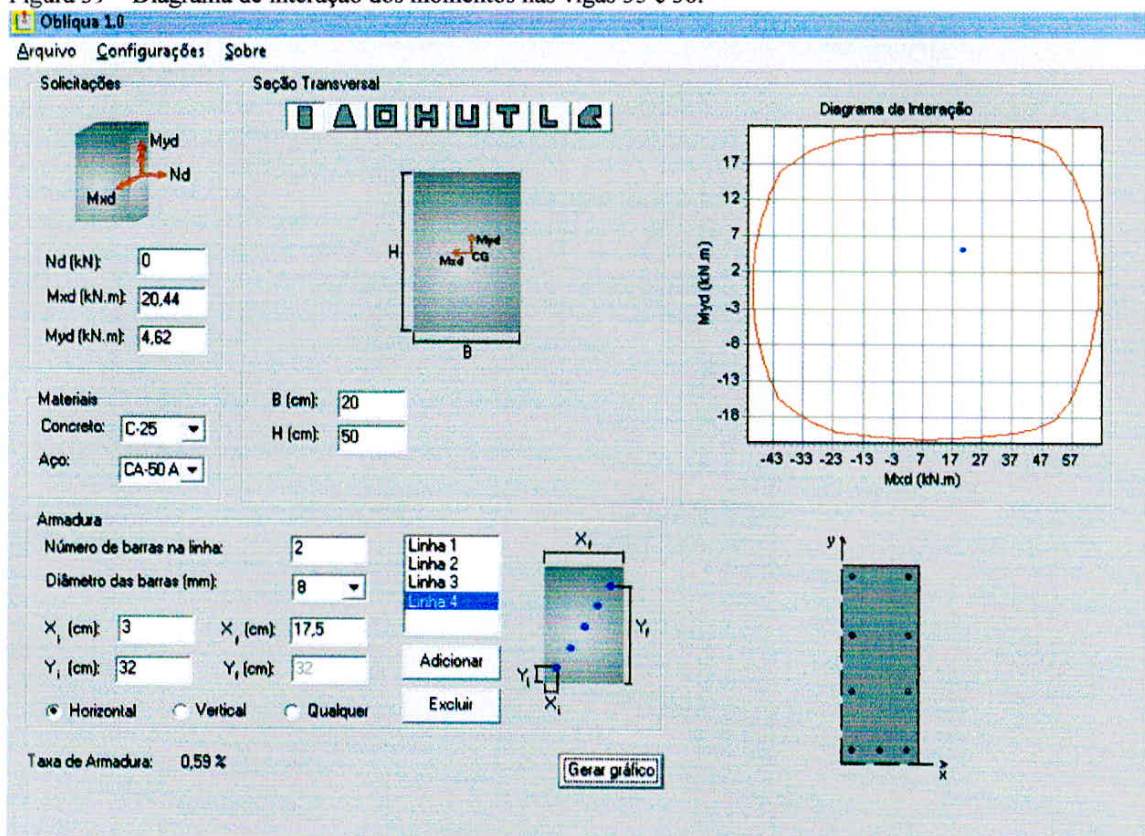
Quadro 5 – Representação das vigas 35 e 36 com o uso do FTool.



Fonte: Autor.

Com o auxílio do programa oblíqua 01, do Centro de Estudos de Engenharia Civil Professor Inaldo Ayres Vieira (CESEC), será avaliada a força normal e os momentos fletores agindo de modo integrado, majorando os momentos máximos com o coeficiente de segurança de 1,40. Assim, ( $M_{yd} = 4,62\text{KN.m}$ ) ( $M_{xd} = 20,44\text{KN.m}$ ).

Figura 39 – Diagrama de interação dos momentos nas vigas 35 e 36.



Fonte: Centro de Estudos de Engenharia Civil Professor Inaldo Ayres Vieira (CESEC).

Conclusão: O diagrama de interações foi gerado levando em consideração o perfil retangular das vigas 35 e 36, apresentado na figura 38, com base de 20 cm e altura de 50 cm, sendo que em seu banzo inferior existem três barras e no banzo superior duas barras, ambas de 10 mm, e no centro da viga quatro barras de 8 mm.

Como observado no diagrama, o ponto de coordenadas ( $M_{xd}$ ,  $M_{yd}$ ) está contido na zona de segurança, constituída pelo volume limitado pela Superfície de Interação, a seção transversal com sua disposição de armadura é considerada segura para o Estado Limite Último.

Tabela 14 – Verificação da compressão diagonal do concreto e da área de aço, vigas 35 e 36.

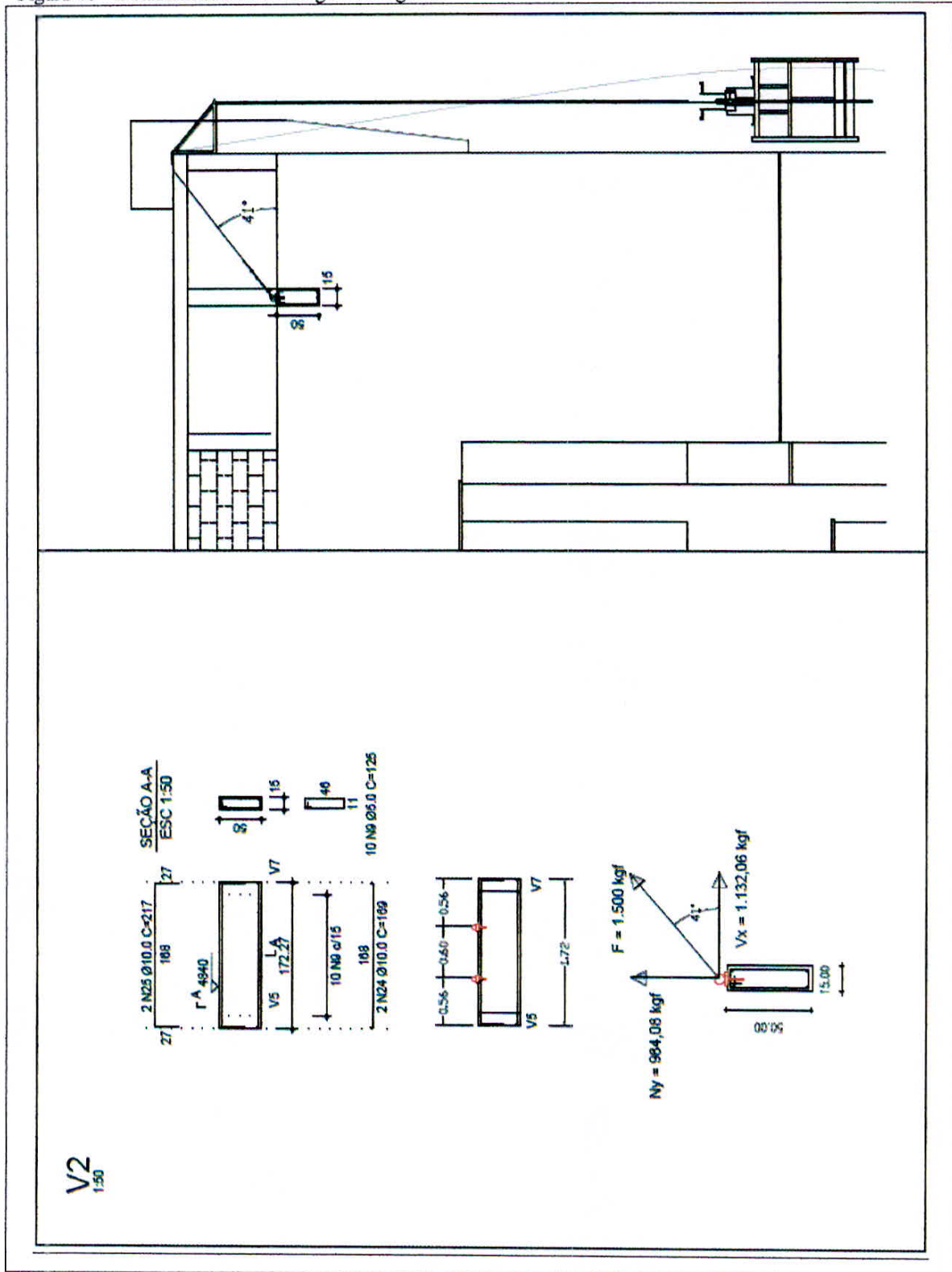
Verificação do esforços nas vigas 35 e 36					
$f_{ck}$ (MPa)	25,00	2C <sub>2</sub> (cm)	7,00		
bw (cm)	20,00	A/u (cm)	7,14		
H (cm)	50,00	he(cm)	7,07		
d' (cm)	3,50	$\alpha_v$	0,9		
T (KN.m)	8,20	Ae (cm <sup>2</sup> )	555,01		
M(KN.m)	14,80	Fct.m	2,56		
V(Kn)	19,80	Fywk	434,78		
VIGA 35 e 36					
Área de Aço - Flexão					
Kmd	Kz	A <sub>s</sub>	A <sub>s</sub> (min)		
		(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )		
0,0268	0,98	1,04	1,50		
Área de Aço - Cortante					
V <sub>sd</sub>	V <sub>Rd2</sub>	V <sub>e</sub>	V <sub>sw</sub>	A <sub>sw</sub> /s	A <sub>sw</sub> /s(min)
(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(cm <sup>2</sup> /cm)	(cm <sup>2</sup> /cm)
27,72	403,55	71,56	-51,76	0,00	0,0236
Área de Aço - Torção					
T <sub>sd</sub>	T <sub>Rd2</sub>	A <sub>sw</sub> /s = A <sub>s</sub> /u	A <sub>sw</sub> /s = A <sub>u</sub> /u	A <sub>sw</sub> /s(min)	A <sub>sw</sub> /s(min)
(kN.m)	(kN.cm)	(cm <sup>2</sup> /cm)	(cm <sup>2</sup> /m)	(cm <sup>2</sup> /cm)	(cm <sup>2</sup> /m)
11,48	3153,76	0,0000238	0,0023787	0,0236	2,36
Verificação à compressão diagonal do concreto					
$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} \leq 1$		$V_{sd} / V_{Rd2} + T_{sd} / T_{Rd2}$		0,433	
		0,0687      0,364			
Verificação da área de Aço					
As de Flexão	As Cortante	As Torção	As inferior	As superior	As lateral
(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> /cm)	(cm <sup>2</sup> /cm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )
1,5	0,0236	0,0236	(1,5 + 0,3)	0,30	0,30
As área de aço exixtente nas vigas 35 e 36, são superiores aos calculados					

Fonte: Autor.

Conclusão: como apresentado na tabela 14, os esforços de compressão na diagonal de concreto e a área de aço das vigas 35 e 36, atendem as verificações.

9.2.3 Cálculo de resistência da viga 02.

Figura 40 – Detalhamento da ancoragem da viga 02.



Fonte: Autor.

### CALCULO DE RESISTÊNCIA DAS VIGAS 02

As vigas estão sujeitas a uma flexão oblíqua, sendo dois momentos fletores e um esforço normal.

Dados:

Base (b): 15 cm

Altura (h): 50 cm

Comprimento(L): 172 cm

$\gamma$  concreto armado: 25 KN/m<sup>3</sup>

F = 15 KN

$\alpha = 41^\circ$

a) Ação da laje 2:

$$q_x = 1,51 \text{ KN/m}$$

b) Peso próprio:

$$P_p = b \times h \times \gamma$$

$$P_p = (0,15 \times 0,5 \times 25)$$

$$P_p = 1,88 \text{ KN/m}$$

c) Componentes vetoriais:

$$N_y = F \times \sin \alpha$$

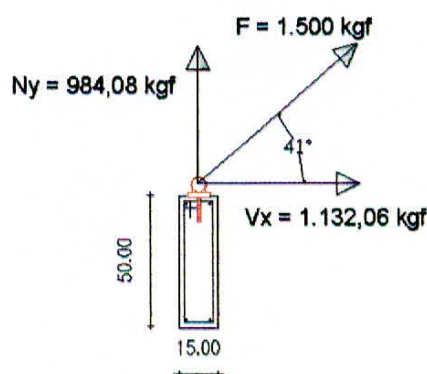
$$N_y = 15 \times \sin 41^\circ$$

$$N_y = 9,84 \text{ KN}$$

$$V_x = F \times \cos \alpha$$

$$V_x = 15 \times \cos 41^\circ$$

$$V_x = 11,32 \text{ KN}$$



Assim, com o peso próprio da viga e os esforços horizontais e verticais, encontramos os momentos máximos ( $M_x$  e  $M_y$ ) gerado na viga 02.

d) Momento máximo no eixo Y:

$$M_{\max y} = - \left( (P_p + q) \cdot d \cdot \frac{d}{2} \right) - (R_A \cdot d)$$

$$M_{\max y} = - \left( 3,39 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \cdot 0,56 \text{ m} \cdot \frac{0,56}{2} \text{ m} \right) - (3,7$$

$$M_{\max y} = - 2,6 \text{ KN.m}$$

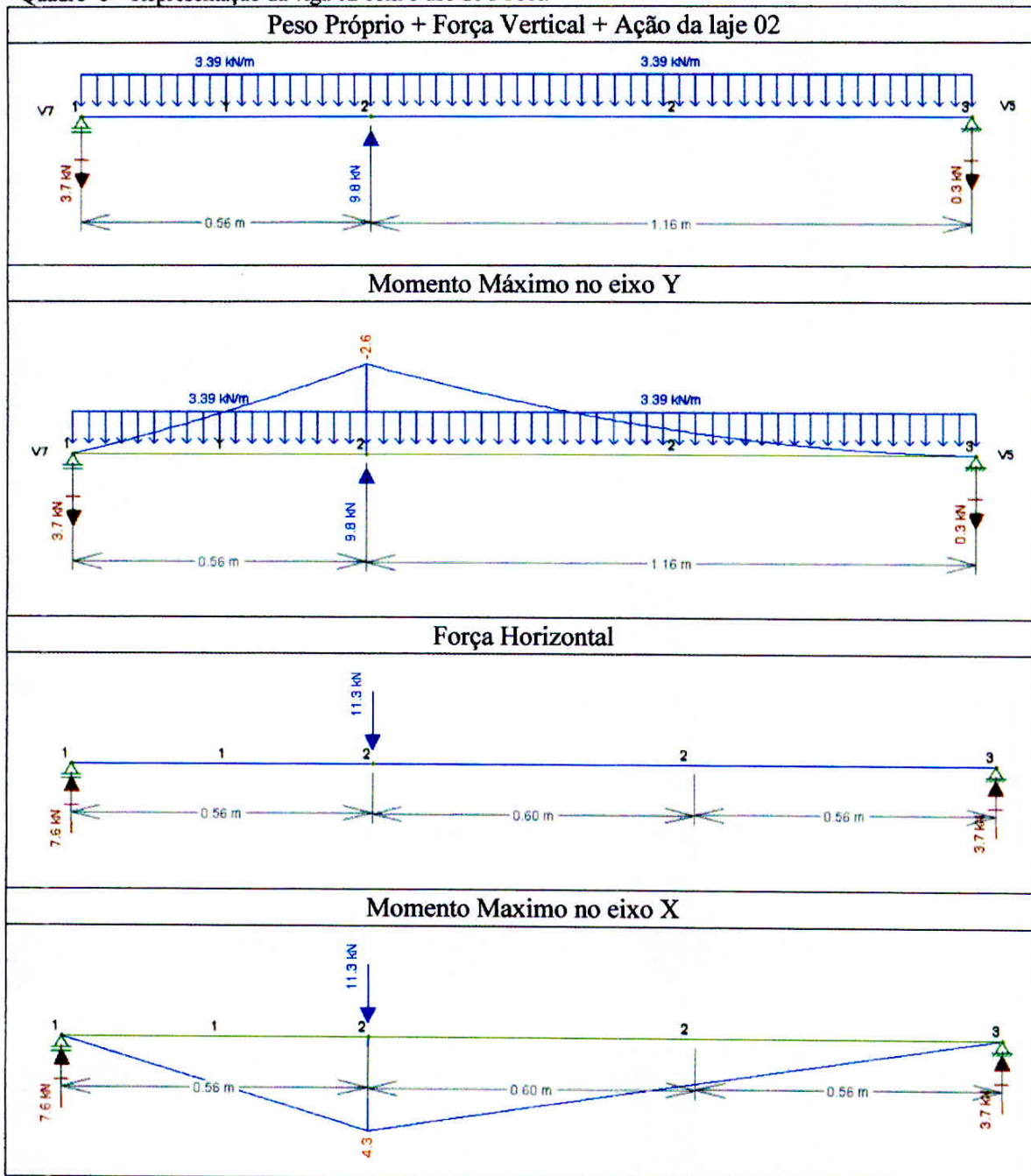
e) Momento máximo no eixo x:

$$M_{\max x} = (R_A \cdot d)$$

$$M_{\max x} = (7,60 \times 0,56 \text{ m})$$

$$M_{\max x} = 4,3 \text{ KN.m}$$

Quadro 6 – Representação da viga 02 com o uso do FTool.

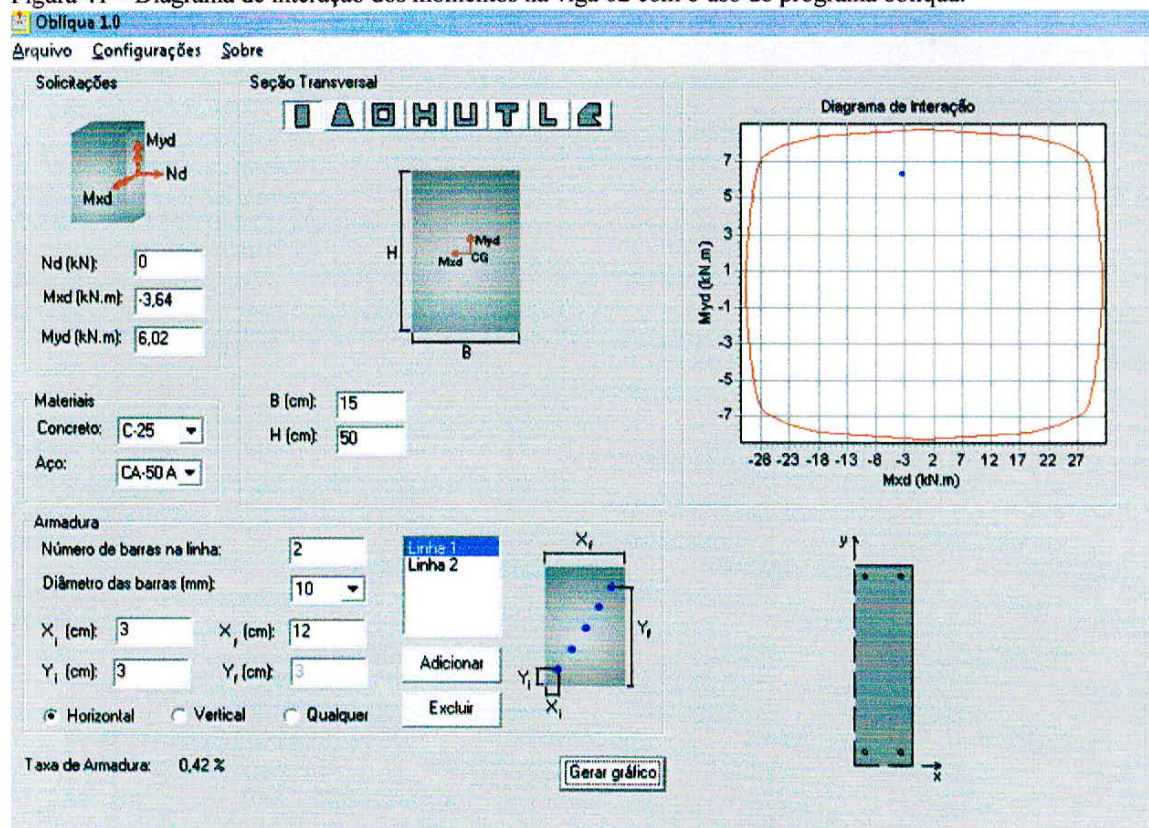


Fonte: Autor.



Com o auxílio do programa oblíqua 01, do Centro de Estudos de Engenharia Civil Professor Inaldo Ayres Vieira (CESEC), será avaliada a força normal e os momentos fletores agindo de modo integrado, majorando os momentos máximos com o coeficiente de segurança de 1,40. Assim, Assim, ( $M_{yd} = 6,02\text{kN.m}$ ) ( $M_{xd} = - 3,64\text{kN.m}$ ).

Figura 41 – Diagrama de interação dos momentos na viga 02 com o uso do programa oblíqua.



Fonte: Centro de Estudos de Engenharia Civil Professor Inaldo Ayres Vieira (CESEC).

Conclusão: O diagrama de interações foi gerado levando em consideração o perfil retangular da viga 02, apresentado na figura 40, com base de 15 cm e altura de 50 cm, sendo que em seu banzo inferior e superior existem duas barras, ambas de 10 mm.

Como observado no diagrama, o ponto de coordenadas ( $M_{xd}$ ,  $M_{yd}$ ) está contido na zona de segurança, constituída pelo volume limitado pela Superfície de Interação, a seção transversal com sua disposição de armadura é considerada segura para o Estado Limite Último.

Tabela 15 – Verificação da compressão diagonal do concreto e da área de aço, viga 02.

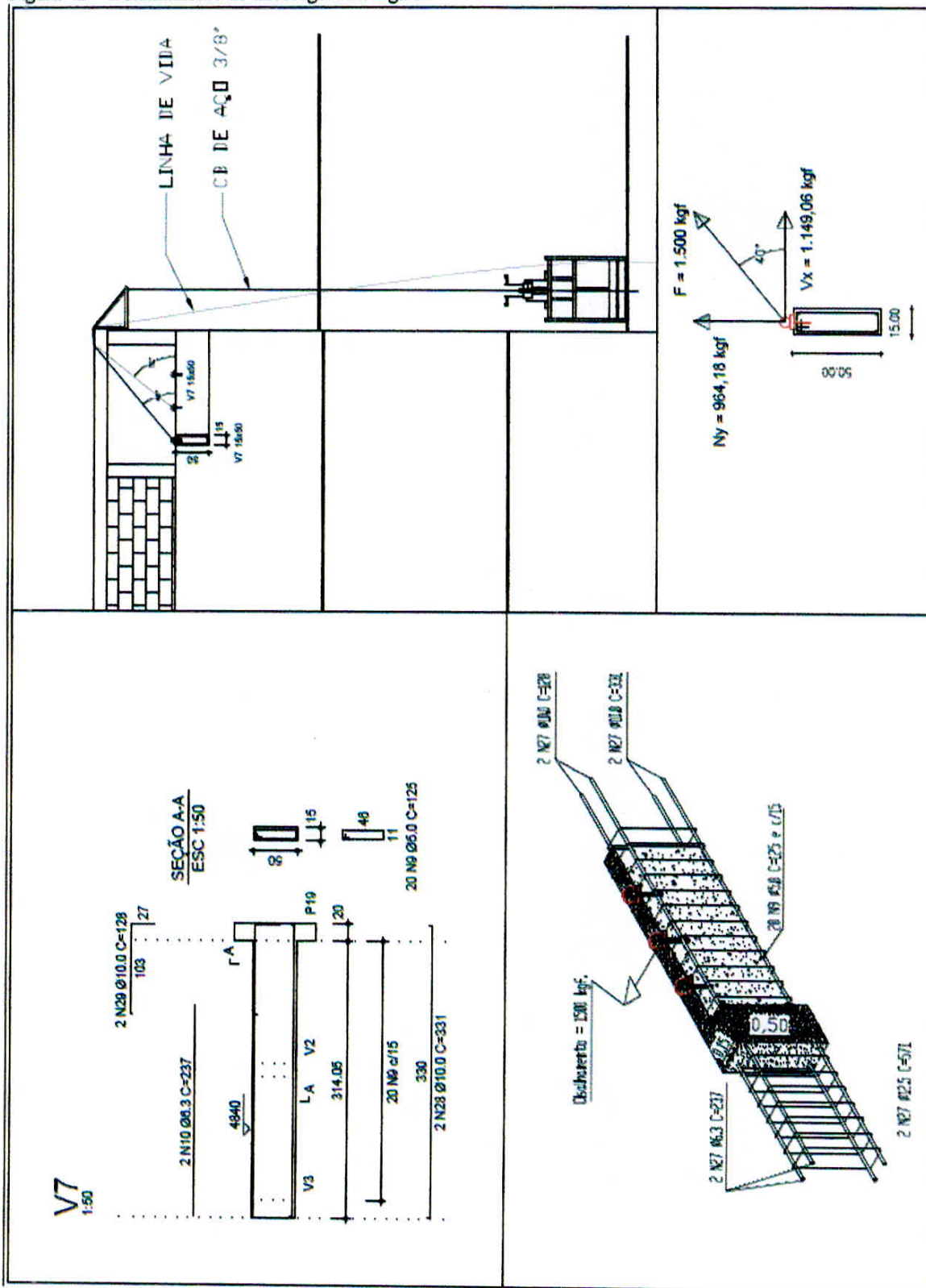
Verificação do esforços na viga 02					
$f_{ck}$ (MPa)	25,00	$2C_2$ (cm)	7,00		
$b_w$ (cm)	15,00	$A/u$ (cm)	5,77		
H (cm)	50,00	$h_e$ (cm)	6,38		
$d'$ (cm)	3,50	$\alpha_v$	0,9		
T (KN.m)	2,02	$A_e$ (cm <sup>2</sup> )	375,76		
M(KN.m)	2,50	Fct,m	2,56		
V(Kn)	3,70	Fywk	434,78		
VIGA 02					
Área de Aço - Flexão					
Kmd	Kz	$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	$A_s$ (min) (cm <sup>2</sup> )		
0,0060	0,99	0,17	1,13		
Área de Aço - Cortante					
$V_{sd}$ (kN)	$V_{Rd2}$ (kN)	$V_c$ (kN)	$V_{sw}$ (kN)	$A_{sw}/s$ (cm <sup>2</sup> /cm)	$A_{sw}/s$ (min) (cm <sup>2</sup> /cm)
5,18	302,67	53,67	-49,97	0,00	0,02
Área de Aço - Torção					
$T_{sd}$ (kN.m)	$T_{Rd2}$ (kN.cm)	$A_{sw}/s = A_s/u$ (cm <sup>2</sup> /cm)	$A_{sw}/s = A_s/u$ (cm <sup>2</sup> /m)	$A_{sw}/s$ (min) (cm <sup>2</sup> /cm)	$A_{sw}/s$ (min) (cm <sup>2</sup> /m)
2,83	1927,85	0,0000087	0,0008655	0,02	1,77
Verificação à compressão diagonal do concreto					
$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}} \leq 1$		$\frac{V_{sd}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sd}}{T_{Rd2}}$		0,164	
		0,0171		0,147	
Verificação da área de Aço					
As de Flexão (cm <sup>2</sup> )	As Cortante (cm <sup>2</sup> /cm)	As Torção (cm <sup>2</sup> /cm)	As inferior (cm <sup>2</sup> )	As superior (cm <sup>2</sup> )	As lateral (cm <sup>2</sup> )
1,13	0,02	0,02	(1,13 + 0,02)	0,02	0,02
Área de aço existente			1,60	1,60	-
As áreas de aço existente na viga 2, são superiores aos calculados					

Fonte: Autor

Conclusão: como apresentado na tabela 15, os esforços de compressão na diagonal de concreto e a área de aço da viga 02, atendem as verificações.

9.2.4 Cálculo de resistência da viga 07.

Figura 42 – Detalhamento de ancoragem na viga 07



Fonte: Autor

### CALCULO DE RESISTÊNCIA DAS VIGAS 07

As vigas estão sujeitas a uma flexão oblíqua, sendo dois momentos fletores e um esforço normal.

Dados:

Base (b): 15 cm

Altura (h): 50 cm

Comprimento(L): 314 cm

$\gamma$  concreto armado: 25 KN/m<sup>3</sup>

F = 15 KN

$\alpha = 41^\circ$

a) Ação da laje 01:

$$q_x = 5,23 \text{ KN/m}$$

b) Ação da V2 sobre a V7:

$$R_{V7} = \frac{(P_p + q) \cdot l}{2} \quad (7)$$

$$R_{V7} = \frac{(1,88 + 1,51) \cdot 1,72}{2} = 2,91 \text{ KN}$$

c) Peso próprio:

$$P_p = b \cdot h \cdot \gamma$$

$$P_p = (0,15 \times 0,5 \times 25)$$

$$P_p = 1,88 \text{ KN/m}$$

d) Componentes vetoriais:

$$N_y = F \cdot \sin \alpha$$

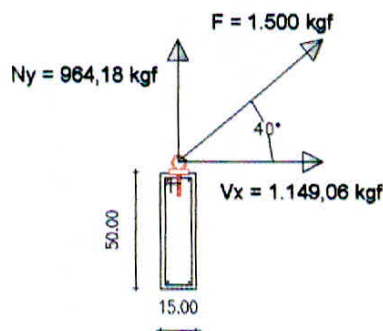
$$N_y = 15 \cdot \sin 40^\circ$$

$$N_y = 9,64 \text{ KN}$$

$$V_x = F \cdot \cos \alpha$$

$$V_x = 15 \cdot \cos 40^\circ$$

$$V_x = 11,50 \text{ KN}$$



Assim, com o peso próprio da viga, a reação da V2 sobre a V7 e os esforços horizontais e verticais, encontramos os momentos máximos ( $M_x$  e  $M_y$ ) gerado na viga 07.

e) Momento máximo no eixo Y:

$$M_{\max y} = \left( (P_p + q) \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{4} \right) - \left( R_A \cdot \frac{l}{2} \right) -$$

$$M_{\max y} = (7,11 \times 0,24 \times 0,12) - \quad (3,0:$$

$$\underline{M_{\max y} = 8,7 \text{ KN.m}}$$

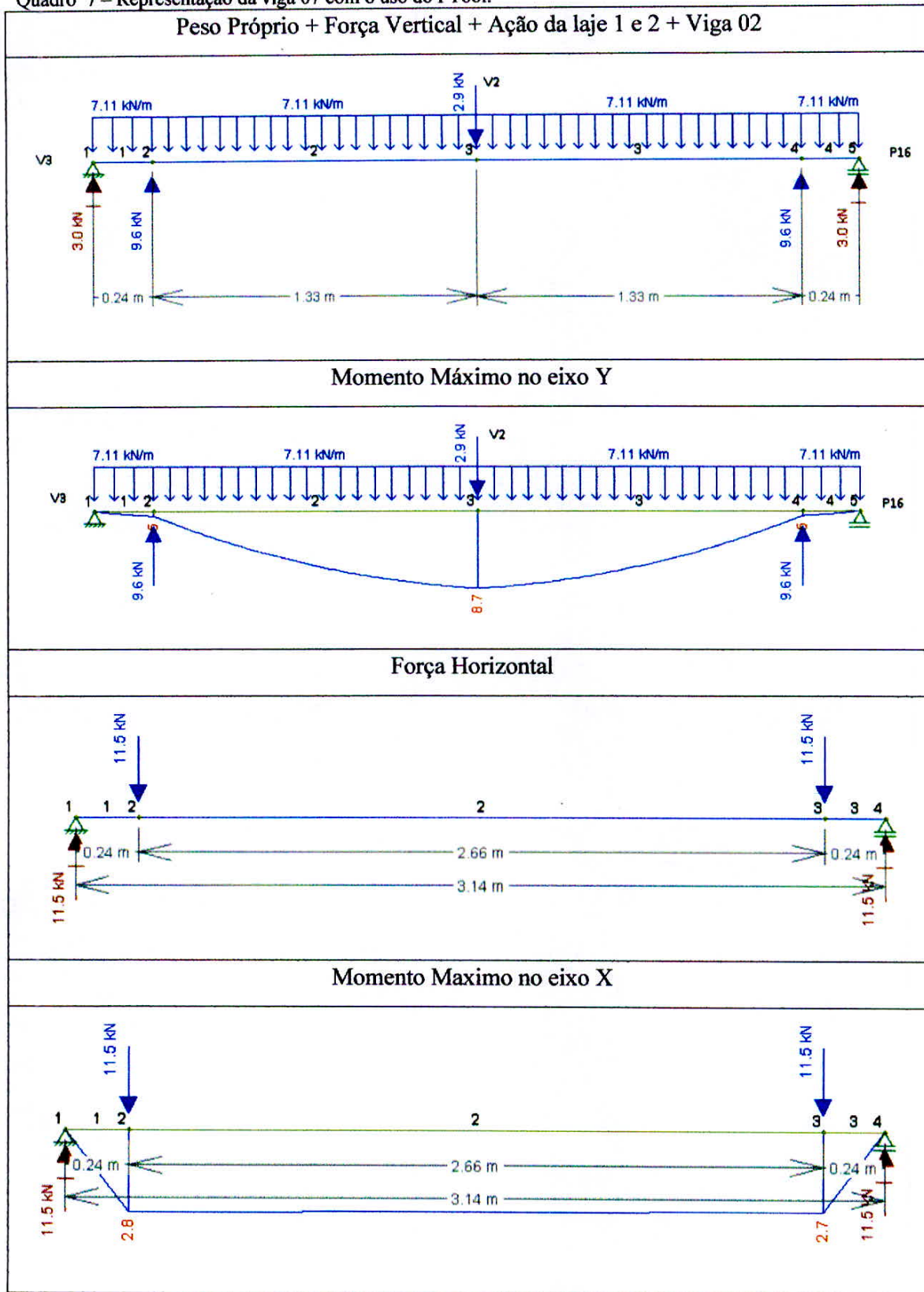
f) Momento máximo no eixo x:

$$M_{\max x} = (R_A \cdot d)$$

$$M_{\max x} = (11,50 \times 0,24 \text{ m})$$

$$\underline{M_{\max x} = 2,8 \text{ KN.m}}$$

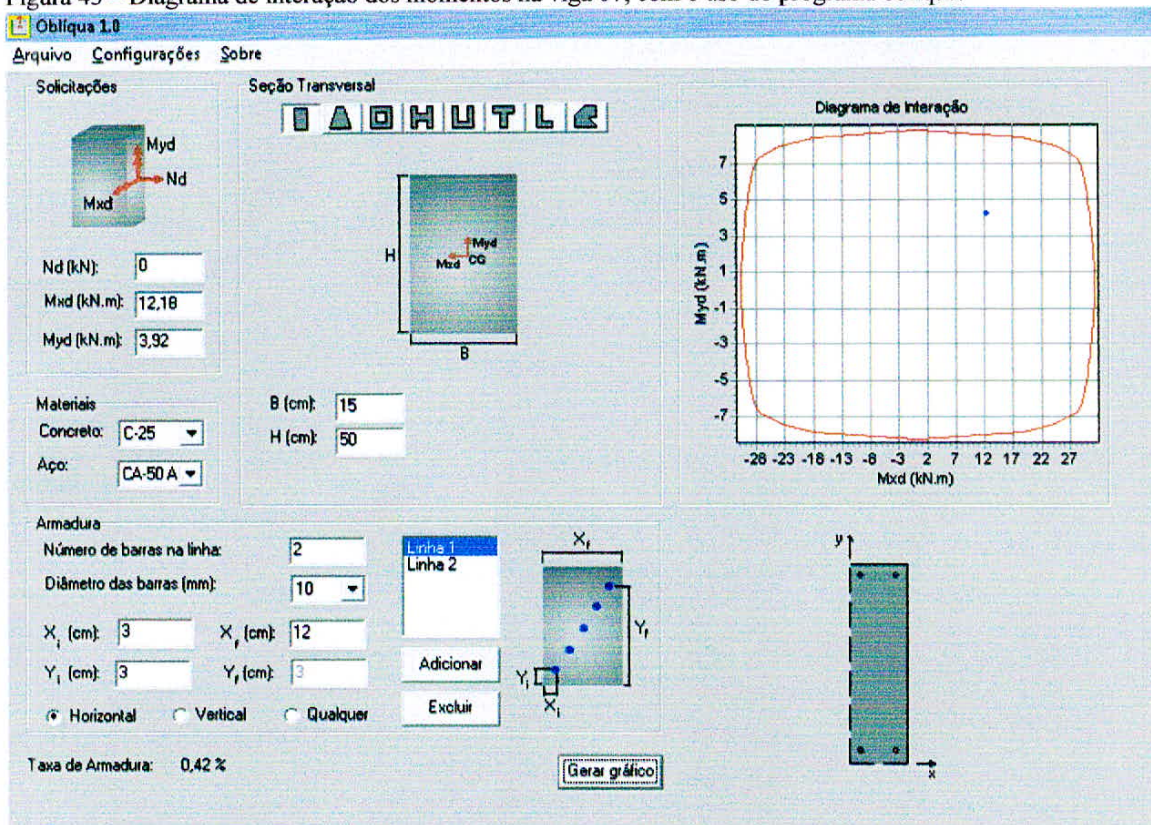
Quadro 7 – Representação da viga 07 com o uso do FTool.



Fonte: Autor.

Com o auxílio do programama oblíqua 01, do Centro de Estudos de Engenharia Civil Professor Inaldo Ayres Vieira (CESEC), será avaliada a força normal e os momentos fletores agindo de modo integrado, majorando os momentos máximos com o coeficiente de segurança de 1,40. Assim, ( $M_{yd} = 3,92\text{KN.m}$ ) ( $M_{xd} = 12,18\text{ kN.m}$ ).

Figura 43 – Diagrama de interação dos momentos na viga 07, com o uso do programa oblíqua.



Fonte: Centro de Estudos de Engenharia Civil Professor Inaldo Ayres Vieira (CESEC)

Conclusão: O diagrama de interações foi gerado levando em consideração o perfil retangular da viga 07, apresentada na figura 42, com base de 15 cm e altura de 50 cm, sendo que em seu banzo inferior e superior existem duas barras, ambas de 10 mm.

Como observado no diagrama, o ponto de coordenadas ( $M_{xd}$ ,  $M_{yd}$ ) está contido na zona de segurança, constituída pelo volume limitado pela Superfície de Interação, a seção transversal com sua disposição de armadura é considerada segura para o Estado Limite Último.

Tabela 16 – Verificação da compressão diagonal do concreto e da área de aço, viga 07.

Verificação do esforços na viga 07					
$f_{ck}$ (MPa)	25,00	2C <sub>2</sub> (cm)	7,00		
$b_w$ (cm)	15,00	A/u (cm)	7,14		
H (cm)	50,00	he(cm)	7,07		
$d'$ (cm)	3,50	$\alpha_v$	0,9		
T (KN.m)	4,51	Ae (cm <sup>2</sup> )	340,36		
M(KN.m)	8,70	Fct,m	2,56		
V(Kn)	3,00	Fywk	434,78		
VIGA 7					
Área de Aço - Flexão					
Kmd	Kz	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (min) (cm <sup>2</sup> )		
0,0210	0,99	0,61	1,13		
Área de Aço - Cortante					
V <sub>sD</sub> (kN)	V <sub>Rd2</sub> (kN)	V <sub>c</sub> (kN)	V <sub>sw</sub> (kN)	A <sub>sw/s</sub> (cm <sup>2</sup> /cm)	A <sub>sw/s</sub> (min) (cm <sup>2</sup> /cm)
4,20	302,67	53,67	-50,67	0,00	0,02
Área de Aço - Torção					
T <sub>sD</sub> (kN.m)	T <sub>Rd2</sub> (kN.cm)	A <sub>sw/s</sub> = A <sub>s</sub> /u (cm <sup>2</sup> /cm)	A <sub>sw/s</sub> = A <sub>s</sub> /u (cm <sup>2</sup> /m)	A <sub>sw/s</sub> (min) (cm <sup>2</sup> /cm)	A <sub>sw/s</sub> (min) (cm <sup>2</sup> /m)
6,31	1934,07	0,0000213	0,0021333	0,02	1,77
Verificação à compressão diagonal do concreto					
$\frac{V_{sD}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sD}}{T_{Rd2}} \leq 1$		$\frac{V_{sD}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sD}}{T_{Rd2}}$		0,340	
		0,0139	0,326		
Verificação da área de Aço					
As de Flexão (cm <sup>2</sup> )	As Cortante (cm <sup>2</sup> /cm)	As Torção (cm <sup>2</sup> /cm)	As inferior (cm <sup>2</sup> )	As superior (cm <sup>2</sup> )	As lateral (cm <sup>2</sup> )
1,13	0,02	0,02	(1,13 + 0,3)	0,30	0,30
Área de aço existente			1,60	0,63	-
As área de aço exixtente na viga 7, são superiores aos calculados					

Fonte: Autor.

Conclusão: como apresentado na tabela 16, os esforços de compressão na diagonal de concreto e a área de aço da viga 07, atendem as verificações.





### CALCULO DE RESISTÊNCIA DA VIGA 03

As vigas estão sujeitas a uma flexão oblíqua, sendo dois momentos fletores e um esforço normal.

Dados:

Base (b): 20 cm

Altura (h): 50 cm

Comprimento(L): 840 cm

$\gamma$  concreto armado: 25 KN/m<sup>3</sup>

F = 15 KN

$\alpha = 22^\circ$

a) Ação da laje 01 e 03:

$$q_{x'} = 10,44 \text{ KN/m}$$

$$q_{x'} = 10,10 \text{ KN/m}$$

b) Ação da V7 sobre a V3:

$$R_{V3} = \frac{(1,88 + 5,23) \times 3,14}{2} = 11,63 \text{ KN}$$

$$R_{V8} = \frac{(1,88 + 3,72) \times 3,87}{2} = 10,84 \text{ KN}$$

c) Peso próprio:

$$P_p = b \times h \times \gamma$$

$$P_p = (0,20 \times 0,5 \times 25)$$

$$P_p = 2,50 \text{ KN/m}$$

d) Componentes vetoriais:

$$N_y = F \times \sin \alpha$$

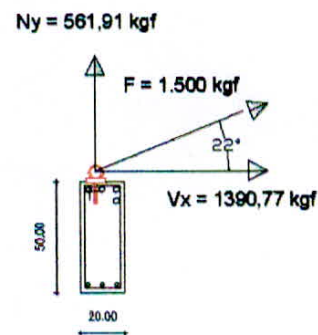
$$N_y = 15 \times \sin 22^\circ$$

$$N_y = 5,62 \text{ KN}$$

$$V_x = F \times \cos \alpha$$

$$V_x = 15 \times \cos 22^\circ$$

$$V_x = 13,91 \text{ KN}$$



Assim, com o peso próprio da viga, a reação da V2 sobre a V7 e os esforços horizontais e verticais, encontramos os momentos máximos ( $M_x$  e  $M_y$ ) gerado na viga 03.

e) Momento máximo no eixo Y:

$$M_{\max y} = \left( (P_p + q) \cdot d \cdot \frac{d}{2} \right) - (R_A \cdot d) -$$

$$M_{\max y} = (23,04 \times 0,24 \times 0,12) - \quad (\epsilon$$

$$\underline{M_{\max y} = 66,7 \text{ KN.m}}$$

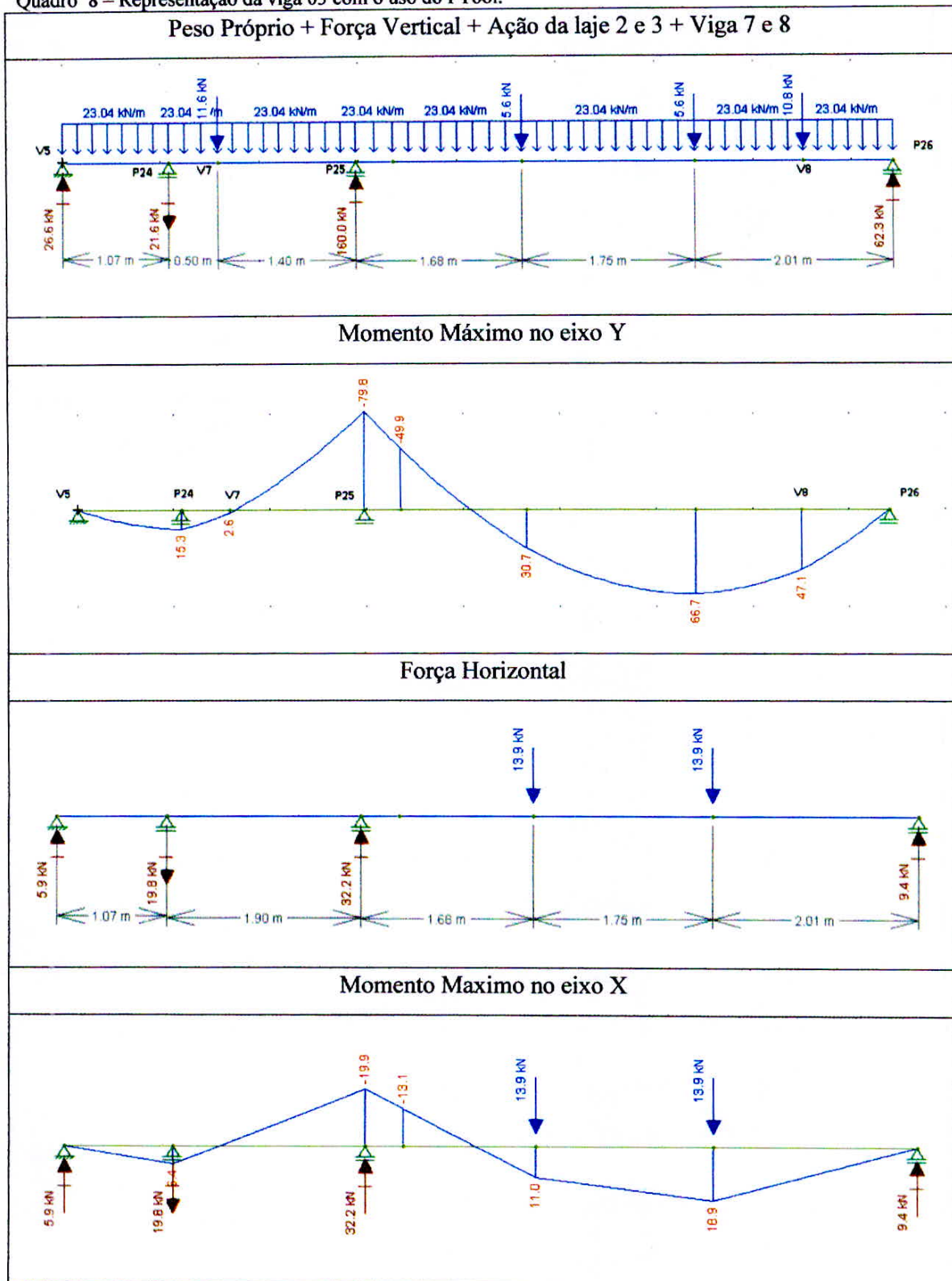
f) Momento máximo no eixo x:

$$M_{\max x} = (R_A \cdot d)$$

$$M_{\max x} = (11,50 \times 0,24 \text{ m})$$

$$\underline{M_{\max x} = 2,8 \text{ KN.m}}$$

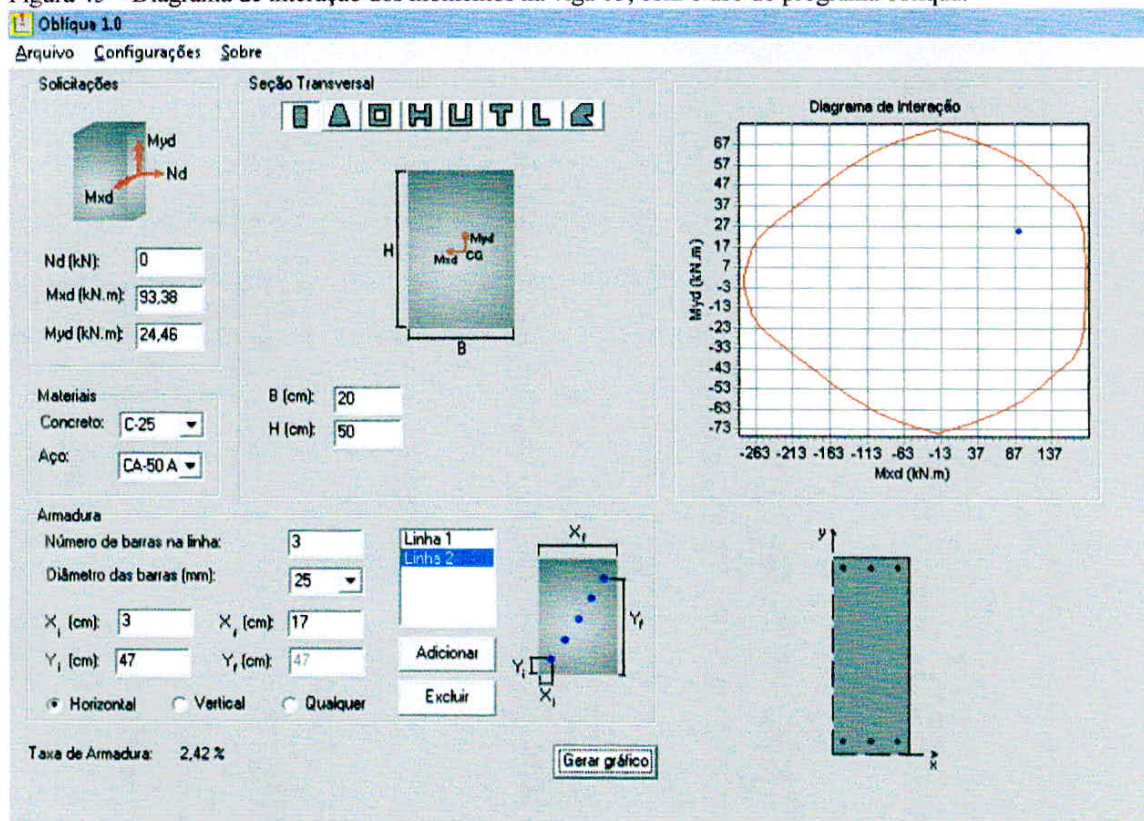
Quadro 8 – Representação da viga 03 com o uso do FTool.



Fonte: Autor.

Com o auxílio do programa oblíqua 01, do Centro de Estudos de Engenharia Civil Professor Inaldo Ayres Vieira (CESEC), será avaliada a força normal e os momentos fletores agindo de modo integrado, majorando os momentos máximos com o coeficiente de segurança de 1,40. Assim, ( $M_{yd} = 24,46 \text{ KN.m}$ ) ( $M_{xd} = 93,38 \text{ kN.m}$ ).

Figura 45 – Diagrama de interação dos momentos na viga 03, com o uso do programa oblíqua.



Fonte: Centro de Estudos de Engenharia Civil Professor Inaldo Ayres Vieira (CESEC).

Conclusão: O diagrama de interações foi gerado levando em consideração o perfil retangular da viga 03, apresentada na figura 44, com base de 20 cm e altura de 50 cm, sendo que em seu banzo inferior possui três barras de 20 mm e o banzo superior três barras de 25 mm.

Como observado no diagrama, o ponto de coordenadas ( $M_{xd}$ ,  $M_{yd}$ ) está contido na zona de segurança, constituída pelo volume limitado pela Superfície de Interação, a seção transversal com sua disposição de armadura é considerada segura para o Estado Limite Último.

Tabela 17 -- Verificação da compressão diagonal do concreto e da área de aço, viga 03.

Verificação do esforços na viga 03					
$f_{ck}$ (MPa)	25,00	$2C_2$ (cm)	9,10		
$b_w$ (cm)	20,00	A/u (cm)	7,14		
H (cm)	50,00	he(cm)	7,14		
$d'$ (cm)	4,55	$\alpha_v$	0,9		
T (KN.m)	9,00	Ae (cm <sup>2</sup> )	551,18		
M(KN.m)	66,70	Fct,m	2,56		
V(Kn)	62,30	Fyw	434,78		
VIGA 3					
Área de Aço - Flexão					
Kmd	Kz	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>s</sub> (min) (cm <sup>2</sup> )		
0,1266	0,92	5,16	1,50		
Área de Aço - Cortante					
V <sub>sD</sub> (kN)	V <sub>Rd2</sub> (kN)	V <sub>c</sub> (kN)	V <sub>sw</sub> (kN)	A <sub>sw</sub> /s (cm <sup>2</sup> /cm)	A <sub>sw</sub> /s(min) (cm <sup>2</sup> /cm)
87,22	394,44	69,95	-7,65	0,00	0,0236
Área de Aço - Torção					
T <sub>sD</sub> (kN.m)	T <sub>Rd2</sub> (kN.cm)	A <sub>sw</sub> /s = A <sub>s</sub> /u (cm <sup>2</sup> /cm)	A <sub>sw</sub> /s = A <sub>s</sub> /u (cm <sup>2</sup> /m)	A <sub>sw</sub> /s(min) (cm <sup>2</sup> /cm)	A <sub>sw</sub> /s(min) (cm <sup>2</sup> /m)
12,60	3162,39	0,0000263	0,0026289	0,0236	2,36
Verificação à compressão diagonal do concreto					
$\frac{V_{sD}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sD}}{T_{Rd2}} \leq 1$		$\frac{V_{sD}}{V_{Rd2}} + \frac{T_{sD}}{T_{Rd2}}$		0,620	
		0,2211	0,398		
Verificação da área de Aço					
As de Flexão (cm <sup>2</sup> )	As Cortante (cm <sup>2</sup> /cm)	As Torção (cm <sup>2</sup> /cm)	As inferior (cm <sup>2</sup> )	As superior (cm <sup>2</sup> )	As lateral (cm <sup>2</sup> )
5,16	0,0236	0,0236	(5,16 + 0,3)	0,30	0,30
Área de Aço existente			9,45	10,00	-
As área de aço exixtente nas vigas 35 e 36, são superiores aos calculados					

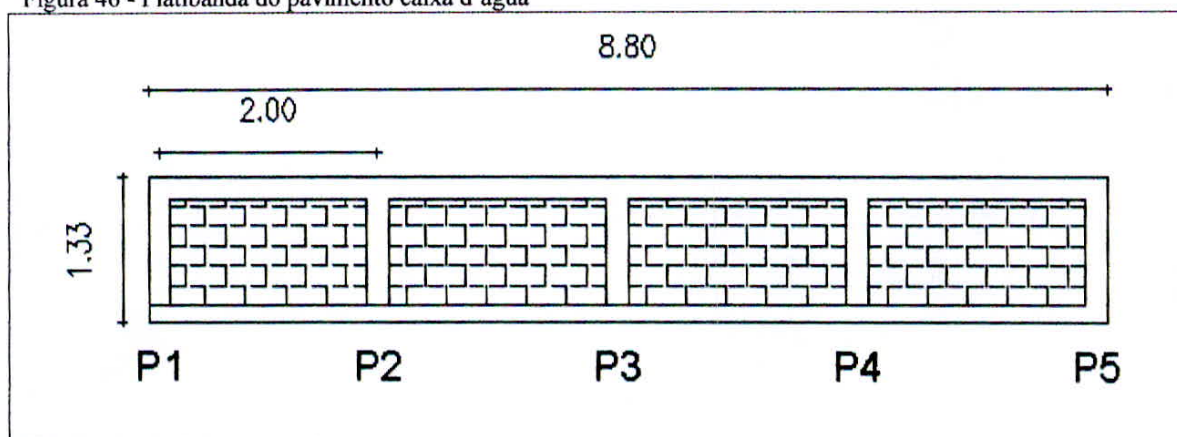
Fonte: Autor.

Conclusão: como apresentado na tabela 17, os esforços de compressão na diagonal de concreto e a área de aço da viga 03, atendem as verificações.

### 9.2.6 Cálculo de resistência da platibanda

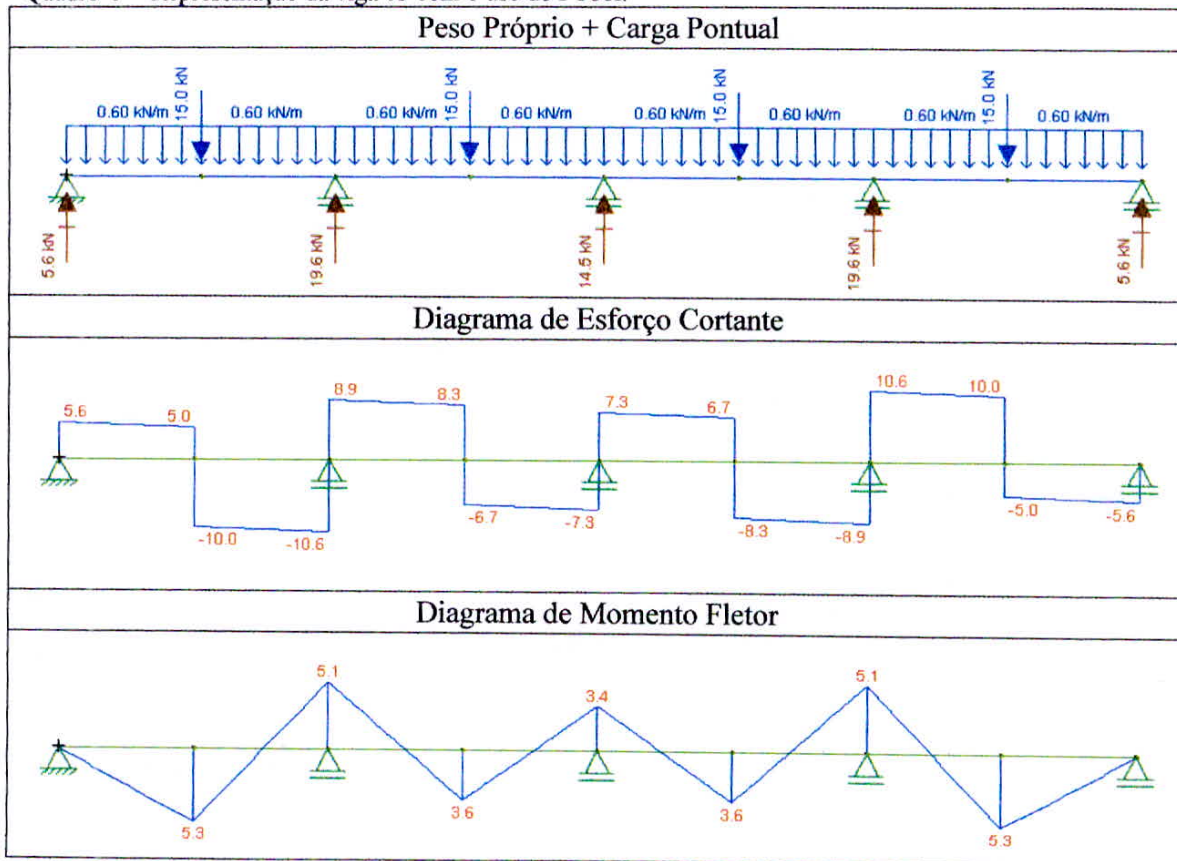
A platibanda não possui projeto estrutural, no entanto em caso de sustentação de andaimes suspensos em platibanda ou beiral da edificação, essa deve ser precedida de estudos de verificação estrutural sob responsabilidade de profissional legalmente habilitado, ela deve ser dimensionado para resistir a um esforço vertical de 1500 Kgf.

Figura 46 - Platibanda do pavimento caixa d'água



Fonte: Autor.

Quadro 9 – Representação da viga 03 com o uso do FTool.



Fonte: Autor

### CALCULO DE RESISTÊNCIA DA PLATIBANDA

Dados da viga:

Base (b): 12 cm

Altura (h): 20 cm

$d' = 4$  cm

Comprimento(L): 880 cm

$\gamma$  concreto armado: 25 KN/m<sup>3</sup>

$N_y = 15$  KN

a) Peso próprio:

$P_p = b \times h \times \gamma$

$P_p = (0,12 \times 0,20 \times 25)$

$P_p = 0,60$  KN/m

b) Momento Maximo:

$M_{Max} = 5,30$  KN.m ou 530KN.cm

c) Calculo da área de aço:

$$K_{md} = \frac{\gamma x M}{b x d^2 x f_{cd}} = \frac{1,4 x 530}{12 x 16^2 x \left(\frac{2,5}{1,4}\right)}$$

$$K_{md} = 0,135$$

$$K_2 = 0,913$$

$$A_s = \frac{\gamma x M}{K_2 x d x f_{yd}} = \frac{1,4 x 530}{12 x 16 x \left(\frac{50}{1,15}\right)}$$

$$A_s = 1,168 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \min} = \frac{0,15}{100} x b x d = \frac{0,015}{100} x 12 x 16$$

$$A_{s \min} = 0,36 \text{ cm}^2$$

$$s_{max} = 0,6 x d = 0,6 x 16 = 10 \text{ cm}$$

d) Verificação da área de concreto comprimido:

$$V_{sd} = \gamma x V$$

$$V_{sd} = 1,4 x 10,6 = 14,86 \text{ KN}$$

$$V_{rd2} = 0,27 x \alpha_v x f_{cd} x b w x d$$

$$V_{rd2} = 0,27 x 0,9 x \frac{2,5}{1,4} x 12 x 16$$

$$V_{rd2} = 83,31 \text{ KN}$$

$$V_{sd} \ll V_{rd2}$$

Assim com a área de concreto determinada de (12x20)cm, identificamos que a viga da platibanda de ter uma área de aço 1,168 cm<sup>2</sup>, podendo ser adotado 3Ø de 8,00 mm ou 2Ø de 10,00mm, para as barras longitudinais, e também que a área de concreto existente resiste a ação de compressão.

## 10 Conclusão

O projeto de dimensionamento de ancoragens proporciona ao colaborador, especialista em atividades em altura, ancorar sua linha de vida e seu equipamento de maneira segura, deixar de dimensionar este sistema significa imprevisto por parte do trabalhador, que em caso de acidente acarreta problemas judiciais para os responsáveis pela obra, assim como o risco de morte e invalidez por parte do trabalhador, e despesas para a Previdência Social.

Muitas são as exigências estabelecidas nas normas ABNT - NBR: 6494/1990 e MTE – NR-18, no entanto sabemos que a falta de fiscalização e a desinformações de alguns profissionais da área, colaboram para a pouca divulgação das informações.

O trabalho foi concluído com base em dados técnicos de fabricantes e com ausência de trabalhos acadêmicos sobre o assunto, possivelmente porque a exigência deste tipo de projeto se tornou necessária após alteração do item 18.15.56.1, pela Portaria da Secretaria de Inspeção de Trabalho (SIT) nº 318, em 2012, onde estabelecia que qualquer edificação com mais de quatro pavimentos ou altura superior a 12,00m, os sistemas de fixação, sustentação e as estruturas de apoio dos andaimes suspensos devem ser precedidos de projeto elaborado e acompanhado por profissional legalmente habilitado na fase de elaboração do projeto estrutural, e não de maneira corretiva como o apresentado neste trabalho, no entanto as edificações construídas anteriormente a alteração da norma, não ficam dispensadas de instalar suas ancoragens, e respeitar as especificações legais.

Os cálculos sobre a resistência das vigas foram feitos visando seu carregamento crítico, com carregamento superior ao gerado pelos andaimes e em conformidade com a ABNT - NBR: 6118/2014.

Como, observado os elementos estruturais escolhidos suportam o carregamento combinado das componentes verticais e horizontais, gerados pelo esforço de 1500 kgf, valor mínimo solicitado pelas normas, a análise da estrutura foi feita levando em consideração que este esforço gera flexão oblíqua e torção nas vigas, já as ancoragens fixadas na laje 03, foi analisada sua área de aço resistente à tração, como observado no memorial de cálculo.

A platibanda onde ficar os afastadores dos andaimes no pavimento caixa d'água não possui projeto estrutural, sendo assim, foi realizada inspeção “*in loco*” onde foram verificadas as dimensões do elemento estrutural, e em seguida foi calculado a área de aço necessária para atender a NR-18.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR: 6494/1990: **Segurança nos Andaimés**. Rio de Janeiro, 1990.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR: 6118/2014: **Segurança nos Andaimés**. Rio de Janeiro, 2014.

ALPINISMO INDUSTRIAL, Lift Ancoragem. **Alpinismo industrial e ancoragem predial**: Niterói, 2014. Disponível em: < <http://www.liftancoragem.com.br/7/>>. Acesso em 30 abr. 2014.

ANDAIMÉS LTDA, Jirau. **Manual técnico de montagem**, 3ª Edição, vol. 1: São Paulo, 2014. Disponível em: < <http://www.andaimesjirau.com.br/downloads.html>>. Acesso em 20 mai. 2014.

ANDAIMÉS LTDA, Metax. **Manual técnico**: Campinas, 2014. Disponível em: < <http://www.metax.com.br/aluguel-de-plataforma-el%C3%A9trica-id-95>>. Acesso em 20 mai. 2014.

ANDAIMÉS, Super. **Apostila de andaimés suspensos com cabo passante**: Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.superandaimes.com.br/informacoes-tecnicas.php>>. Acesso em 20 mai. 2014.

BKL, Andaimés Suspensos Leves. **Manual técnico de montagem de andaimés suspensos leves**: Disponível em: <[http://www.drmlocacao.com.br/assets/arquivos/downloads/Manual\\_BKL\\_para\\_andaime\\_suspensao.pdf](http://www.drmlocacao.com.br/assets/arquivos/downloads/Manual_BKL_para_andaime_suspensao.pdf)> Acesso em 15 mai. 2014.

Editora, Pini. **Revista equipe de obra**: São Paulo, 2014. Disponível em: < <http://equipedebra.pini.com.br/construcao-reforma/53/cabos-de-aco-aspecto-geral-especificacoes-de-resistencia-e-272022-1.aspx>>. Acesso em 25 out. 2014.

Ftool – Two – Dimensional Frame Analysis Tool, versão 3.0. PUC-Rio - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil e Tecgraf - Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica, 2012. Disponível em: <<http://webserver2.tecgraf.puc-rio.br/ftool/>>. Acesso em 15 de set.2014.

GROUP LCC, The Crosby. **Catálogo geral Crosby**: Estados Unidos, 2014. Disponível em: < <http://thecrosbygroup.com/html/#/pt/99> > . Acesso em 25 out. 2014.

Indústria de Cabo de Aço LTDA, Torame. **Especificações Técnicas do produto**: São Paulo, 2014. Disponível em: < <http://www.torame.com.br/cabos-de-aco-em-sao-paulo.html> >. Acesso em 25 out. 2014.

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego - NR-18/1978. **Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Portaria Nº 3.214, Brasília, 1978.

PREVIDÊNCIA SOCIAL, **Anuário Estatístico, v.21**: Brasília, 2012. Disponível em: <[http://www.previdencia.gov.br/wp-content/uploads/2013/05/AEPS\\_2012.pdf](http://www.previdencia.gov.br/wp-content/uploads/2013/05/AEPS_2012.pdf)>. Acesso em 30 abr. 2014.



OBLÍQUA, versão 1.0. Centro de Estudos de Engenharia Civil Professor Inaldo Ayres Vieira (CESEC). Seções Transversais de Concreto Armado sujeitas a Solicitações Normais de Cálculo, 2001. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/concretoarmado/>>. Acesso em 15 set. 2014.

SISTEMA DE FIXAÇÃO, Ancora. **Catálogo de dados técnicos**: São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://ancora.com.br/site/wp-content/uploads/2014/03/dadostecnicos.pdf>> Acesso em 15 out. 2014.

**ANEXOS – CATALOGOS DOS FABRICANTES**

# QEP400

## ANCORAGEM QUÍMICA - Epóxi



### Descrição do Produto

Sistema de ancoragem adesiva por injeção bicomponente à base de epóxi para altas cargas em concreto.

### Características e Vantagens

- Ancoragem para altas cargas em concreto
- Permite menores espaçamentos entre fixações e reduzidas distâncias da borda
- Aplicação limpa, ágil e simples com aplicador manual e bico misturador
- Excelente para aplicações com cargas dinâmicas
- Pode ser aplicado em locais úmidos
- Pode ser usado em furos diamantados
- Sem estireno
- Produto certificado

### Principais Aplicações

- Recuperação e reforço estrutural em vigas e pilares de concreto
- Arranques em estruturas e paredes de concreto
- Ancoragem de estruturas e peças metálicas
- Instalação de vergalhão de construção e barras rosçadas

#### Propriedades Físicas:

Densidade 1,5  
Livre de estireno  
Sem retração

#### Embalagem:

Cartuchos 400 ml

#### Aplicador:

APL400

### Haste Roscada

Diâmetro		Furo (1) (mm)		Distâncias (3) (mm)		Chave (pol)	Torque (4) (kgf.m)	Fixações por cartucho (5)	Cargas permissíveis (2) (kgf)	
pol	mm	Diâm.	Prof.	Fixador - Fixador	Fixador - Borda				Tração	Corte
5/16"	8	10	64	96	64	1/2"	1,5	73	755	505
			96	144	96			58	944	
3/8"	10	12	80	120	80	9/16"	2,4	53	1.129	746
			120	180	120			43	1.172	
1/2"	12	14	96	144	96	3/4"	4,2	36	1.954	1.318
			144	216	144			26	2.048	
5/8"	16	18	128	192	128	15/16"	10,4	15	2.950	2.179
			192	288	192			7	3.691	
3/4"	20	22	160	240	160	1.1/8"	20,7	9	4.652	3.255
			240	360	240			6	5.513	
7/8"	22	25	176	264	176	1.5/16"	24,2	7	5.431	4.431
			264	396	264			5	7.367	
1"	24	28	192	288	192	1.1/2"	32,5	6	6.636	5.788
			288	432	288			4	9.102	
1.1/4"	32	35	256	384	256	1.7/8"	55,0	3	8.511	9.208
			384	576	384			2	13.555	

(1) Profundidades padrões.

(2) Utilizado coeficiente de segurança 4 sobre as cargas últimas, com hastes ASTM A193 B7 em concreto 30 MPa. Força de corte referente à resistência de haste ASTM 193 B7.

(3) Distância mínima recomendada, para menores consulte o departamento técnico.

(4) Valores válidos para hastes ASTM A193 B7 / Porca ASTM A194 2H.

(5) Valores estimados em condições ideais de uso.

**Vergalhões**

Diâmetro		Furo (1)		Fixações por cartucho (2)	Carga última de tração (3) (kgf)
pol	mm	Diâm. (mm)	Prof. (mm)		
5/16"	8	12	80	126	815
			280	38	2.231
3/8"	10	14	100	95	1.222
			366	25	3.474
1/2"	12	16	120	63	2.282
			410	17	6.817
5/8"	16	20	140	17	3.260
			538	5	8.906
3/4"	20	25	160	9	5.095
			562	2,5	13.909
1"	22	30	200	6	7.642
			702	2	21.704
1.1/4"	32	40	320	3,5	12.064
			800	1,5	30.162

(1) Profundidades padrões.

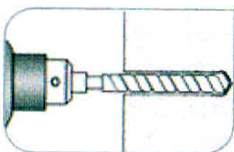
(2) Valores estimados em condições ideais de uso.

(3) Valores para concreto 30 MPa e Vergalhões CA50. Deve-se aplicar coeficientes de segurança conforme projeto.

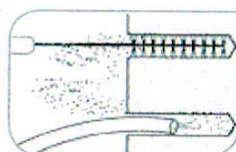
Temperatura	Tempos de trabalho		
	5°C	20°C	30°C
Tempo de manipulação	30 min	10 min	4 min
Tempo de cura	8h	3h30	2h

**MÉTODO DE APLICAÇÃO**

**Preparação**



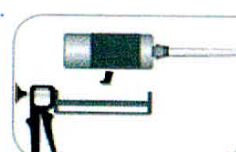
Faça o furo conforme indicado.



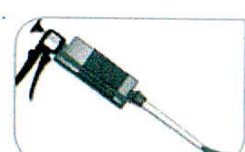
Limpe o furo com escova e ar.



Rosquele o bico misturador.

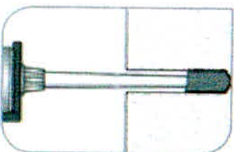


Coloque o cartucho no aplicador.

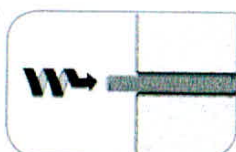


Dispense um pouco da resina até estar com a mistura homogênea (ver pág. 21).

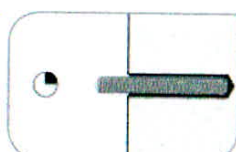
**Base maciça**



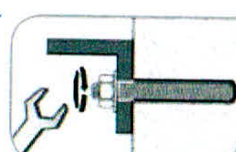
Aplique a resina no furo. Preencha aprox. 2/3 do furo, do fundo para superfície.



Introduza a haste rosçada girando-a.



Aguarde o tempo de cura.



Posicione a peça e conclua a fixação.

# HASTES

## ANCORAGEM QUÍMICA



### Descrição do Produto

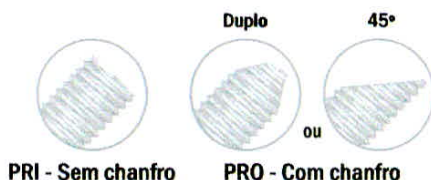
Hastes ou barras rosçadas de aço para ancoragem química, com porca e arruela.

### Características e Vantagens

- Produzidos nos aços ABNT 1010/20, ASTM A193 B7 e inox 304/316
- Dimensões, acabamentos e tratamentos superficiais conforme aplicação e necessidade
- Com ou sem chanfro
- Certificados de qualidade conforme normas
- Consulte nossa disponibilidade e logística
- Vantagens por ser única fabrica especializada do segmento

### Principais Aplicações

- Ancoragens químicas
- Instalação de máquinas, motores e equipamentos
- Instalação de estruturas e peças metálicas
- Recuperação e reforço estrutural em vigas e pilares de concreto



Diâmetro da rosca (pol)	Comp. da haste (mm)	Aço ABNT 1010/20		Aço ABNT 1010/20			AÇO ASTM A193 B7			Aço Inoxidável ABNT 304		
		PRQ	PRI	Resistências (kgf)			Resistências (kgf)			Resistências (kgf)		
		Com chanfro	Sem chanfro	Escoamento	Tração	Corte	Escoamento	Tração	Corte	Escoamento	Tração	Corte
1/4"	65		•	633	817	572	-			450	1062	743
	90		•									
5/16"	75		•	1028	1327	929	2455	2887	2020	730	1725	1208
	100		•									
	110	•										
	200	•										
3/8"	80		•	1519	1960	1372	3627	4264	2985	1078	2549	1784
	110		•									
	130	•										
	220	•										
1/2"	95		•	2684	3463	2424	6407	7533	5273	1905	4502	3152
	135		•									
	160	•										
	250	•										
5/8"	115		•	4437	5725	4007	10592	12452	8717	3149	7443	5210
	165		•									
	190	•										
	250	•										
3/4"	145		•	6628	8552	5986	15822	18602	13021	4704	11118	7783
	220		•									
	260	•										
7/8"	250	•	•	9021	11641	8148	21536	25320	17724	6402	15133	10593
	175		•									
1"	250		•	11783	15204	10643	28129	33070	23149	8362	19766	13836
	300	•										
	300	•										
1.1/4"	380	•	•	18748	24191	16934	44754	52616	36831	13305	31449	22014

\*Rosca 1/2 - 1.3 UNC.

Verificar adaptador e soquetes para aplicação das hastes PRQ na pág. 26.

# Grampos forjados para cabos de aço

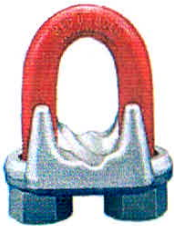


**VEJA AS INFORMAÇÕES E ADVERTÊNCIAS DE APLICAÇÃO**

www.thecrosbygroup.com.br

Veja o catálogo geral

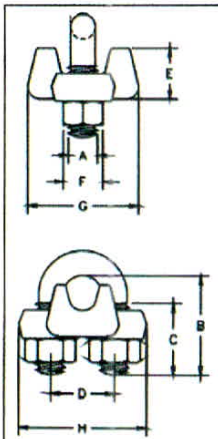
## G-450



- Cada base tem forjado o código de identificação do produto (PIC) para rastreabilidade do material, o nome Crosby ou "CG" e o tamanho.
- Baseado na carga de ruptura do cabo de aço indicado no catálogo, os grampos Crosby para cabo de aço têm uma taxa de eficiência de 80% para os tamanhos de 3-4mm - 22mm e 90% para tamanhos de 24-26mm - 90mm.
- O grampo é totalmente galvanizado para resistir à corrosão e ação oxidante.
- Os tamanhos de 1/8" até 2-1/2" e 3" (de 3mm até 65mm e 75-78mm) têm bases forjadas.
- Todos os grampos são embalados e etiquetados individualmente com as instruções de aplicação e as advertências apropriadas.
- Os grampos até 1-1/2" (38mm) têm rosca arredondada.
- Cumprem ou excedem todas as exigências da norma ASME B30.26, incluindo identificação, ductilidade, fator de desenho, carga de prova e requisitos de temperatura. É importante notar que estes grampos para cabo de aço cumprem com outros requerimentos críticos de rendimento, incluindo índices de fadiga, propriedades de impacto e capacidade de rastrear o material, que foram abordados pela ASME B30.26.
- Procure a RED-U-BOLT®, sua garantia de autênticos grampos Crosby.

Grampos Crosby, todos os tamanhos, exceto 68-72mm e 85-90mm, satisfazem os requerimentos de desempenho do EN13411:2003. Grampos Crosby, todos os tamanhos de 6mm e maiores, satisfazem os requerimentos de desempenho da Especificação federal FF-C-450 TIPE 1 CLASSE 1, exceto aquelas especificações exigidas pelo contratante. Para informações adicionais, veja a página 468 no Catálogo geral.

## Grampos G-450 Crosby®



Diâmetro do cabo		G-450 Nº do estoque	Qtde pacote padrão	Peso por 100 (kg)	Dimensões (mm)							
(mm)	(pol.)				A	B	C	D	E	F	G	H
3-4	1/8	1010015	100	2.72	5.60	18.3	11.2	11.9	10.4	9.65	20.6	23.9
5	3/16	1010033	100	4.54	6.35	24.6	14.2	15.0	12.7	11.2	23.9	29.5
6-7	1/4	1010051	100	8.62	7.85	26.2	12.7	19.1	16.8	14.2	30.2	36.6
8	5/16	1010079	100	12.7	9.65	35.1	19.1	22.4	18.3	17.5	33.3	42.9
9-10	3/8	1010097	100	21.8	11.2	38.1	19.1	25.4	23.1	19.1	41.4	49.3
11	7/16	1010113	50	35.4	12.7	47.8	25.4	30.2	26.2	22.4	46.0	58.0
12-13	1/2	1010131	50	36.3	12.7	47.8	25.4	30.2	28.7	22.4	48.5	58.0
14-15	9/16	1010159	50	49.4	14.2	57.0	31.8	33.3	31.0	23.9	52.5	63.5
16	5/8	1010177	50	49.9	14.2	60.5	31.8	33.3	34.0	23.9	52.5	63.5
18-20	3/4	1010195	25	64	15.7	70.0	36.6	38.1	35.8	26.9	57.0	72.0
22	7/8	1010211	25	96	19.1	79.0	41.1	44.5	40.4	31.8	62.0	80.5
24-26	1	1010239	10	114	19.1	89.0	46.0	47.8	45.2	31.8	67.0	88.0
28-30	1-1/8	1010257	10	128	19.1	98.5	51.0	51.0	48.5	31.8	71.5	91.0
32-34	1-1/4	1010275	10	199	22.4	108	54.0	59.4	55.5	36.6	79.5	105
36	1-3/8	1010293	10	200	22.4	118	58.5	59.4	58.5	36.6	79.5	106
38	1-1/2	1010319	10	247	22.4	125	60.5	66.5	62.0	36.6	86.5	113
41-42	1-5/8	1010337	Grande qtidade	319	25.4	135	66.5	70.0	67.5	41.4	92.0	121
44-46	1-3/4	1010355	Grande qtidade	424	28.7	146	70.0	77.5	74.5	46.0	97.0	134
48-52	2	1010373	Grande qtidade	590	31.8	164	76.0	86.0	77.0	51.0	113	149
56-58	2-1/4	1010391	Grande qtidade	7 26	31.8	181	81.0	98.5	81.0	51.0	114	162
62-65	2-1/2	1010417	Grande qtidade	862	31.8	195	87.5	105	93.5	51.0	119	168
** 68-72	** 2-3/4	1010435	Grande qtidade	1043	31.8	211	90.5	111	124	51.0	127	175
75-78	3	1010453	Grande qtidade	1406	38.1	233	98.5	121	119	60.5	149	194
** 85-90	** 3-1/2	1010426	Grande qtidade	1814	38.1	273	114	140	152	60.5	157	213

\* Porcas e cavilha-U eletro-laminadas. \*\* a base de 70mm e 89mm é feita de aço fundido.

- Cada base tem forjado o código de identificação do produto (PIC) para rastreabilidade do material, o nome Crosby ou "CG" e o tamanho.
- O grampo inteiro é feito de Aço inoxidável 316 para resistir à ação corrosiva e oxidante.
- Todos os componentes são eletro-polidos.
- Todos os grampos são embalados e etiquetados individualmente com as instruções de aplicação e as advertências apropriadas.

## SS-450



## SS-450 Grampos de aço inoxidável para cabo de aço

Dimensões do cabo		SS-450 Nº do estoque	Qtde pacote padrão	Peso por 100 (kg)	Dimensões (mm)							
(mm)	(pol.)				A	B	C	D	E	F	G	H
3-4	1/8	1011250	Grande qtidade	2.72	5.60	18.3	11.2	11.9	10.4	9.65	20.6	23.9
5	3/16	1011261	Grande qtidade	4.54	6.35	24.6	14.2	15.0	12.7	11.2	23.9	29.5
6-7	1/4	1011272	Grande qtidade	9.07	7.85	26.2	12.7	19.1	16.8	14.2	30.2	36.6
9-10	3/8	1011283	Grande qtidade	21.3	11.2	38.1	19.1	25.4	23.1	19.1	41.4	49.3
12-13	1/2	1011305	Grande qtidade	34.9	12.7	47.8	25.4	30.2	28.7	22.4	48.5	58.0
16	5/8	1011327	Grande qtidade	48.1	14.2	60.5	31.8	33.3	34.0	23.9	52.5	63.5