

CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ

DHIENIFER WELTER

**PROJETO DE FÔRMAS METÁLICAS PARA ESCADAS DE EDIFÍCIOS SEGUNDO
A NORMA DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS PARA ESTRUTURAS DE
CONCRETO (NBR 15696:2009)**

CASCATEL - PR

2019

CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ

DHIENIFER WELTER

**PROJETO DE FÔRMAS METÁLICAS PARA ESCADAS DE EDIFÍCIOS SEGUNDO
A NORMA DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS PARA ESTRUTURAS DE
CONCRETO (NBR 15696:2009)**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Eliseu Zanella Junior

CASCADEL - PR

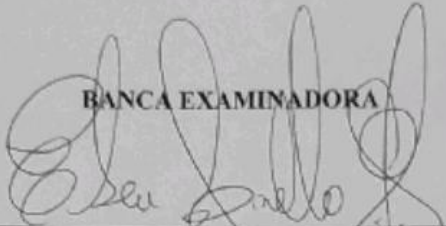
2019

CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ

DHIENIFER WELTER

**PROJETO DE FÔRMAS METÁLICAS PARA ESCADAS DE EDIFÍCIOS
SEGUNDO A NORMA DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS PARA
ESTRUTURAS DE CONCRETO (NBR 15696:2009)**

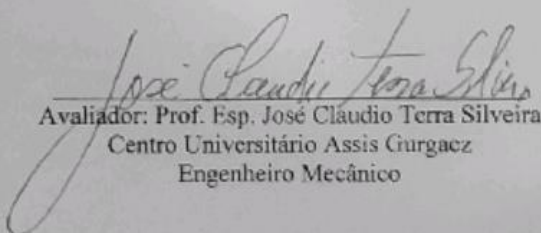
Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG,
como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica,
sob orientação do Professor Me. Eliseu Avelino Zanella Junior.


BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Me. Eliseu Avelino Zanella Junior
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Avaliadora: Prof. Me. Rosemar Dal Ponte
Centro Universitário Assis Gurgacz
Bacharel em Informática

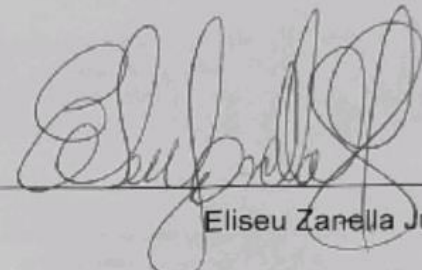


Avaliador: Prof. Esp. José Claudio Terra Silveira
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 26 de junho de 2019.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Eu, Eliseu Zanella Junior professor do Centro Universitário Assis Gurgacz e orientador da acadêmica Dhienifer Welter do Trabalho de Conclusão de Curso, declaro que as correções solicitadas pela banca foram efetuadas corretamente.



Eliseu Zanella Junior

Cascavel, 01 de junho de 2019.

DEDICATÓRIA

A minha família, pela paciência, carinho, presença e apoio não somente neste marco profissional, mas em todas as escolhas e conquistas da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Na vida somos guiados por sonhos que alimentam a alma e nos dão coragem para trilhar um futuro e assim conquistá-lo. Não obstante esses sonhos são nutridos por pessoas que também acreditam e fazem parte deles durante sua trajetória.

E para essas pessoas meus eternos agradecimentos. Meus familiares, em especial meu esposo Pedro, pela parceria cotidiana, pela paciência, amor, compreensão e por entender minha ausência diária e dedicação.

Aos meus pais, que são exemplos de sonhos realizados com muita luta e perseverança, e também por fazerem de meus sonhos os seus.

As minhas irmãs, Dheime e Dhieizi, vocês que sempre estiveram presentes, nas horas de alegrias e dificuldades, são grandes mulheres.

Aos amigos e amigas, por preencher minha vida com animação e que torceram por mim, sem vocês a faculdade não seria a mesma. Valeu pela força!

A todos os professores da Instituição FAG, que contribuíram na minha formação, em especial a professora Rosemar Dal Ponte, que nunca mediu esforços para me ajudar.

Ao mestre professor Sérgio Henrique Rodriguês Mota, por ter norteado minha caminhada.

Ao mestre Eliseu Zanella Junior, professor e orientador, sem ele talvez este trabalho não tivesse o detalhe que alcançou.

‘A desobediência é uma virtude necessária à criatividade’.

Raul Seixas

RESUMO

Um dos problemas atuais discutidos globalmente é a geração de resíduos, e um dos maiores geradores de resíduos é a construção civil. Este trabalho surge como uma alternativa para a diminuição e reutilização de material utilizado em canteiros de obras, trazendo fôrmas metálicas para a construção civil em escadas de edifícios como alternativa ao modelo convencional utilizado. O principal intuito deste estudo é realizar um projeto viável mediante esboço, baseando-se na NBR-15696 e NPT-011 para a região Oeste do Paraná, tendo em vista projetar uma fôrma que suporte os esforços atuantes do concreto armado e que e ao mesmo tempo possa ser reutilizável, garantindo rapidez e eficácia nas obras, e consequentemente reduzindo os resíduos sólidos urbanos. O trabalho foi desenvolvido com base em normas regentes, o projeto foi desenvolvido no programa Solidworks e as tensões foram simuladas pelo método dos elementos finitos no programa Solidworks, o dimensionamento se tornou eficaz apresentando Fator de Segurança de 18, podendo se tornar uma boa alternativa ao modelo convencional.

Palavras-chave: fôrmas metálicas, reutilização, escadas em edifícios.

ABSTRACT

One of the current problems discussed globally is the generation of waste, and one of the largest waste generators is the construction industry. This work emerges as an alternative for the reduction and reuse of material used in construction sites, bringing metallic forms for civil construction on stairways of buildings as an alternative to the conventional model used. The main purpose of this study is to carry out a feasible sketch project, based on NBR-15696 and NPT-011 for the western region of Paraná, with a view to designing a form that supports the active efforts of the reinforced concrete and that is to the same can be reusable, ensuring speed and efficiency in the works, and consequently reducing urban solid waste. The work was developed based on regent rules, the project was developed in the Solidworks program and the tensions were simulated by the finite element method in the Solidworks program, the sizing became effective presenting a Safety Factor of 18, and could become a good alternative to the conventional model.

Keywords: metal structures, reuse, stairs in buildings.

LISTA DE EQUAÇÃO

EQUAÇÃO 1: Von mises.....	29
EQUAÇÃO 2: Fator de segurança	30
EQUAÇÃO 3: $\sigma_{vonmises}$	30
EQUAÇÃO 4: Coeficiente de poisson.....	30
EQUAÇÃO 5: Materiais isotrópicos	31
EQUAÇÃO 6: Módulo de young	31
EQUAÇÃO 7: Fórmula de blondel	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Escada com lances adjacentes	22
Figura 2: Escada com lances adjacentes, com vigas no contorno externo: forma estrutural e esquema das reações de apoio.	23
Figura 3: Detalhe típico das armaduras.....	23
Figura 4: Escada com lances adjacentes, sem as vigas inclinadas V2 e V4: forma estrutural e esquema das reações de apoio.	24
Figura 5: Detalhe das armaduras.....	24
Figura 6: Escada com lances adjacentes, sem a viga V3: forma estrutural e esquema das reações de apoio.....	25
Figura 7: Detalhe das armaduras.....	25
Figura 8: Escada com lances adjacentes	26
Figura 9: Escada com lances adjacentes	26
Figura 10: Escada com lances adjacentes	27
Figura 11: Escada com lances adjacentes	27
Figura 12: Elemento tetraédrico.....	28
Figura 13: Tabela de propriedades mecânicas do aço ASTM A36.....	33
Figura 14: Tabela de pesos específicos de materiais.....	35
Figura 15: Inclinação das escadas	36
Figura 16: Malha de treliça	37
Figura 17: Malha de treliça	38
Figura 18: Chapa para fechamento inferior.....	38
Figura 19: Malha de treliça	39
Figura 20: Malha de treliça	40
Figura 21: Malha de treliça	40
Figura 22: Grampo de aperto	41
Figura 23: Fôrma lateral esquerda.....	41
Figura 24: Espelho	42
Figura 25: Montagem do espelho com a chapa lateral.....	42
Figura 26: Arruela M10	43
Figura 27: Porca M10.....	43
Figura 28: Montagem do espelho com a chapa lateral.....	44
Figura 29: Montagem do espelho com a chapa lateral.....	44

Figura 30: Montagem do espelho com a parede	45
Figura 31: Parafuso M10.....	45
Figura 32: Montagem	46
Figura 33: Montagem	46
Figura 34: Escora metálica.....	47
Figura 35: Montagem	47
Figura 36: Escada	48
Figura 37: Informações do modelo	49
Figura 38: Informações de malha.....	53
Figura 39: Análise estática, plotagem limite superior axial e curvatura de tensão	54
Figura 40: Análise estática, plotagem deslocamento estático	55
Figura 41: Fator de segurança	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Propriedades do estudo.....	49
Tabela 2: Propriedades do estudo.....	50
Tabela 3: Unidades utilizadas.....	50
Tabela 4: Propriedades do material	51
Tabela 5: Acessórios de fixação e Cargas	51
Tabela 6: Forças resultantes	53
Tabela 7: Resultados do estudo	54
Tabela 8: Resultados do estudo	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

NBR – Norma Técnica

NPT – Norma de Procedimento Técnico

NR – Norma Regulamentadora

MPa – Mega Pascal (unidade de medida)

RCC – Resíduos da Construção Civil

KN/m³ – Quilo Newton por metro cúbico

mm – Milímetros

m – Metros

cm – Centímetros

3D – Três dimensões (Computação gráfica)

2D – Duas dimensões (Computação gráfica)

Kg/m² – Quilograma metro quadrado

MEF – Método dos elementos finitos

Solidworks – Software

σ – Sigma

τ – Tau

FS – Fator de segurança

E – Módulo de Young

G – Módulo de cisalhamento

ν – Coeficiente de Poisson

K – Módulo volumétrico

f_u – Ruptura

f_y – Escoamento

h – Altura

b – Base

N – Newton

Kgf – Quilograma força

Tnf – Tonelada força

Kgf.m – Quilograma força metro

Tnf.m – Tonelada força metro

Kg – Quilograma

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS DA PESQUISA	15
1.1.1	Objetivo geral	15
1.1.2	Objetivos específicos	16
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.3	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	16
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	17
2.	FUNDAMENTAÇÕES TEÓRICAS	18
2.1	SISTEMA DE FÔRMAS	18
2.2	FÔRMAS METÁLICAS.....	19
2.3	REUTILIZÁVEIS	20
2.3.1	Reutilização de materiais na construção civil.....	21
2.4	ESCADAS EM EDIFÍCIOS.....	22
2.4.1	Escadas com lances adjacentes.....	22
2.4.2	Escada com lances adjacentes, com vigas inclinadas no contorno externo.....	23
2.4.3	Escada com lances adjacentes, sem as vigas inclinadas V2 e V4	24
2.4.4	Escada com lances adjacentes, sem a viga V3	25
2.5	ELEMENTOS FINITOS SOLID WORKS	28
2.5.1	Critério de Von Mises	29
2.5.2	Coeficiente de Poisson	30
2.6	PROPRIEDADE MECÂNICA DO AÇO	32
2.6.1	Tipo de aço a ser utilizado	32
2.7	PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO.....	33
2.8	DESMOLDANTE	34
2.8.1	Aplicação e limpeza.....	34
3.	METODOLOGIA.....	35
3.1	DADOS COLETADOS DAS NORMAS	36
3.2	PROJETO	37
3.2.1	Projeto e processo de montagem	37
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
6.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	59

REFERÊNCIAS	60
ANEXOS I – Informações do modelo	63
ANEXO II – VIGAS (FORÇAS DE VIGA).....	81
ANEXO III – Tensões da viga	88
ANEXO IV – Pranchas do projeto.....	94

1. INTRODUÇÃO

Os métodos construtivos da construção civil ainda são arcaicos e obsoletos, além de grandes geradores de resíduos, as escadas são um dos maiores responsáveis por estes números, (SABBATINI, 1989). As fôrmas metálicas para construção surgem com a necessidade de reaproveitamento e sustentabilidade, servindo também para melhor acabamento superficial reduzindo o retrabalho.

O trabalho acadêmico desenvolvido nos trás uma forma sustentável para construção de escadas em edifícios pela norma regulamentadora NPT 011 em conformidade com a NBR 15696. As fôrmas foram projetadas para substituírem as convencionais de madeiras utilizadas na construção de escadas em edifícios, o material utilizado foi o aço ASTM A36 aço carbono estrutural, a escolha foi feita devido a sua resistência entre 400 MPA e 450 MPA.

As medidas do projeto foram definidas a partir de normas e principalmente da norma do corpo de bombeiros NPT 011, foi utilizado uma largura mínima 1200 mm e altura do pé direito mínimo de 2780 mm.

A fôrma foi projetada para suportar concreto armado com coeficiente de peso de 25 KN/m³ este valor se encontra tabelado por normas. As junções das fôrmas serão feitas com cunhas, os apoios serão de escoras metálicas usualmente utilizadas para escorar lajes.

A proposta de projeto se deu pelo programa Solidworks onde efetivamente testamos os perfis e as cargas que atuaram sobre eles, pensando em seu nível crítico de concreto armado fresco obtemos o resultado de Fator de Segurança de 18 calculado automaticamente utilizando o critério de Von Mises, pelo método dos elementos finitos.

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um projeto de fôrma metálica reutilizável para escadas de edifícios, segundo a norma de fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos (NBR 15696:2009), obedecendo às medidas mínimas de espaço da Norma de Procedimento Técnico do Corpo de Bombeiros NPT 011.

1.1.2 Objetivos específicos

Para se obter o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos serão desenvolvidos:

- Realizar revisão bibliográfica;
- Coletar dados a partir de normas vigentes principalmente a NBR 15696:2009 e NPT 011;
- Simular projeto através do programa Solidworks (Projeto 3D), simular de forma teórica mediante projeto, as forças atuantes e como a estrutura se comporta com a carga.

1.2 JUSTIFICATIVA

Estima-se que os resíduos da construção civil representam cerca de 51% a 70% dos resíduos sólidos urbanos. Infelizmente ainda em sua grande maioria, os entulhos são lançados em bota-foras clandestinos, nas margens de rios e córregos, em terrenos baldios, nas encostas e demais áreas públicas e em áreas protegidas por lei. (MARQUES NETO, 2005)

Segundo Assahi (2010), a execução da estrutura sempre faz parte do caminho crítico na constituição do cronograma físico, para edifícios com processo produtivo moldado *in loco*. Geralmente, a execução da estrutura consome 50% do prazo total de execução. A fôrma por sua vez é responsável por 60%, conclui-se, portanto que ela consome 30% do prazo total do empreendimento e do caminho crítico do cronograma físico.

O projeto desenvolvido tem como intuito projetar fôrmas que suportem as cargas atuantes pelo concreto armado e também possam ser reutilizáveis, visando a otimização de processos e recursos utilizados na fabricação de escadas em edifícios, possibilitando o uso não só no local gerador como em outros locais, proporcionando desta forma, menor extração de recursos naturais, redução do volume dos resíduos em aterros sanitários, redução de mão de obra e tempo de execução.

1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

De que forma pode-se projetar fôrmas metálicas para escadas em edifícios, que suportam as cargas atuantes e ao mesmo tempo em que sejam reutilizáveis segundo as normas vigentes?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Trata-se de um estudo teórico, onde se coletou dados das normas NBR 15696 (2009) norma de fôrmas e escoramentos para estruturas de concretos em conformidade com a norma regulamentadora NPT-011 saídas de emergência do corpo de Bombeiros do Estado do Paraná.

Após a coleta de dados foi desempenhado o projeto de fôrmas metálicas reutilizáveis para escadas com lances adjacentes no Solidworks, além de análise de forças atuantes realizadas no mesmo pelo método dos elementos finitos, visando seu comportamento mediante as cargas.

2. FUNDAMENTAÇÕES TEÓRICAS

2.1 SISTEMA DE FÔRMAS

Segundo a NBR 15696:2009, fôrmas são estruturas provisórias que servem para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco, até que o mesmo se torne autoportante.

Segundo Neiva Neto (2014), fôrma se caracteriza por um sistema estrutural temporário, dimensionado para ser utilizado durante o estágio de construção da edificação. Desta forma, justifica-se a utilização de materiais que sejam reutilizáveis e que sejam adaptáveis às necessidades da estrutura.

Pode-se afirmar que o sistema de fôrmas é composto pelos seguintes elementos: molde, estrutura do molde, escoramento (cimbramento) e peças acessórios (RIPPER, 1996).

Molde é o que caracteriza a forma da peça, o componente que entra em contato direto com o concreto, indicando o formato e a textura concebidos para o elemento durante o projeto. É constituído genericamente por painéis de laje, fundos e faces de vigas e faces de pilares (FAJERSTAIN, 1987).

Estrutura do molde é o que dá suporte e travamento e é destinado a fortalecer o molde, garantindo que ele não se deforme quando submetido aos esforços originados pelas atividades de armação e concretagem, podendo ter diferentes características em função dos sistemas de fôrmas e da peça considerada. São constituídos normalmente por gravatas, sarrafos acoplados aos painéis de travessões (FAJERSZTAIN, 1987).

Escoramentos são definidos como estruturas provisórias de apoio com capacidade de resistir e conduzir às bases de apoio da estrutura todas as forças atuantes das cargas permanentes e variáveis resultantes do lançamento do concreto fresco sobre as fôrmas horizontais e verticais (NBR 15696:2009).

Define-se cimbramento DER (2006), como o conjunto de elementos-suporte que garantem o apoio consistente, indeformável, resistente aos desastres naturais, às cargas de peso próprio do concreto e das fôrmas, inclusive as cargas decorrentes da movimentação operacional, de modo a garantir total segurança durante as operações de concretagem das unidades estruturais.

Segundo Costa (2014), as fôrmas para construção civil e seus subsistemas possuem definição e requisitos especificados em normas, aos quais é preciso seguir a fim de evitar patologias futuras.

Segundo Nazar (2007), as fôrmas podem ser identificadas de acordo com o material do qual são compostas. Um sistema de fôrmas se caracteriza por um conjunto de materiais e equipamentos que são utilizados para sua formulação e execução. Os sistemas mais usuais em edifícios são os de madeira, de metal ou os mistos (madeira x metálica).

De acordo com Nazar (2007), os critérios para a utilização de um ou outro sistema dependem do tipo de peça a ser concretada, do prazo para a sua execução, da sua repetitividade e da disposição econômica da empresa de investir em equipamentos em curto prazo, visando seu aproveitamento em longo prazo.

A produtividade de um sistema de fôrma, associada ao prazo de execução são fatores indispensáveis para a escolha do sistema de fôrmas a ser adotado pela obra. Porém, podemos afirmar que sistemas de fôrmas mais duráveis, resistentes e capazes de maior produtividade como as fôrmas metálicas só se validam economicamente dentro de algumas restrições. Tais sistemas construtivos merecem destaque no processo de projeto de fôrmas para edifícios de concreto armado de múltiplos pavimentos, quando no caso de obras com baixo grau de variabilidade, curto prazo e alto número de reutilização (NAZAR, 2007).

No cenário atual da construção civil, a atenção dada é insuficiente para os custos decorrentes da fabricação, montagem e desmontagem de fôrmas na obra, porém, quando esses itens são somados a certificação ambiental do produto utilizado, segurança do trabalho e escoramento, entre outros, percebe-se a necessidade de um estudo sobre a possibilidade de se utilizar novas tecnologias ou processos para melhoria do processo e da demanda (MAGNAGNAGNO, 2014).

2.2 FÔRMAS METÁLICAS

São sistemas que empregam todos os componentes metálicos. Podem ser subdivididos em sistemas de fôrmas de aço e sistemas de fôrmas de alumínio. Estes sistemas são empregados em construção industrializada e repetitiva (FAJERSZTAJN, 1987).

Devido à diminuição de mão-de-obra dos canteiros no Brasil e com a imposição cada vez maior de prazos mais curtos, o sistema metálico surge como alternativa, trazendo maior velocidade, industrialização, racionalização e alto rendimento nas obras (MACHADO, 2013).

De acordo com SH Fôrmas (2008), a adoção de painéis metálicos na execução de fôrmas torna o procedimento mais fácil, rápido e, em alguns casos, menos oneroso.

Segundo Nazar (2007), a constituição de fôrmas metálicas pode ser dada em vários tipos de materiais metálicos, como alumínio, aço ou outras ligas metálicas. O principal fator para a sua adoção se baseia no tempo de execução e no cronograma da obra. Outro fator que deve ser levado em conta é a percepção de obras especiais que requeiram melhores sistemas e acabamento.

Os sistemas de fôrmas metálicas apresentam bom acabamento superficial devido ao fato de não apresentarem furação nos moldes da fôrma. Outro fator de importância se refere ao seu peso próprio, que por ser baixo, permite a fácil movimentação, extinguindo o uso de equipamentos especiais, como guias e guindastes (NAKAMURA, 2013).

As fôrmas metálicas são moduláveis e reaproveitáveis. Esses sistemas devem ser calculados por profissionais especializados e devem suportar o peso do concreto fresco e as eventuais sobrecargas até que o mesmo se torne autoportante (ASSAHI, 2010).

Há uma imensa quantidade de escoramentos e fôrmas metálicas disponíveis no mercado. É necessário que o projeto estrutural seja bem elaborado para que a demanda da construtora seja atendida e para que o projetista de fôrmas e escoramento consiga especificar o sistema de fôrmas mais econômico para a empresa. Para que se tenha uma correta equalização de propostas, alguns aspectos precisam ser levados em conta, tais como: logística interna do canteiro, quantidade de reuso de peças, peso a ser suportado pelas fôrmas e escoramento, dimensões e formas das estruturas a serem moldadas (PORTAL DO CIMBRAMENTO, 2018).

2.3 REUTILIZÁVEIS

Segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002, reutilizar é a reaplicação de um resíduo, sem alteração do mesmo, não há modificação química ou física.

De acordo com Alencar (2005), reutilizar um dado objeto significa reaproveitá-lo sem alguma transformação física, modificando ou não o seu uso original. Reutilizam-se recipientes de vidro de alimentos quando, consumido o produto, usa-se a embalagem para embalar objetos diversos e até o mesmo produto, após a lavagem e higienização da embalagem.

Para o dicionário da língua portuguesa, reutilizar define-se como dar um novo uso a algo; atribuir uma nova utilização a alguma coisa; utilizar novamente; ato ou efeito de reaplicar algo, de tornar a aplicar; de colocar em prática mais uma vez (DICIO, 2018).

2.3.1 Reutilização de materiais na construção civil

Desde 2002, no Brasil, as políticas públicas voltadas ao gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (RCC) visam impulsionar as empresas geradoras de resíduos a assumirem uma nova postura com relação aos entulhos originados em suas obras. Este fato mostra uma conscientização dos gestores do setor da construção civil em relação aos problemas ambientais, gerando preocupação com a necessidade de se desenvolver materiais e processos construtivos que não causem danos ao homem e nem ao meio ambiente (LACÔRTE, 2013).

Um fato que deve ser levado em conta é a não geração de resíduos na construção civil. Esse preceito muda a cultura já estabelecida na construção e gera uma alteração nos sistemas construtivos existentes. Para que isto aconteça, porém, é necessário reestudar os processos, visando estabelecer formas de evitar a geração de resíduos (BERTOL, 2015).

As vantagens com a reutilização de materiais na construção civil são inúmeras e podem ser vistas a partir da redução do volume de resíduos a descartar, a redução do consumo de materiais extraídos da natureza (como madeira), redução do volume dos acidentes de trabalho, obras mais limpas e organizadas, redução do número de caçambas retiradas da obra, melhoria na produtividade e imagem positiva da empresa junto ao público consumidor (LIMA; LIMA, 2005).

Apesar da existência de legislação específica que regulamenta o destino de resíduos das construções civis, o tema ainda continua sendo mais debatido no meio acadêmico do que na prática. Vislumbra-se, contudo, o despertar de uma consciência do indivíduo para com o meio ambiente, que tem buscado soluções sustentáveis para amenizar os impactos causados pelo desenvolvimento e garantir a sua sobrevivência no planeta (BERTOL, 2015).

2.4 ESCADAS EM EDIFÍCIOS

Segundo Burden (2006), escada é uma série interna ou externa de degraus ou de lances de degraus para o deslocamento entre dois ou mais níveis sucessivos, com patamares que se conectam em cada nível.

A escada é um elemento arquitetônico e tridimensional, pois possibilita a percepção do ambiente através de um deslocamento nas três dimensões. O seu papel espacial é ambivalente: a escada cria simultaneamente uma ligação e uma separação, uma continuidade e uma interrupção (UMINHO 2018).

De acordo com Freire (2010), os materiais utilizados nas construções podem originar patologias sérias, isto porque os mesmos estão sujeitos a intervenções das mais diversas possíveis. Piancastelli (2005) afirma que construtoras podem utilizar incorretamente materiais em virtude de falta de conhecimento técnico, ou utilizam materiais de baixa qualidade, de forma inescrupulosa ou não, com a finalidade de obter uma economia no orçamento da obra.

2.4.1 Escadas com lances adjacentes

Segundo Melges, Pinheiro e Giongo (1997), uma escada de lances adjacentes pode dispor ou não de vigas ao longo do seu perímetro externo, podemos verificar este exemplo na Figura 1.

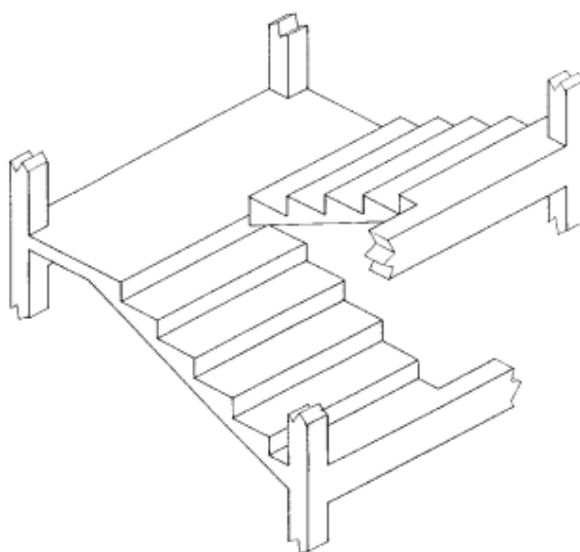


Figura 1: Escada com lances adjacentes

(Fonte: Melges ; Pinheiro; Giongo , 1997).

As próximas figuras serão utilizadas para demonstrar este modelo de escada, a linha tracejada que segue internamente aos lances simboliza a faixa de sobreposição de um lance em outro.

2.4.2 Escada com lances adjacentes, com vigas inclinadas no contorno externo

Para Melges, Pinheiro e Giongo (1997), uma escada com lances adjacentes, com vigas em todo o contorno externo, encontra-se esquematizada na Figura 2-A. As lajes L1, L2 e L3 são consideradas apoiadas em três bordas, com a quarta borda livre.

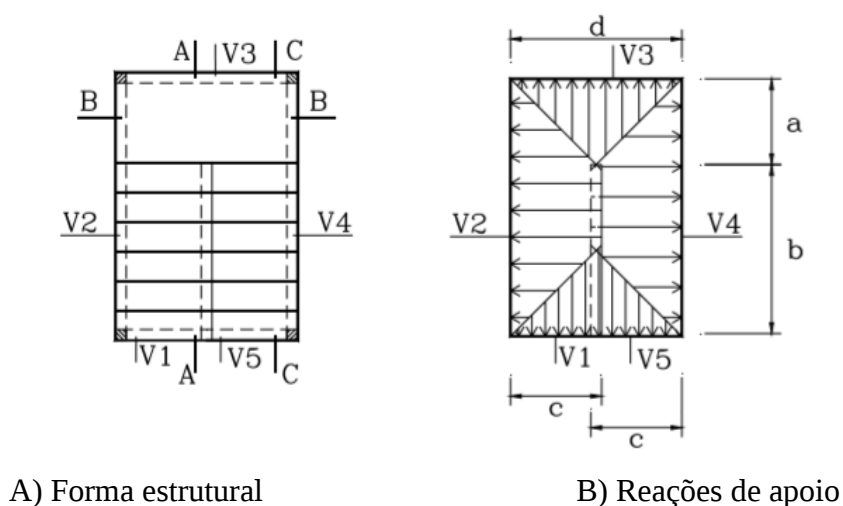


Figura 2: Escada com lances adjacentes, com vigas no contorno externo: forma estrutural e esquema das reações de apoio.

(Fonte: Melges ; Pinheiro; Giongo , 1997).

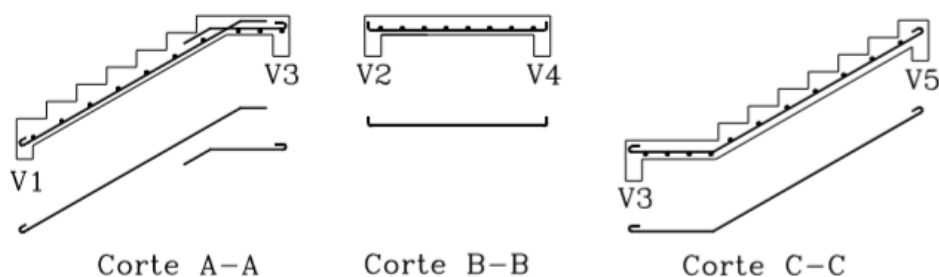
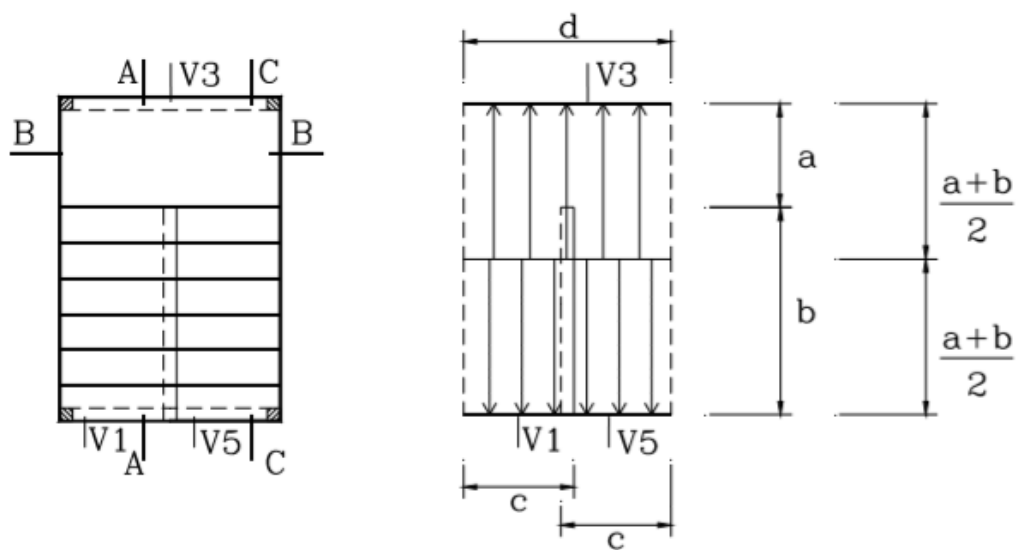


Figura 3: Detalhe típico das armaduras

(Fonte: Melges ; Pinheiro; Giongo , 1997).

2.4.3 Escada com lances adjacentes, sem as vigas inclinadas V2 e V4

Segundo Melges, Pinheiro e Giongo (1997), uma escada com lances adjacentes, sem as vigas inclinadas V2 e V4, está indicada na Figura 4-A. A Figura 4-B indica a distribuição das reações de apoio segundo o processo das áreas.



A) Forma estrutural B) Reações de apoio
Figura 4: Escada com lances adjacentes, sem as vigas inclinadas V2 e V4: forma estrutural e esquema das reações de apoio.

(Fonte: Melges ; Pinheiro; Giongo , 1997).

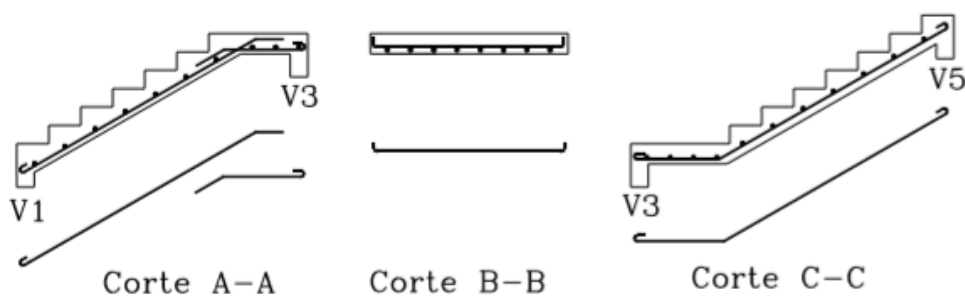
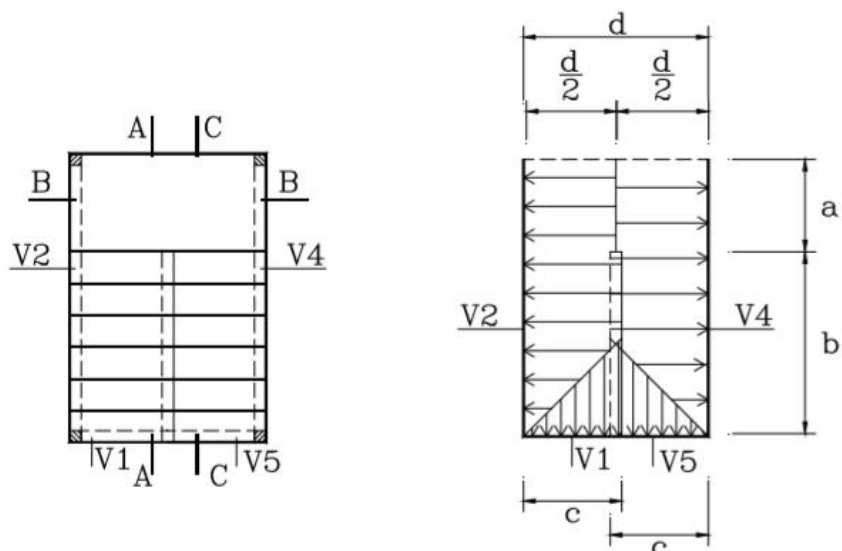


Figura 5: Detalhe das armaduras

(Fonte: Melges ; Pinheiro; Giongo , 1997).

2.4.4 Escada com lances adjacentes, sem a viga V3

Melges, Pinheiro e Giongo (1997), define uma escada com lances adjacentes, sem a viga V3, onde se encontra indicada na Figura 6.



A)

Forma estrutural B) Reações de apoio
Figura 6: Escada com lances adjacentes, sem a viga V3: forma estrutural e esquema das reações de apoio.

(Fonte: Melges ; Pinheiro; Giongo , 1997).

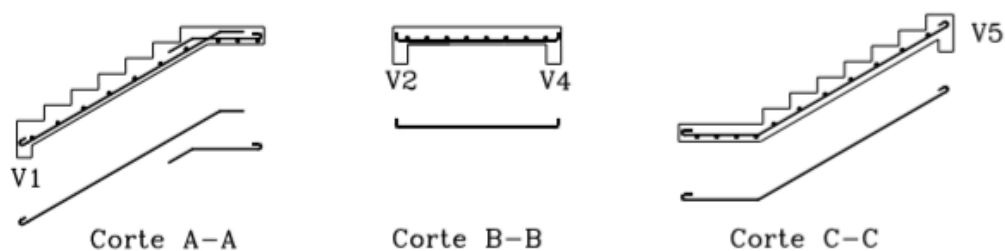


Figura 7: Detalhe das armaduras

(Fonte: Melges ; Pinheiro; Giongo , 1997).

As Figuras 8, 9, 10 e 11 retratam um modelo de escada com lances adjacentes de 1.20 m e pé direito de 2.78 m para melhor entendimento.

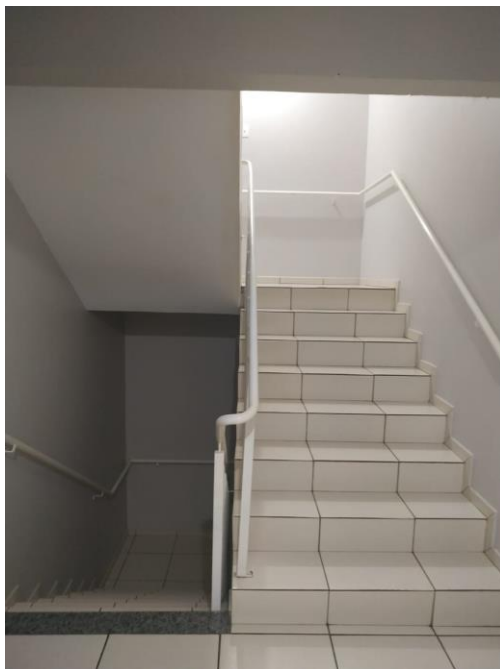


Figura 8: Escada com lances adjacentes
(Fonte: Autora, 2019).



Figura 9: Escada com lances adjacentes
(Fonte: Autora, 2019).



Figura 10: Escada com lances adjacentes

(Fonte: Autora, 2019).



Figura 11: Escada com lances adjacentes

(Fonte: Autora, 2019).

2.5 ELEMENTOS FINITOS SOLID WORKS

O método numérico que serve para definir soluções aproximadas de problemas com valores sobre os contornos de equações diferenciais que realizam análise de projetos de engenharia são chamados de elementos finitos (MEF). (SOLIDWORKS, 2019)

Segundo Solidworks (2019), o MEF divide o modelo em partes muito pequenas com formas simplificadas, denominadas elementos, substituindo efetivamente um problema complexo por problemas pequenos e simples que devem ser resolvidos simultaneamente. O MEF é aceito como método padrão de análise devido ser um programa com adaptações genéricas podendo ser aceito várias formas geométricas e também pela facilidade de adequação para implementação em computadores. Os elementos compartilham pontos em comum, chamados nós. O processo de divisão dos modelos em partes pequenas é chamado de geração de malha, no Solidworks pode-se escolher o tamanho da sua malha sendo fina ou grossa.

O atuação de cada elemento é bem conhecido quando sujeito a todos os cenários possíveis de carga e apoio. O método dos elementos finitos usa elementos de diferentes formas. A solução de um ponto qualquer de um elemento é interpolada a partir das respostas dos nós do elemento, cada nó é inteiramente descrito por vários parâmetros, dependendo do tipo de análise e do elemento usado. (SOLIDWORKS, 2019)

Em geral, a resposta de um nó nas análises estruturais, se caracteriza por três translações e três rotações que são chamadas de graus de liberdade.

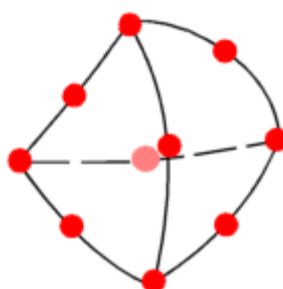


Figura 12: Elemento tetraédrico

(Fonte: Solidworks, 2019)

Os nós estão representados pelos pontos vermelhos na figura 12, as arestas de um elemento podem ser curvas ou retas.

O programa formula as equações que controlam o desempenho de cada elemento levando em consideração a conectividade com outros elementos. Essas equações relacionam a resposta a restrições, cargas e propriedades de materiais que são conhecidas. Em seguida o programa organiza as equações em um grande conjunto de equações algébricas simultâneas e calcula as incógnitas. Para análise de tensões o simulador localiza os deslocamentos em cada nó e o programa determina as deformações e tensões. (SOLIDWORKS, 2019)

Existem vários tipos de estudo que podem ser feito no Solidworks pelo método dos elementos finitos, mas o que empregamos foi o estudo estático ou estudo de tensões.

De acordo com Solidworks (2019), os estudos estáticos calculam deformações, distribuição do fator de segurança, forças de reação, tensões e deslocamentos. Os materiais falham nos locais em que as tensões ultrapassam os níveis do material adotado. Os estudos estáticos podem ser úteis para evitar falhas decorrentes de altas tensões. Um fator de segurança menor do que a unidade indica falha do material. Grandes fatores de segurança em regiões contíguas indicam tensões baixas e possibilidade de remoção de um pouco de material da citada região.

2.5.1 Critério de Von Mises

A teoria da energia de distorção máxima ou teoria da energia de cisalhamento, também conhecida como critério de tensão de Von Mises máxima, criado por Von Mises-Hencky é expressa nos termos das tensões principais σ_1 , σ_2 e σ_3 como:

Equação 1: Von Mises

$$\sigma_{vonMises} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}}$$

Onde:

σ = Sigma

A teoria alega que um material dúctil começa a escoar em um local onde a tensão de Von Mises se torna igual ao limite de tensão. Na maioria dos casos, o limite de escoamento é usado como limite de tensão. Entretanto, o software permite usar a tração máxima ou definir o seu próprio limite de tensão. (Solidworks, 2019)

$$\sigma_{\text{vonMises}} \geq \sigma_{\text{limite}}$$

O limite de escoamento é uma propriedade dependente da temperatura. O valor especificado do limite de escoamento deve levar em consideração a temperatura do componente.

O fator de segurança em um local é calculado por:

Equação 2: Fator de Segurança

$$\text{Fator de segurança (FS)} = \sigma_{\text{limite}} / \sigma_{\text{vonMises}}$$

Cisalhamento puro

No caso de cisalhamento puro τ , a tensão de von Mises pode ser expressa como:

Equação 3: σ_{vonMises}

$$\sigma_{\text{vonMises}} = (3)^{1/2} \tau$$

Onde:

τ = Tau

A falha ocorre se:

$$\tau_{\text{max}} = 0,577 \sigma_{\text{escoamento}}$$

2.5.2 Coeficiente de Poisson

Segundo Hibbeler (2004), o coeficiente de Poisson, ν , mede a deformação transversal (em relação à direção longitudinal de aplicação da carga) de um material homogêneo e isotrópico. A relação estabelecida é entre deformações ortogonais.

Equação 4: Coeficiente de Poisson

$$\nu = - \frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} = - \frac{\epsilon_y}{\epsilon_z}$$

Onde:

ν : Coeficiente de Poisson,

ϵ_x : Deformação na direção x , que é transversal,

ϵ_y : Deformação na direção y , que é transversal,

ϵ_z : Deformação na direção z , que é longitudinal,

ϵ_x , ϵ_y e ϵ_z são também grandezas adimensionais, já que são deformações.

O sinal negativo está incluído na fórmula porque as deformações transversais e longitudinais possuem sinais opostos. Materiais convencionais têm coeficiente de Poisson positivo, ou seja, contraem-se transversalmente quando esticados longitudinalmente e se expandem transversalmente quando comprimidos longitudinalmente. (HIBBELER, 2004)

Já aqueles materiais que possuem coeficiente de Poisson negativo, expandem-se transversalmente quando tracionados e são denominados auxéticos (ou antiborrachas).

No caso de materiais isotrópicos, relacionam-se pela expressão:

Equação 5: Materiais isotrópicos

$$E = 2 G(1 + \nu)$$

Onde:

E = módulo de Young;

G = módulo de cisalhamento;

ν = coeficiente de Poisson.

Equação 6: Módulo de Young

$$E = 3 K (1 - 2 \nu)$$

Onde:

E = módulo de Young;

K = módulo volumétrico;

ν = coeficiente de Poisson;

Para muitos metais e outras ligas, os valores do coeficiente de Poisson variam na faixa entre 0.25 e 0.35. O coeficiente para aço ASTM A36 é 0.26.

2.6 PROPRIEDADE MECÂNICA DO AÇO

Segundo a NBR 8800:2008 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios), aços aprovados para uso desta norma para perfis, barras e chapas são com qualificação estrutural assegurada por Norma Brasileira ou norma específica estrangeira, desde que possuam resistência ao escoamento máximo de 450MPa e relação entre resistência à ruptura (f_u) e ao escoamento (f_y) não inferior a 1,18.

De acordo com Bellei (2010), para compreender a reação das estruturas de aço, é extremamente importante que o calculista conheça as suas propriedades tais como:

- Elasticidade: propriedade mecânica de determinados materiais retornar à sua forma original, quando se encontra sujeito a ação de forças exteriores.
- A plasticidade: propriedade inversa à da elasticidade, ou seja, o material muda de forma irreversível ao ser submetido a uma tensão.
- Fadiga: fenômeno de ruptura do material, que ocorre quando o corpo é submetido a solicitações de tensões acima da sua capacidade limite, através de ciclos de carga e descarga.
- Ductilidade: propriedade que representa o estágio de deformidade que um material suporta até o momento da sua ruptura. O material quando submetido a uma carga de tração no seu limite elástico, em estado de tensão simples, ocorre no aço um exato limite de escoamento sob uma tensão levemente superior ao limite elástico.
- Resiliência: capacidade de acumular energia mecânica em regime elástico, ou seja, a capacidade de retornar a energia mecânica absorvida.
- Tenacidade: energia mecânica que o material pode absorver até a sua ruptura. Sendo assim, um material dúctil com a mesma resistência de um material frágil irá solicitar energia superior para ser rompido.
- Dureza: resistência que a superfície do material oferece à penetração. Sua análise é de fundamental importância nas operações de estampagem de chapas de aços.

2.6.1 Tipo de aço a ser utilizado

As fôrmas são projetadas com material que deve atender a NBR 8800:2008, aços para perfis, barras e chapas com qualidade estrutural garantida por Norma Brasileira ou específica, que apresentem resistência ao escoamento máxima de 450MPa. Consequentemente, para a

execução das fôrmas, o material determinado é o aço carbono estrutural ASTM A36, sendo o mais amplamente utilizado dentre todos os aços estruturais. Estes aços dependem do teor de Carbono para desenvolver sua resistência e têm limite de escoamento entre 170 e 275MPa. O ASTM A36 é um aço típico deste grupo e tem limite de resistência mecânica entre 400 e 450MPa (PANNONI, 2010).

A Figura 13 representa a tabela de propriedades mecânicas do aço ASTM A36 presente no programa Solid Works usado como base de cálculo.

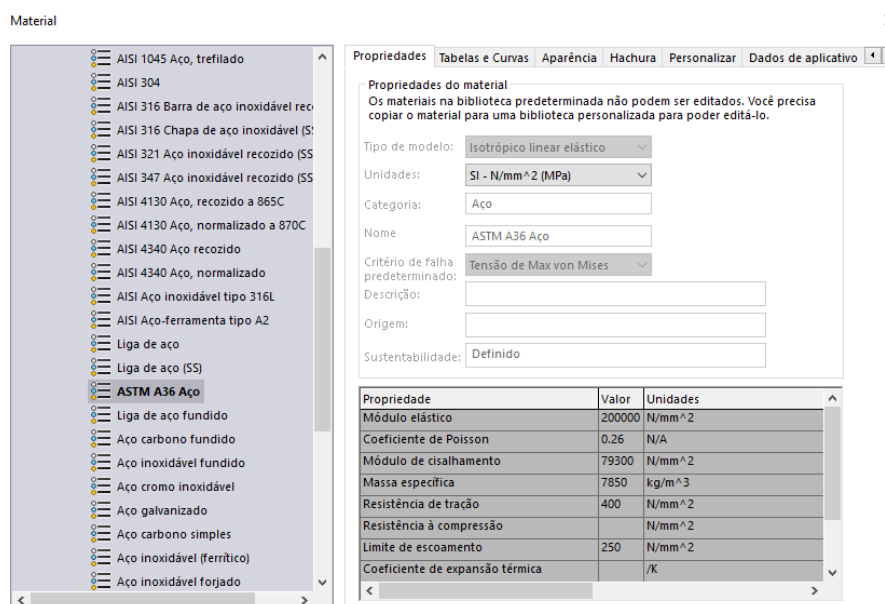


Figura 13: Tabela de propriedades mecânicas do aço ASTM A36

(Fonte: Solidworks, 2019)

2.7 PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO

Há alguns fatores que podem intervir no peso específico de concreto sólido, sendo a natureza dos agregados um dos fatores, além da sua granulometria e o método de compactação empregado (ALMEIDA, 2002).

Para Almeida (2002), a variação do peso específico, entretanto, é restrita, podendo-se tomar para o concreto simples um valor de 23 KN/m³ e para o concreto armado de 25 KN/m³.

A NBR 15696:2009 estabelece que para cálculos do peso próprio o concreto armado é igual a 25 KN/m³.

2.8 DESMOLDANTE

Para as fôrmas metálicas terem bom desempenho é importante se ter alguns cuidados, como por exemplo, aplicar uma ligeira camada de desmoldante, facilitando assim a limpeza e a desmontagem das fôrmas sem danificar o concreto moldado.

Este produto pode agregar diversos benefícios durante a construção de estruturas de concreto. Entretanto, quando mal utilizado, pode ser prejudicial a superfície do concreto, limitando a permeabilidade da superfície necessária para a aderência com o revestimento a ser construído.

O grande objetivo da utilização do desmoldante para formas é facilitar o processo de retirada das formas de estruturas de concreto. A facilidade de desforma acontece graças a formação de uma película muito fina entre a estrutura de concreto e a fôrma.

2.8.1 Aplicação e limpeza

O desmoldante é diluído em água na porção selecionada em função do estado das fôrmas de acordo com o fabricante. A aplicação deve ser feita com auxílio de diversos tipos de ferramentas, com rolos de pintura, panos, escovão ou aspersor.

A aplicação por aspersor garante maior qualidade final ao serviço, pois o mesmo produz uma camada uniforme em toda a fôrma a ser utilizada. O uso de brocha ou pincel deve ser evitado, pois produzem uma camada muito irregular sobre a superfície.

Para iniciar a concretagem, espera-se a completa secagem do produto por 2 horas, de acordo com as condições climáticas.

O adensamento do concreto deve ser com hastes ou vibrador, evitando golpeadas de martelo na fôrma metálica, a fim de evitar deformação nas chapas comprometendo o acabamento final e a descaracterização da mesma, de modo a não garantir a estanqueidade no lançamento do concreto fresco.

Na desmontagem, elas devem ser manejadas perfeitamente, retirando-as com cuidado para não deformarem, garantindo, dessa forma, vários reusos sem que percam suas características. Ao desmontar, as fôrmas devem ser limpas e empilhadas de modo a facilitar a próxima montagem, colocando-as de forma que não fiquem em falso ou propício a causar acidentes.

3. METODOLOGIA

Este trabalho tem característica exploratória. Gil (2002) afirma que o objetivo da pesquisa exploratória é trazer à luz ideias e intuições sobre determinado assunto e, de certo modo, dar maior destaque a uma indagação e construir hipóteses. Neste âmbito, o trabalho irá correlacionar às normas regentes, dando assim uma prévia do projeto de fôrmas para escadas e suas forças atuantes por meio do Solidworks.

Para definição de projeto se coletou dados das normas NBR 15696:2009 - norma de fôrmas e escoramentos para estruturas de concretos em conformidade com a norma regulamentadora NPT 011: saídas de emergência do corpo de Bombeiros do Estado do Paraná. Após a coleta de dados e dimensões definidas, foi desempenhado o projeto de fôrmas metálicas para escadas com lances adjacentes no Solidworks.

A escolha do Solidworks se deve ao fato do mesmo oferecer um leque variado de soluções para projetos como a criação completa de projetos 2D e 3D, simulação de movimento, análise de elementos finitos e muitas outras funcionalidades.

O projeto foi elaborado visando à implementação de um método alternativo ao convencional utilizado em fôrmas para escadas de edifícios. A amostra se delimitou ao Oeste do Estado do Paraná, para escadas com lances adjacentes segundo a norma regulamentadora NPT 011: saídas de emergência do corpo de bombeiros do Estado do Paraná.

Os esforços atuantes para dimensionamento do escoramento foram majorados a partir do peso próprio do concreto armado por metro cúbico (25 KN/m³) regendo assim o que estabelece a NBR 15696:2009 e, posteriormente, simulando seus esforços no programa Solidworks. A simulação de forças atuantes serve de base teórica de seu funcionamento real.

MATERIAL	KG/M ³
ARGAMASSA CAL HIDRÁULICA	2000 A 2200
ARGAMASSA CIMENTO/CAL/AREIA	1900
ARGAMASSA CIMENTO/AREIA	2100
ARGAMASSA DE GESSO/ESTUQUE	1400
ARGAMASSA DE CAL E AREIA	1700
CONCRETO SIMPLES	2400
CONCRETO ARMADO	2500
CONCRETO DE ARGILA EXPANDIDA	2000
ESTUQUE DE ARGAMASSA DE CIMENTO	2000
ESTUQUE DE ARGAMASSA DE CAL	1700

Figura 14: Tabela de pesos específicos de materiais

(Fonte: Prodetec, 2018).

3.1 DADOS COLETADOS DAS NORMAS

Segundo a NPT 011, Norma Técnica do Corpo de Bombeiros as larguras mínimas das saídas de emergência, em qualquer caso para acessos, escadas, rampas ou descargas, devem ser de 1,20m, para as ocupações em geral.

A escada deve ter pé direito mínimo de 2,5m, com exceção de obstáculos representados por vigas, vergas de portas e outros, cuja altura mínima livre deve ser de 2,10m.

Os degraus devem ter altura h compreendida entre 16 cm e 18 cm, com tolerância de 0,5cm, e sua largura b dimensionada pela fórmula de Blondel:

Equação 7: Fórmula de Blondel

$$63 \text{ cm} \leq (2h + b) \leq 64 \text{ cm}$$

Onde:

h : altura

b : base

Segundo Baud (1976), as escadas deverão ter a inclinação sempre continua em um mesmo lance. O valor do plano horizontal e da altura (plano vertical) não deverão se alterar jamais de um patamar a outro (Figura 14), contudo é admissível uma ressalva quando se trata de degraus de saída, este podendo ter um plano horizontal de 2 a 5 mm superior aos dos outros degraus.

Ainda segundo Baud (1976), a inclinação mais vantajosa é de 30° para as escadas internas. Portanto, devemos tomar precaução no instante do cálculo da escada, no seu desenho e marcação na obra, para que não haja mudança de inclinação, fazendo com isso o seu completo desenvolvimento (BAUD, 1976).

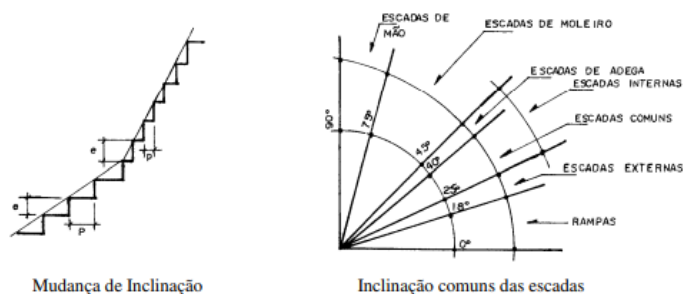


Figura 15: Inclinação das escadas

(Fonte: Baud, 1976).

3.2 PROJETO

O projeto foi desenvolvido a partir de dimensões mínimas padrões, conforme regulamenta a Norma do corpo de Bombeiros do Estado do Paraná para escadas de lances adjacentes.

Após levantamento de dados, definimos dimensões mínimas padrões para escadas de lances adjacentes:

Altura do pé direito: 2,78 m

Largura: 1,20 m

Piso: 28 cm

Espelho: 18 cm

Ângulo: 30°

Dados definidos usando como base a espessura mínima de laje de 10 cm, segundo a NBR 6118:2004.

3.2.1 Projeto e processo de montagem

O projeto completo se encontra no anexo IV. A Figura 16 mostra a principal parte da escada e a primeira peça a ser instalada. Ela deve ser montada de forma correta para que haja alinhamento posterior na escada, feita com tubos quadrados 40x40x4, ela é a peça chave para a montagem, e ficará fixada no chão para dar melhor apoio.

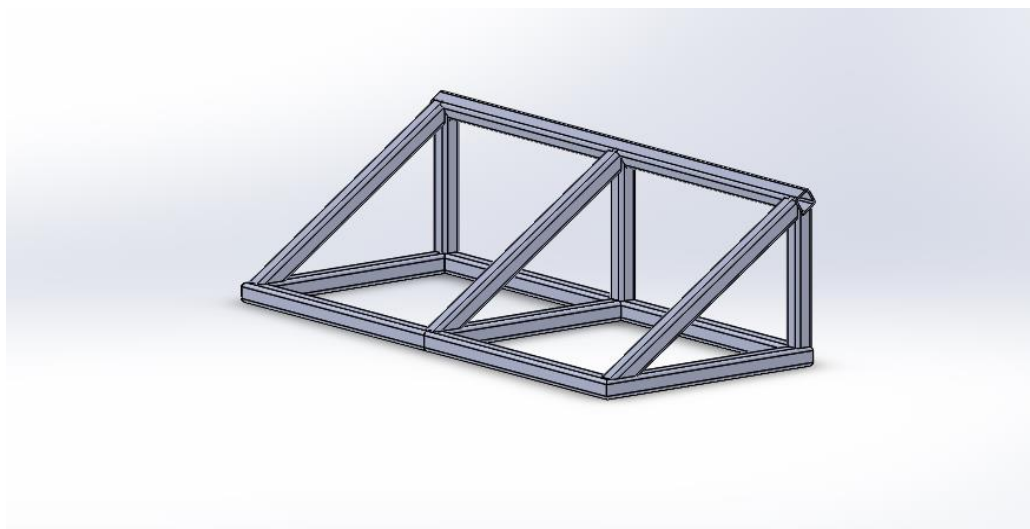


Figura 16: Malha de treliça

(Fonte: Autora, 2019).

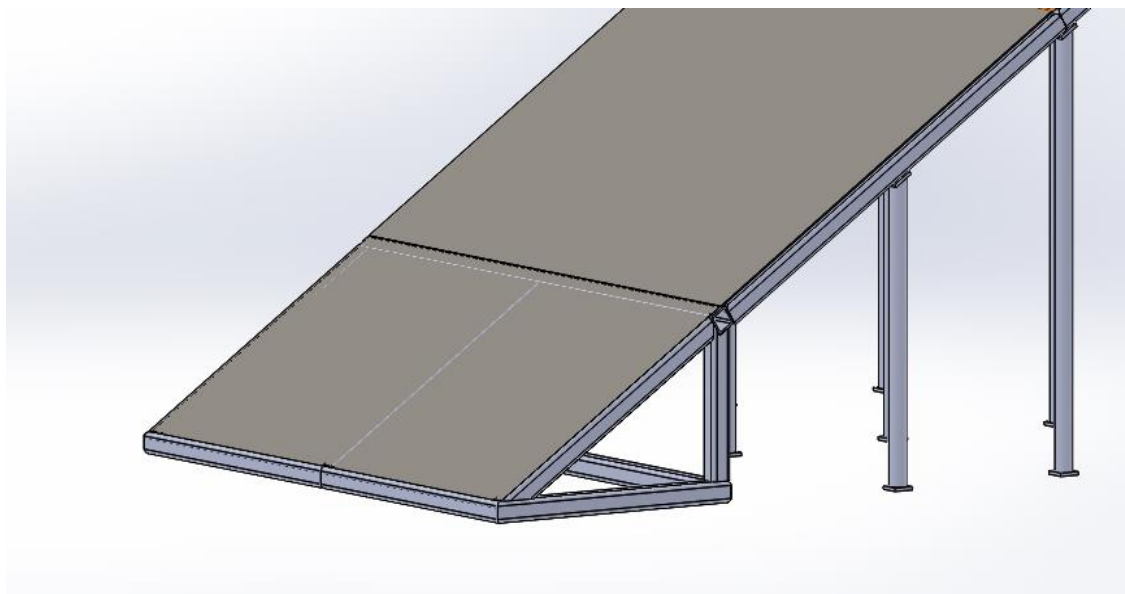


Figura 17: Malha de treliça

(Fonte: Autora, 2019).

As figuras 17 e 19 expressam a montagem da chapa (Figura 18) com a treliça.

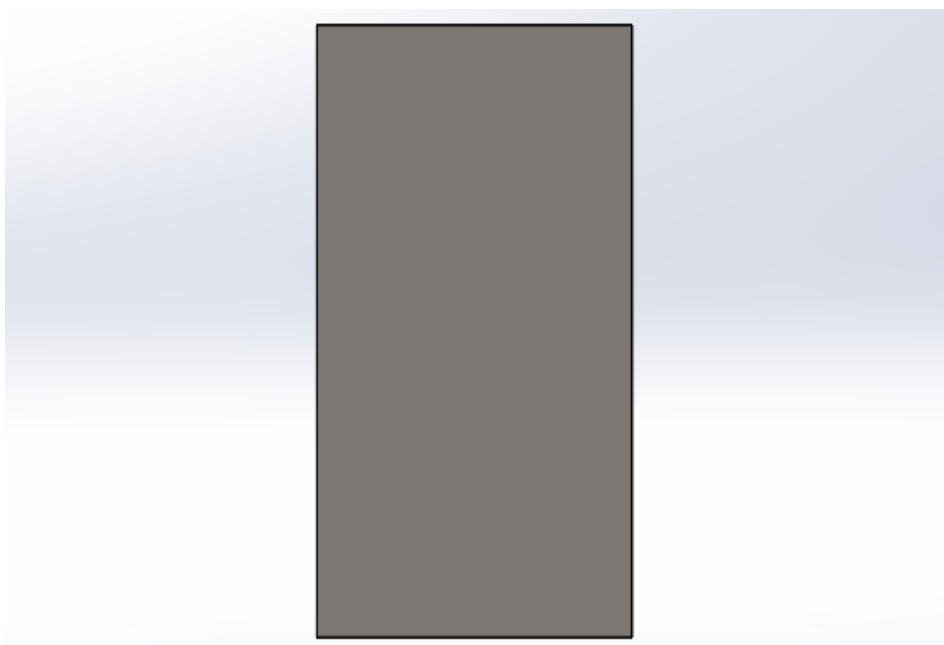


Figura 18: Chapa para fechamento inferior

(Fonte: Autora, 2019).

Na Figura 18, ilustra-se a chapa que fica na parte inferior. A mesma possui 1194mm de largura (devido a chapa vir padronizada com este valor, e com isso menos recortes e perdas) e 3mm de espessura. O material utilizado foi Aço ASTM A36. Podemos visualizar sua montagem na Figura 19. Essa chapa é soldada nas treliças da escada tornando uma peça de fácil manejo e menor risco de erro.

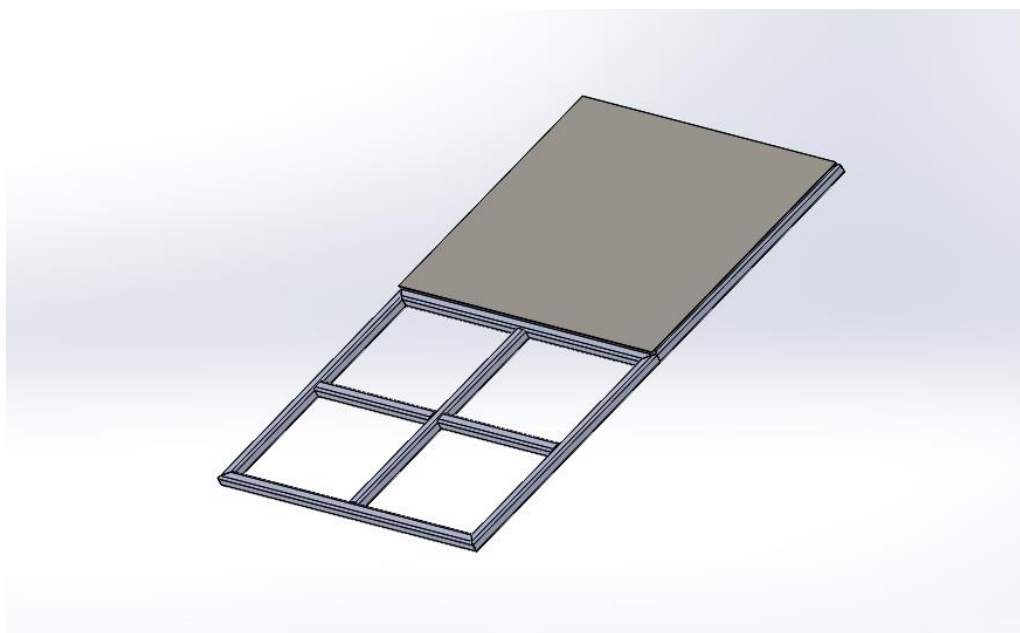


Figura 19: Malha de treliça

(Fonte: Autora, 2019).

Para fins de cálculo, a malha de treliça foi desenhada como peça única (sem cortes) feita com tubo quadrado ISO 40x40x4 mm, como se pode verificar nas Figuras 20 e 21. Para projeto prático, a mesma contém emendas que serão realizadas com grampos de aperto como demonstrado na Figura 22.

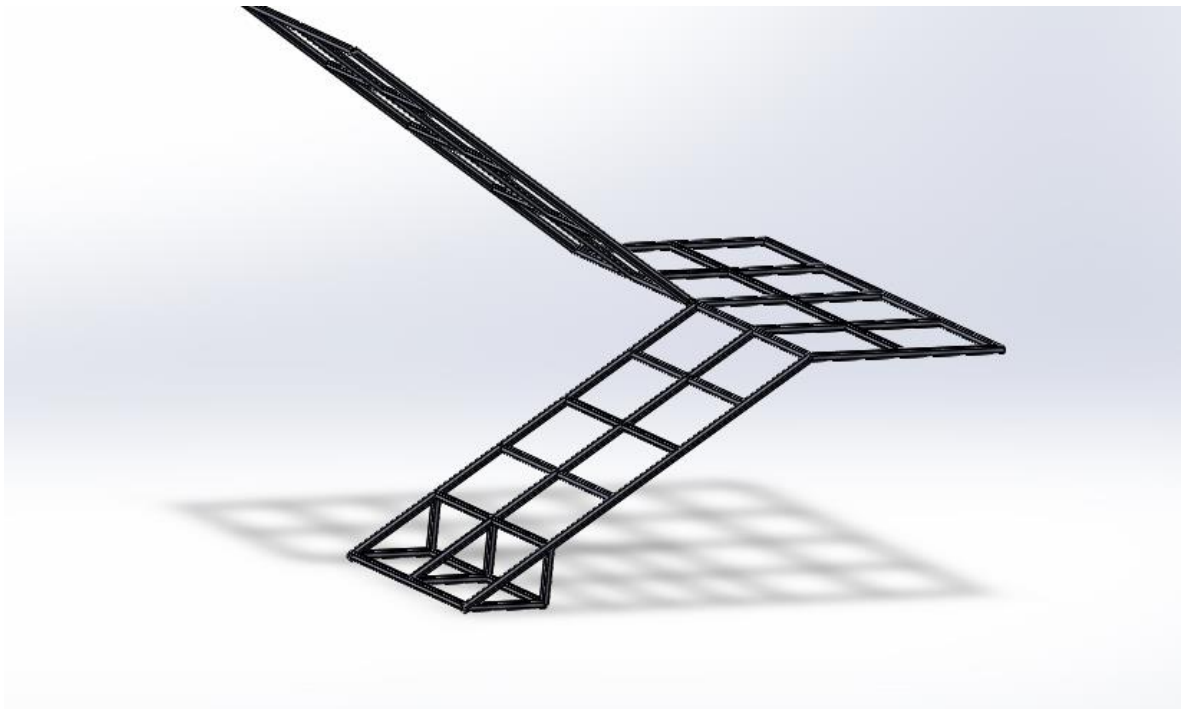


Figura 20: Malha de treliça

(Fonte: Autora, 2019).

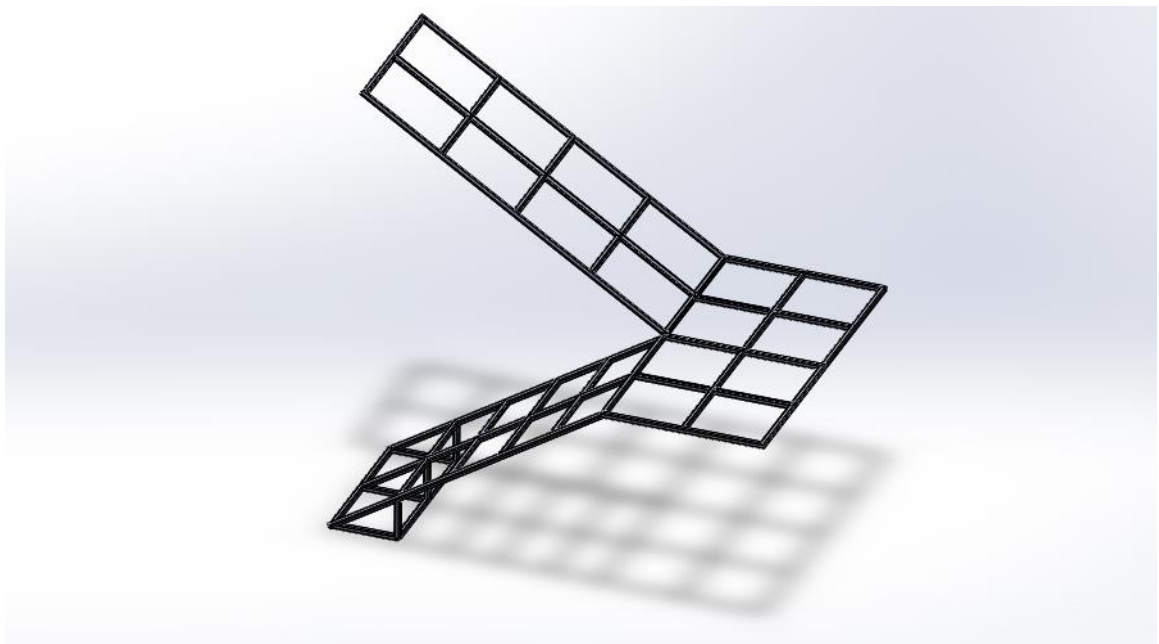


Figura 21: Malha de treliça

(Fonte: Autora, 2019).

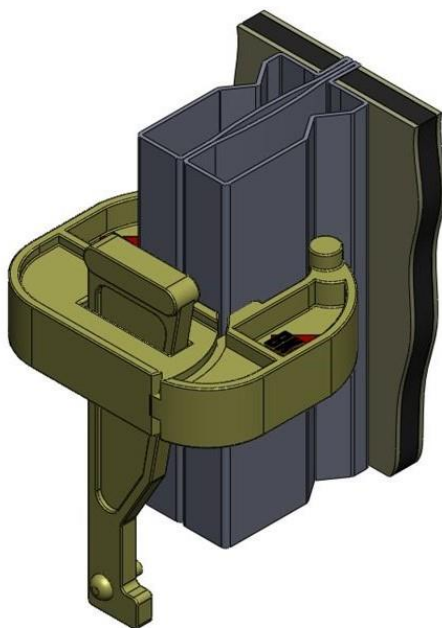


Figura 22: Grampo de aperto

(Fonte: Sh fôrmas, 2019).

A Figura 23 demonstra a fôrma situada no banzo, chapa em Aço ASTM A36 com 3 mm de espessura. As dobras laterais servem para encaixe dos espelhos e engastamento do mesmo.

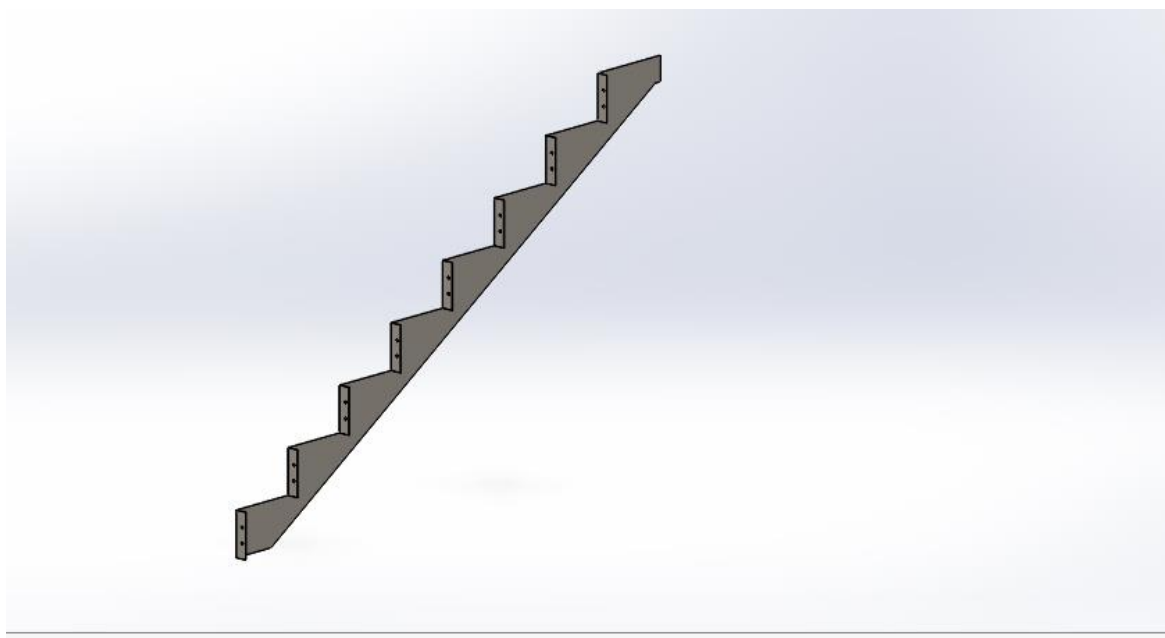


Figura 23: Fôrma lateral esquerda

(Fonte: Autora, 2019).

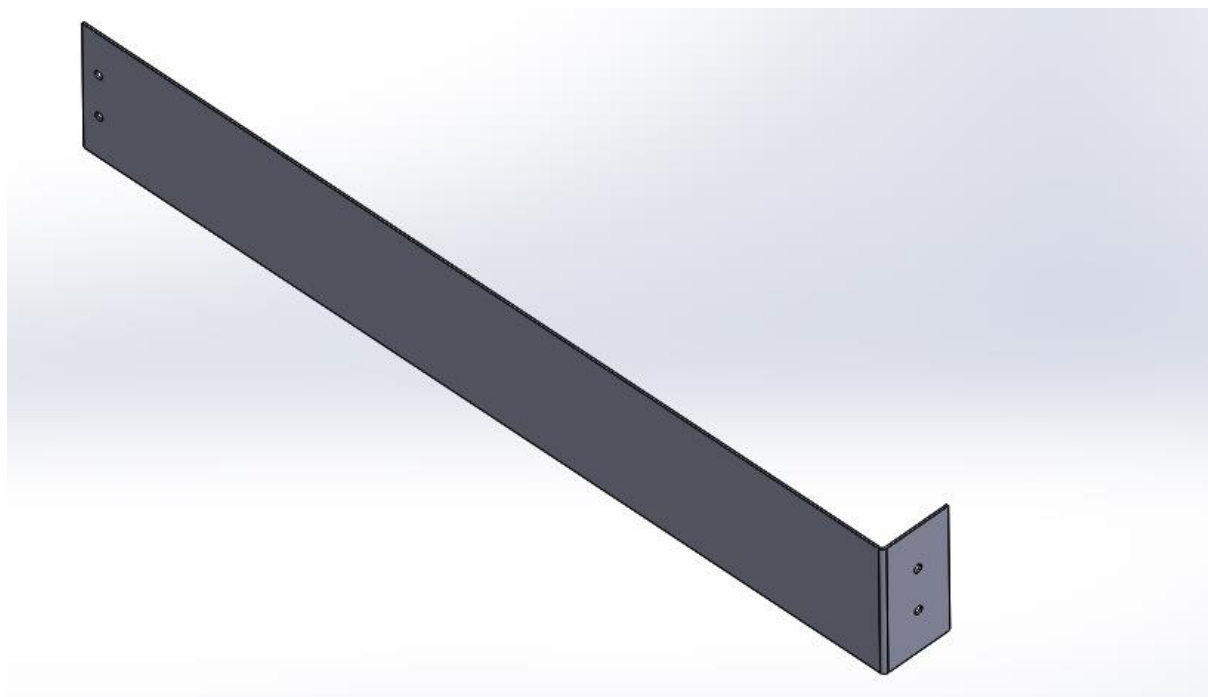


Figura 24: Espelho

(Fonte: Autora, 2019).

Já a Figura 24 indica o espelho de cada degrau para escadas adjacentes, sua medida, conforme define a NPT 011 é de 1200 x 180 mm, tendo 3 mm de espessura e material Aço ASTM A36. A Figura 25 nos traz um exemplo de montagem entre a chapa lateral e o espelho.

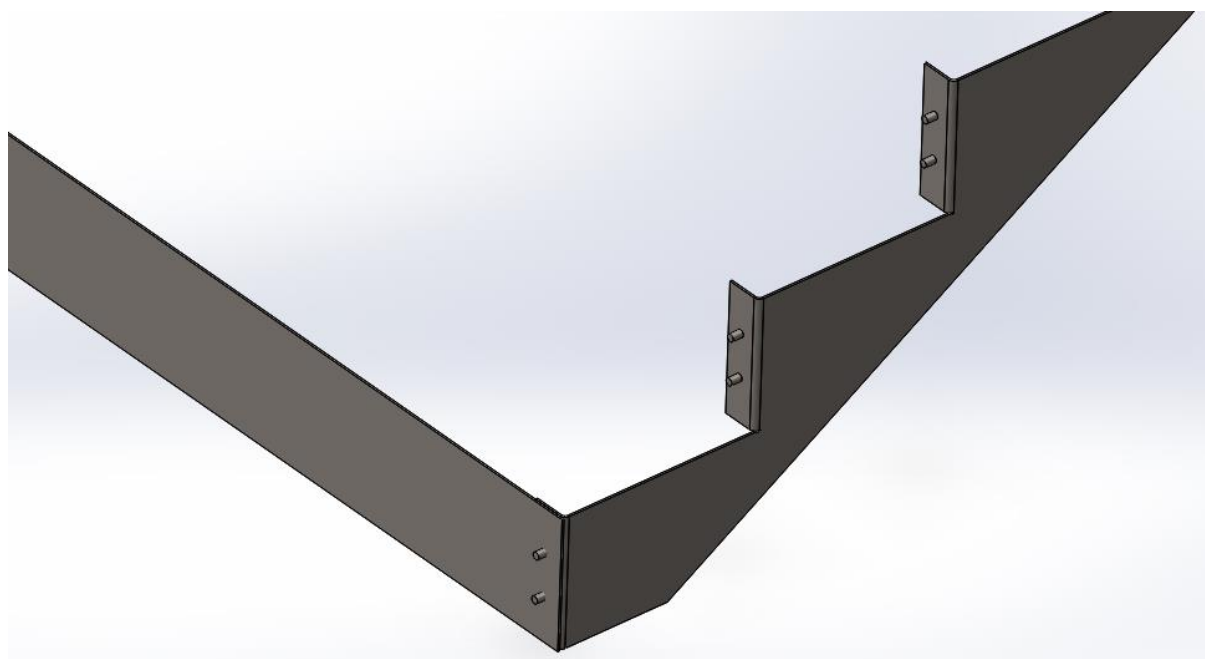


Figura 25: Montagem do espelho com a chapa lateral

(Fonte: Autora, 2019).

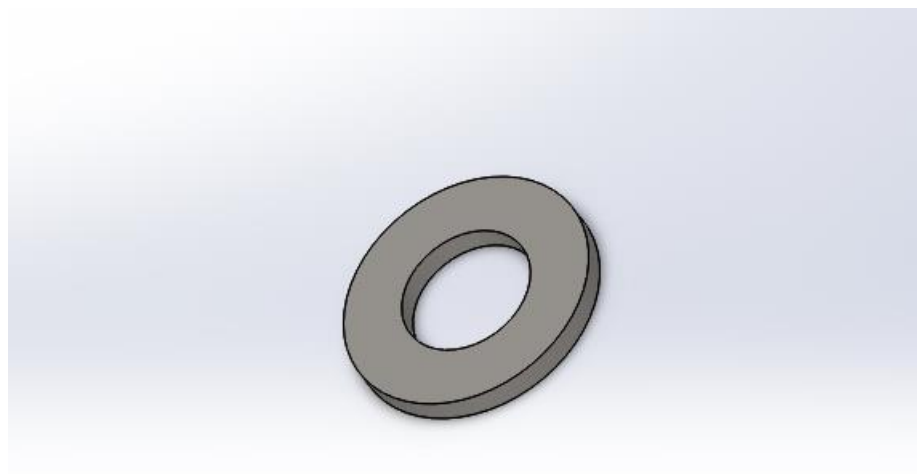


Figura 26: Arruela M10

(Fonte: Autora, 2019).

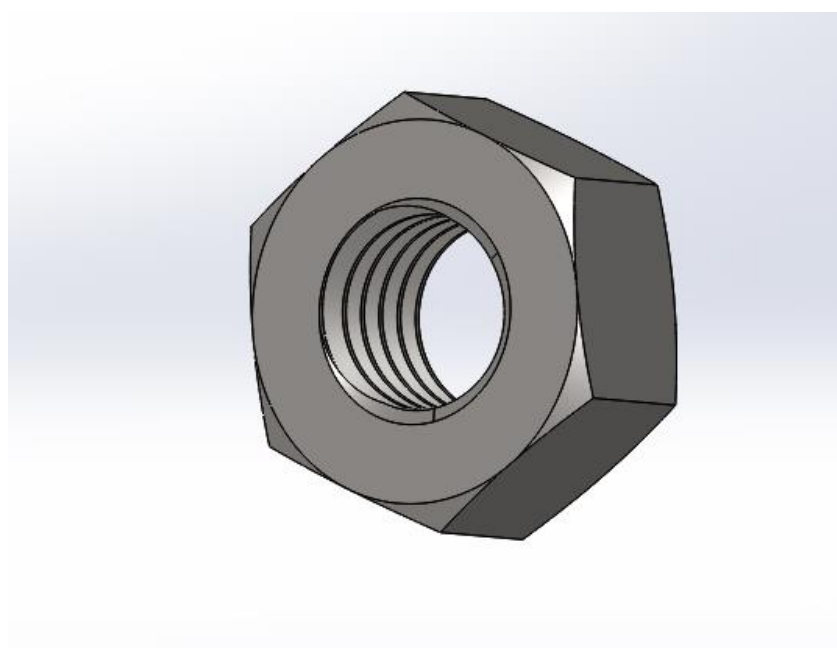


Figura 27: Porca M10

(Fonte: Autora, 2019).

As Figuras 28 e 29 ilustram a montagem final do espelho com a chapa do banzo lateral. Nesta montagem se utiliza arruela M10 e porca M10 (Figuras 26 e 27) para engastamento do espelho nas barras roscadas de forma fácil, ágil e com melhor desenforme.

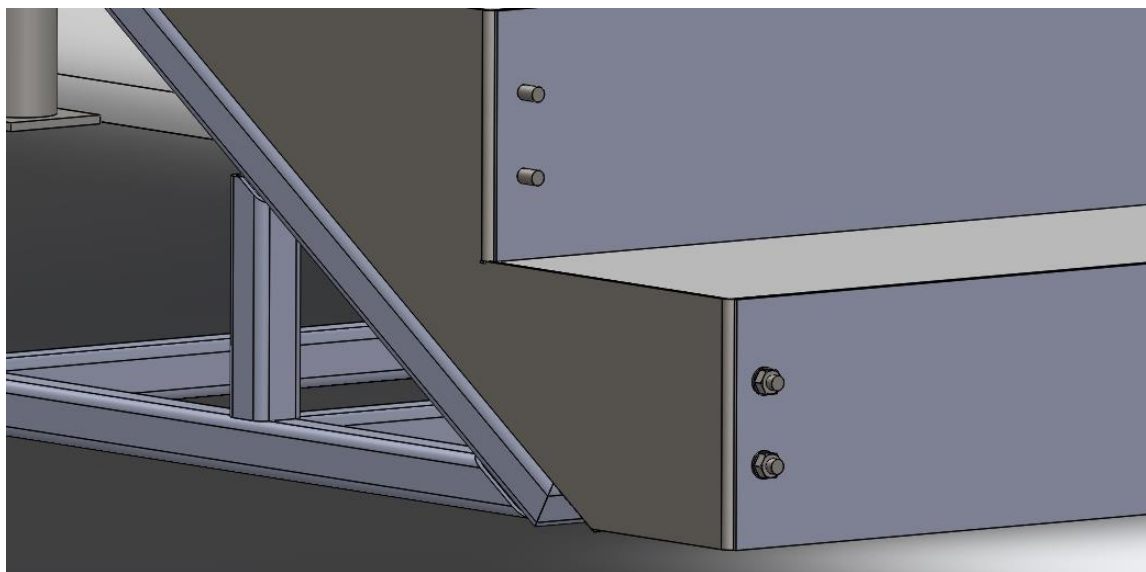


Figura 28: Montagem do espelho com a chapa lateral
(Fonte: Autora, 2019).

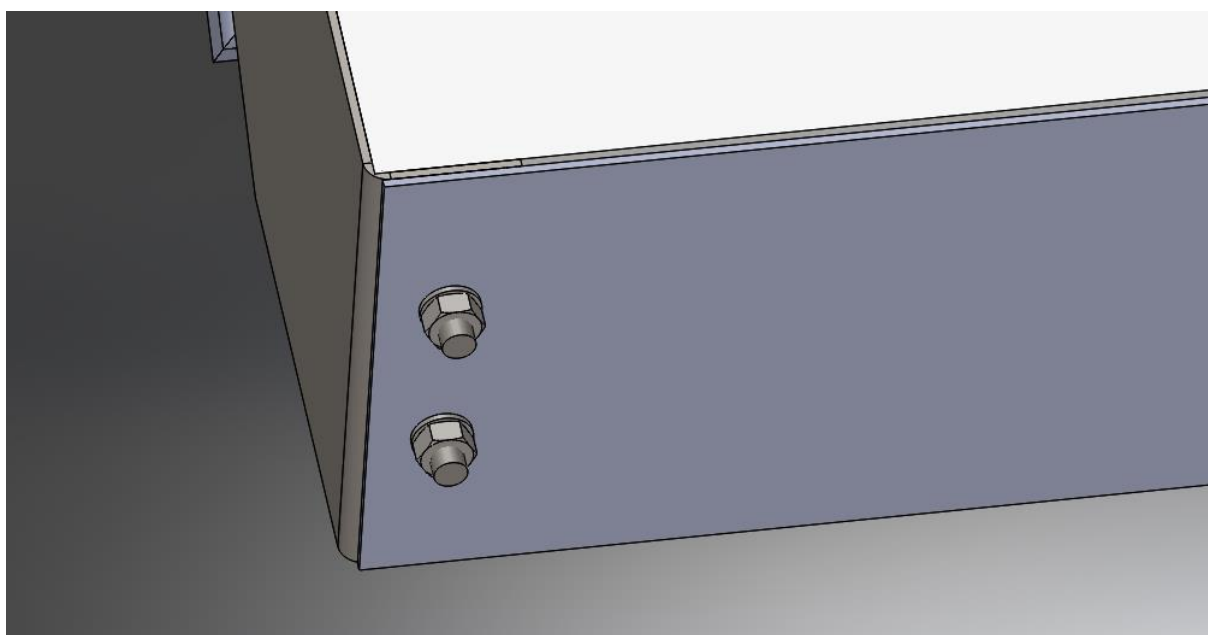


Figura 29: Montagem do espelho com a chapa lateral
(Fonte: Autora, 2019).

A Figura 30 esclarece a montagem do lado direito do espelho com a parede, a qual será fixada com parafuso M10, como ilustrado na Figura 31.

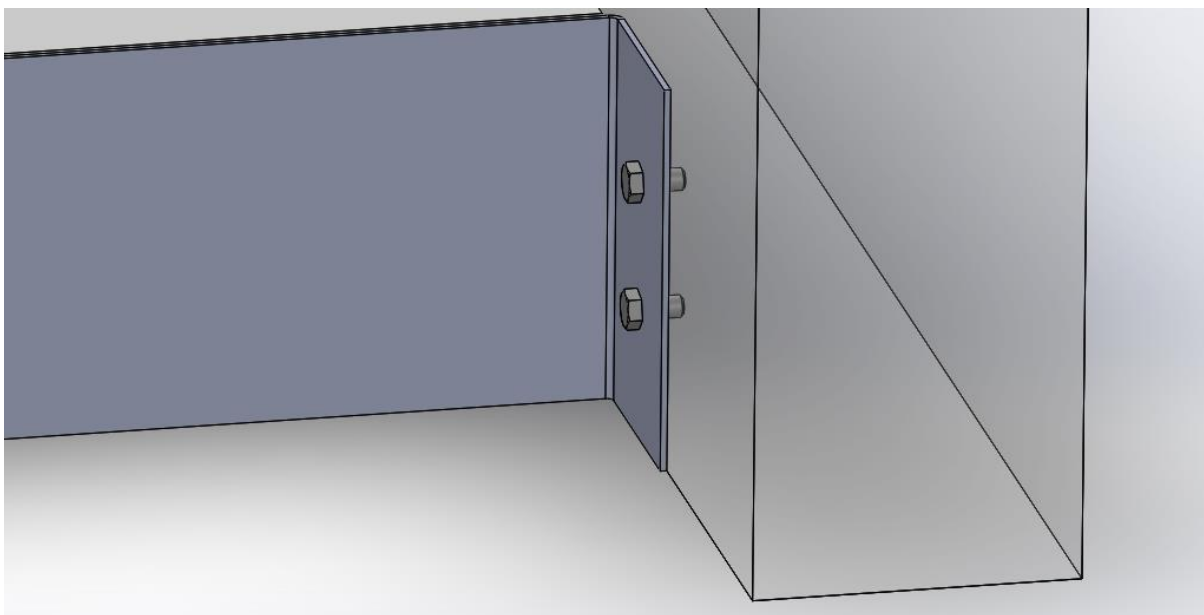


Figura 30: Montagem do espelho com a parede

(Fonte: Autora, 2019).

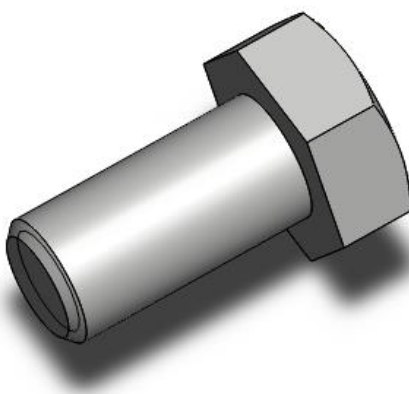


Figura 31: Parafuso M10

(Fonte: Autora, 2019).

As Figuras 32 e 33 se referem às ilustrações do projeto após a montagem das fôrmas.

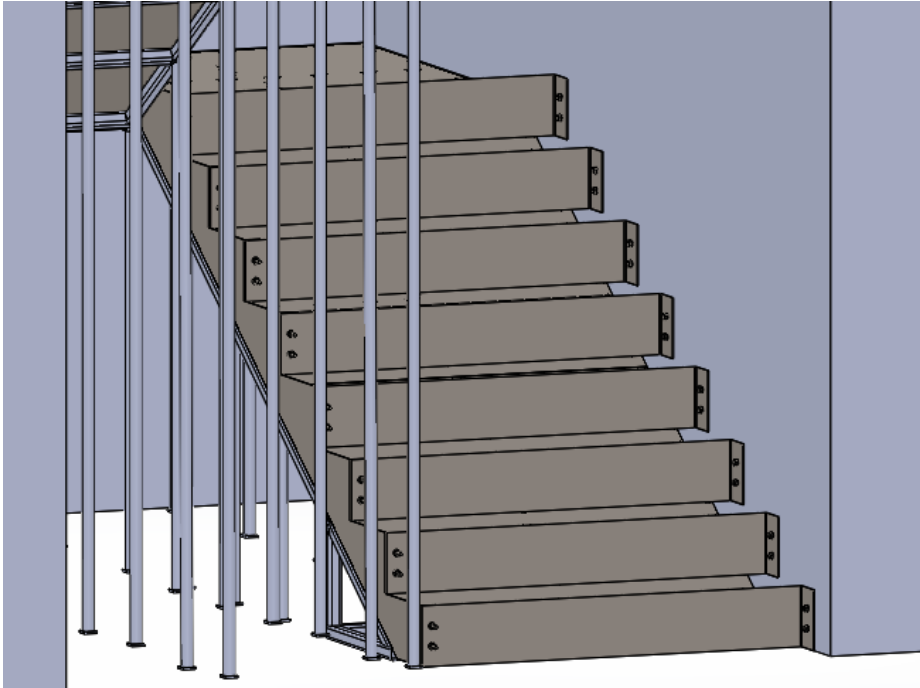


Figura 32: Montagem

(Fonte: Autora, 2019).

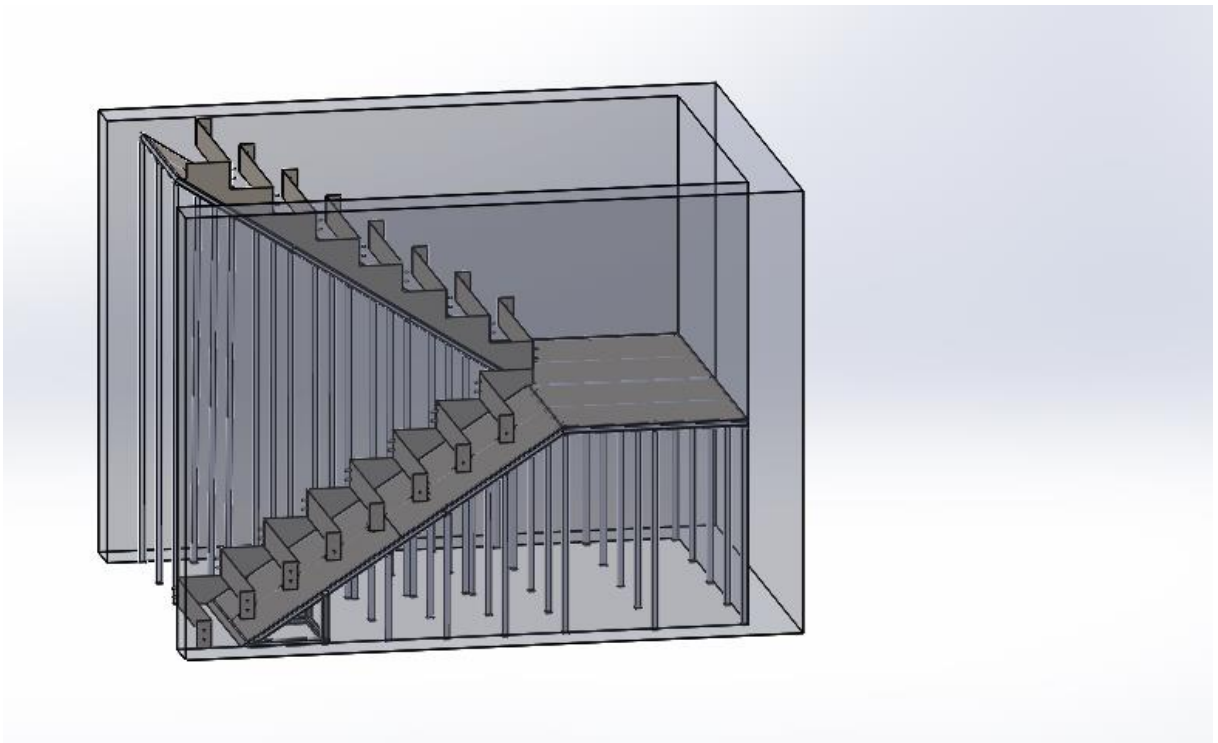


Figura 33: Montagem

(Fonte: Autora, 2019).

A Figura 34 apresenta as escoras metálicas convencionais que serão utilizadas para escora do patamar, como se pode verificar na Figura 35.

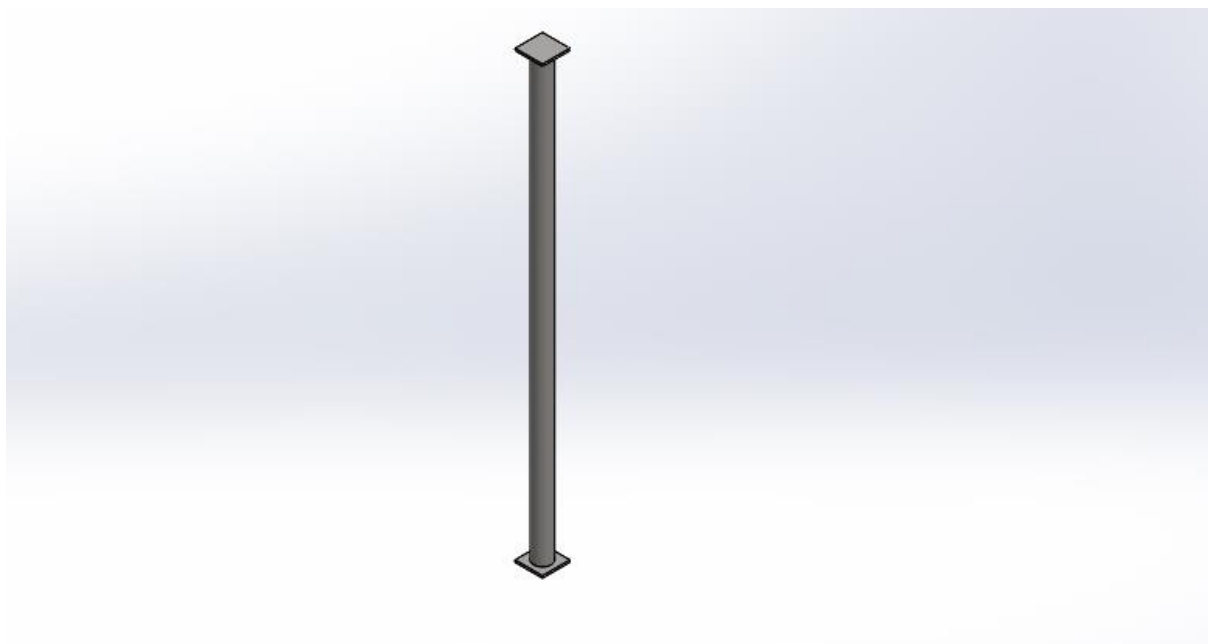


Figura 34: Escora metálica

(Fonte: Autora, 2019).

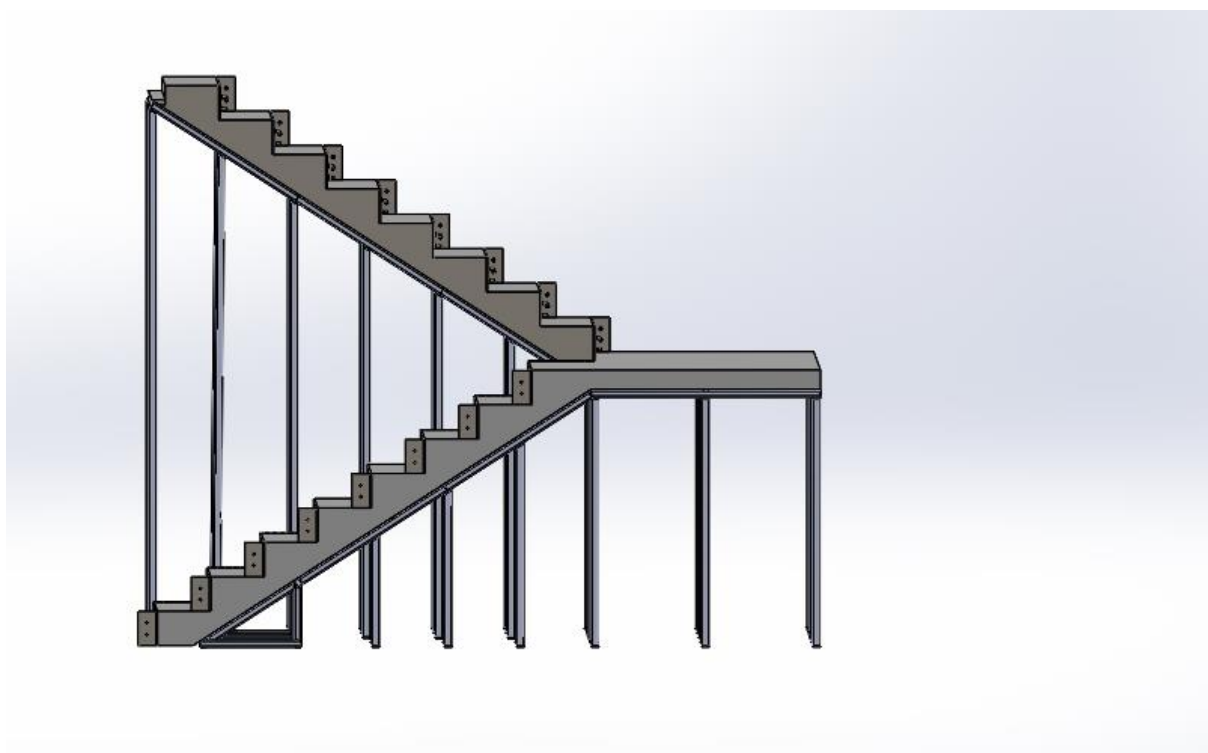


Figura 35: Montagem

(Fonte: Autora, 2019).

A Figura 36 mostra a escada adjacente pronta com seu concreto curado.

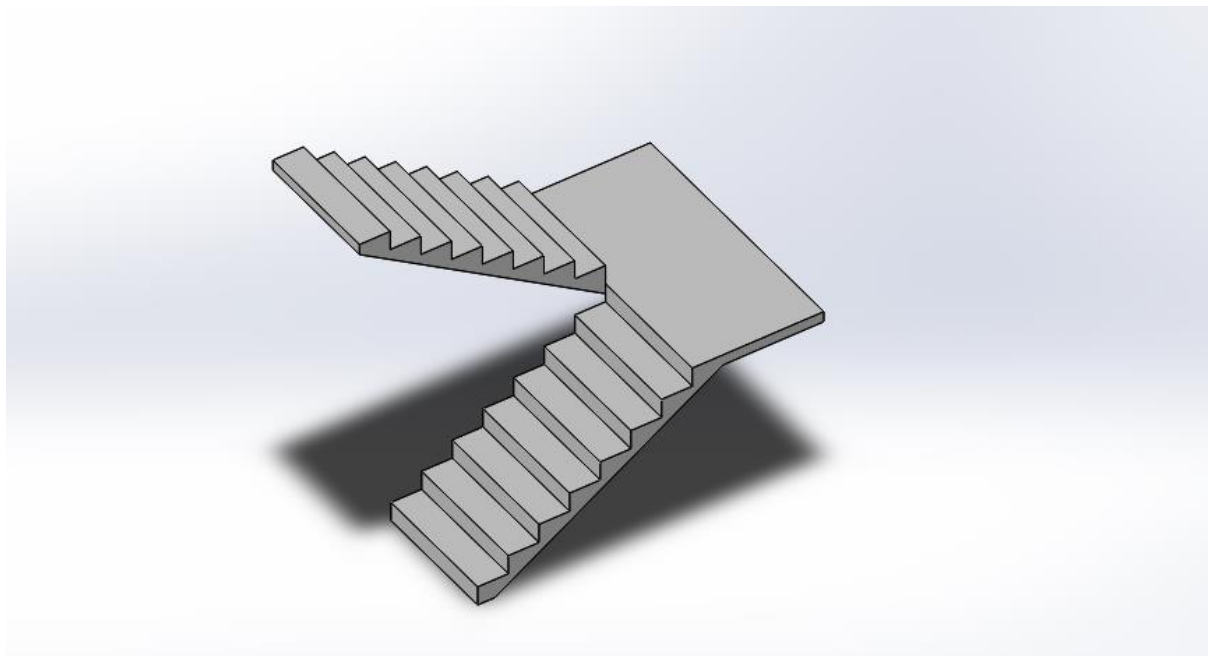


Figura 36: Escada

(Fonte: Autora, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizaram-se estudos estáticos do protótipo em condições de carga 25 KN/m^3 , este valor se dá para o concreto armado tabelado. A simulação executada para as vigas onde a carga estará exercendo com maior força tendendo a ruptura. O critério utilizado para calcular a tensão foi Von Mises.

A simulação no Solid Works se deu considerando as geometrias como inteiras, não temos ligações e juntas as barras na simulação são como soldadas.

Na tabela 1, podemos verificar as cargas do concreto atuante sobre as vigas.

Tabela 1: Propriedades do estudo

CARGAS NA ESTRUTURA	CONCRETO	CHAPAS DE AÇO	CHAPAS MOLDE	CARGA TOTAL	Sem	COS
RAMPA SUPERIOR	1.313,00 KG	76.8274 KG	43.64 +125.6	246.067KG	1540	240.5
PATAMAR	802.052,00 KG	67.824 KG		869.876 KG	869.876	
RAMPA INFERIOR	1.230,00 KG	69.678 KG	43.64 +125.6	240.14 KG	1450.43	226.58

(Fonte: Autora, 2019).

A figura 37 define algumas geometrias como fixas elas estão indicadas por flechas verdes, as flechas em roxo sinalizam as forças aplicadas.

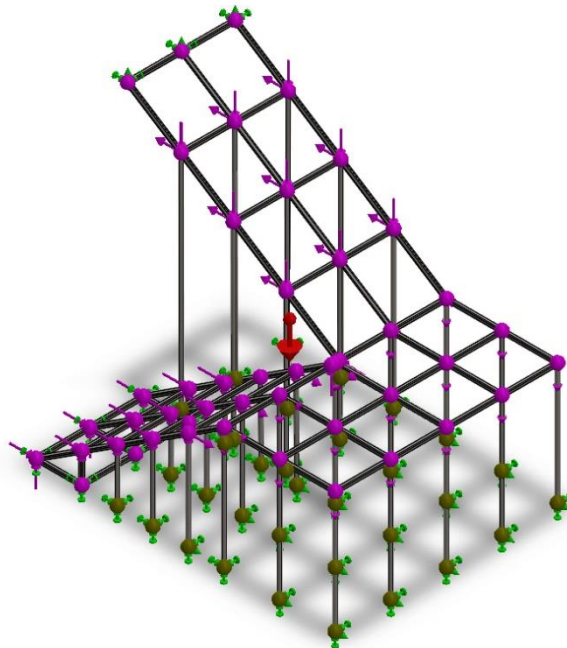


Figura 37: Informações do modelo

(Fonte: Autora, 2019).

Nas tabelas 2 e 3 se classificam as propriedades do estudo realizado, assim como as unidades que foram utilizadas para a simulação estática no Solid Works.

Tabela 2: Propriedades do estudo

Nome do estudo	Análise estática 2
Tipo de análise	Análise estática
Tipo de malha	Malha de viga
Tipo de Solver	Solver Direct Sparse
Efeito no plano	Desativada
Mola suave	Desativada
Atenuação inercial	Desativada
Opções de união incompatíveis	Automático
Grande deslocamento	Desativada
Calcular forças de corpo livre	Ativada

(Fonte: Autora, 2019).

Tabela 3: Unidades utilizadas

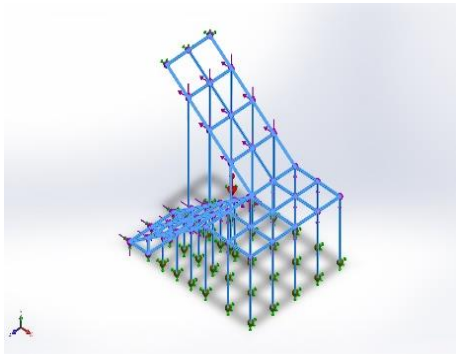
Sistema de unidades:	SI (MKS)
Comprimento/Deslocamento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidade angular	Rad/s
Pressão/Tensão	N/m ²

(Fonte: Autora, 2019).

A tabela 4 demonstra as propriedades do material utilizado Aço ASTM A36, o critério de tensão para falha foi de Von Mises, tendo massa específica total de 7850 kg/m³, com limite de escoamento de 250 Mpa, resistência à tração de 400 Mpa e módulo de cisalhamento de 79300 Mpa, o coeficiente de Poisson adotado foi 0,26.

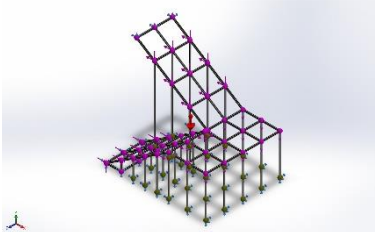
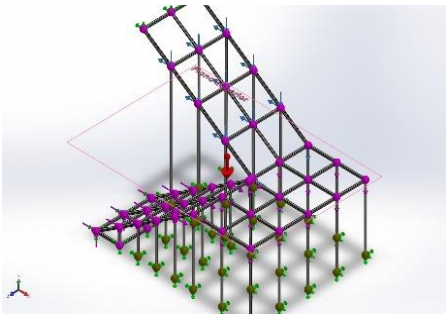
A tabela 5 nos traz as cargas pontuais em locais pré-determinados para a verificação de carga e fator de segurança da do mesmo.

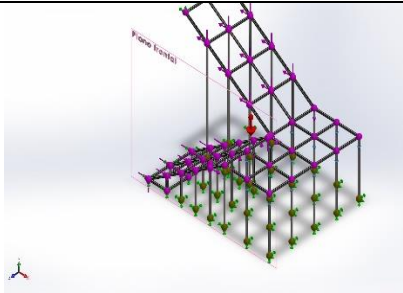
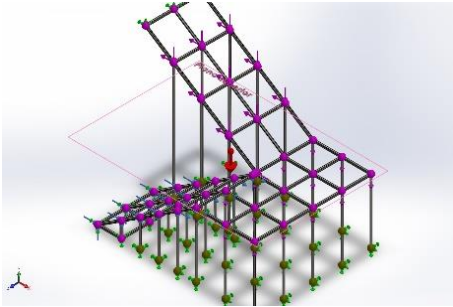
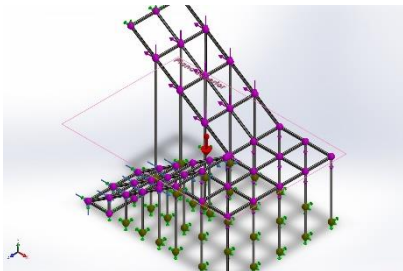
Tabela 4: Propriedades do material

Referência do modelo	Propriedades
	Nome: ASTM A36 Aço
	Tipo de modelo: Isotrópico linear elástico
	Critério de falha predeterminado: Tensão de von Mises máxima
	Limite de escoamento: $2.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
	Resistência à tração: $4 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
	Módulo elástico: $2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
	Coefficiente de Poisson: 0.26
	Massa específica: 7850 kg/m^3
	Módulo de cisalhamento: $7.93 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

(Fonte: Autora, 2019).

Tabela 5: Acessórios de fixação e Cargas

Nome do acessório de fixação	Imagem de acessório de fixação	Detalhes de acessório de fixação
Fixo 1		Entidades: 42 Joint(s) Tipo: Geometria fixa
Nome da carga	Carregar imagem	Detalhes de carga
Força 1		Entidades: 1 plano(s), 12 Juntas Referência: Plano superior Tipo: Aplicar força Valores: -26.72, ---, -171.1 kgf Momentos: ---, ---, --- kgf.cm
Força 2		Entidades: 1 plano(s), 15 Juntas Referência: Plano frontal

		Tipo: Aplicar força Valores: ---, -58, --- kgf Momentos: ---, ---, --- kgf.cm
Força 3		Entidades: 1 plano(s), 17 Juntas Referência: Plano superior Tipo: Aplicar força Valores: 12.59, ---, 80.5 kgf Momentos: ---, ---, --- kgf.cm
Gravidade 1		Referência: Plano superior Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s ²

(Fonte: Autora, 2019).

A malha de viga representada na figura 38 nos dá um total de 1310 nós, com um total de elementos 1270. Seu tempo de execução para gerar a malha foi de 8 segundos. Cada elemento foi calculado separadamente esses valores podem ser verificados nos anexos I, II e III. Estes cálculos foram utilizados para determinar vários fatores dentre eles as forças resultantes e seus momentos.

As forças de reação se verifica na tabela 6, para o modelo inteiro se obteram uma resultante de 18327.5 N(1.868,88 kgf ou 1,87 tnf), já os momentos de reação para o modelo inteiro se obtiveram a resultante de 47.5898 N.m (4,85 kgf.m ou 4,85×10⁻³ tfn.m).

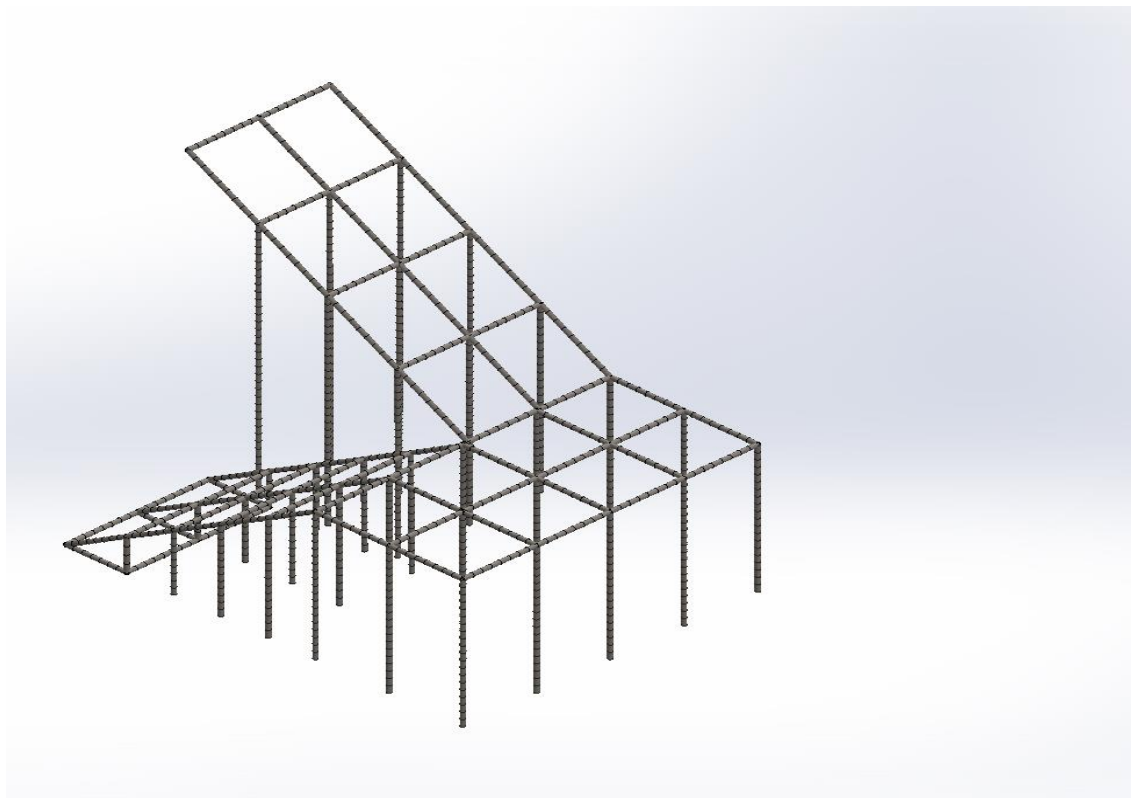


Figura 38: Informações de malha

(Fonte: autora, 2019).

Tabela 6: Forças resultantes

FORÇAS DE REAÇÃO					
Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N	1045.49	18297.6	1.19209e-07	18327.5
MOMENTOS DE REAÇÃO					
Conjunto de seleção	Unidades	Soma X	Soma Y	Soma Z	Resultante
Modelo inteiro	N.m	4.69078	-2.75538	47.2778	47.5898

(Fonte: autora, 2019).

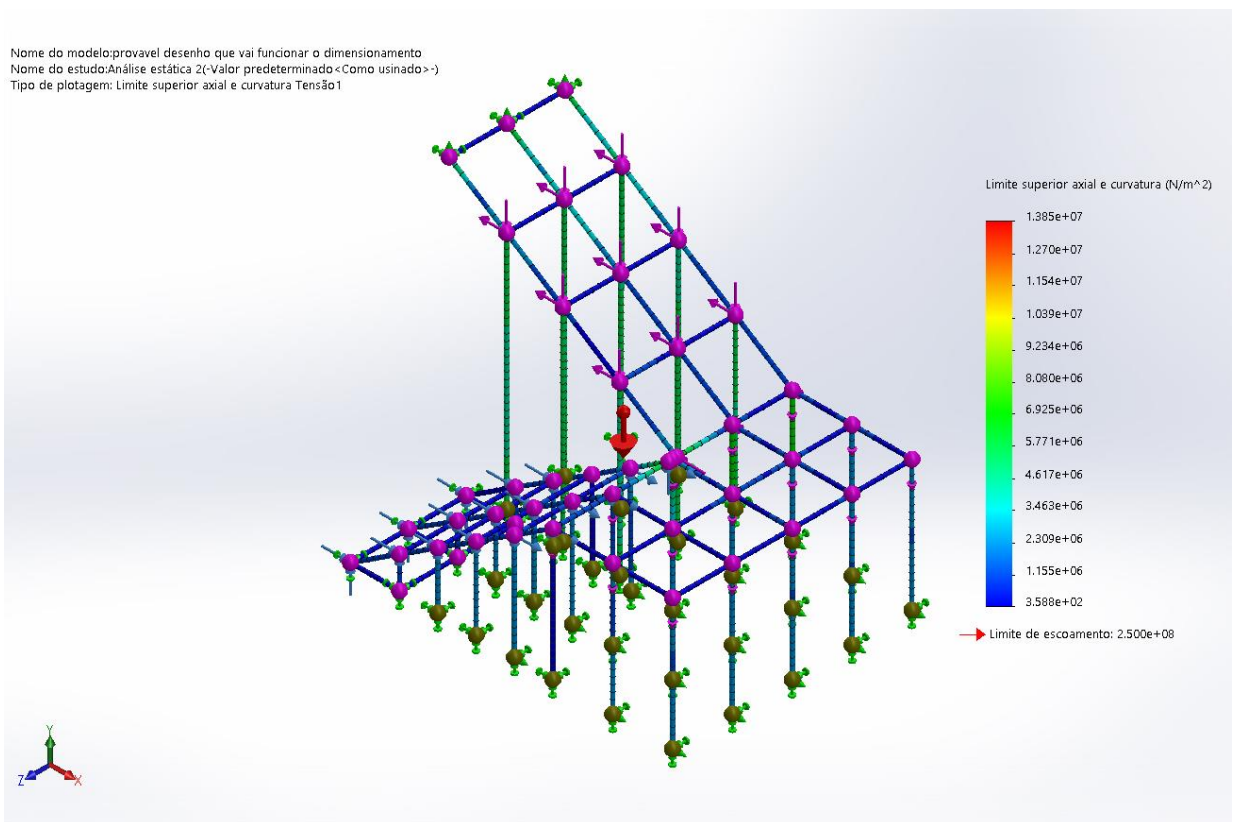
Para a plotagem de limite superior axial e curvatura, foi adotado o Critério de Von Mises, com limite de escoamento de 250 Mpa se obteve. O cálculo das tensões atuantes é por elementos pontuais (Ver anexo I, II e III).

O limite de tensão mínimo se obteve no elemento 1264 com valor 0, já o máximo se obteve no elemento 443 com 13,850 Mpa, valores podem ser observados na tabela 7 em que os dados foram extraídos da figura 39.

Tabela 7: Resultados do estudo

Nome	Tipo	Mín.	Máx.
Tensão1	Limite superior axial e curvatura	0.000e+00 N/m ²	1.385e+07 N/m ²
		Elemento: 1264	Elemento: 443

(Fonte: autora, 2019).

**Figura 39:** Análise estática, plotagem limite superior axial e curvatura de tensão

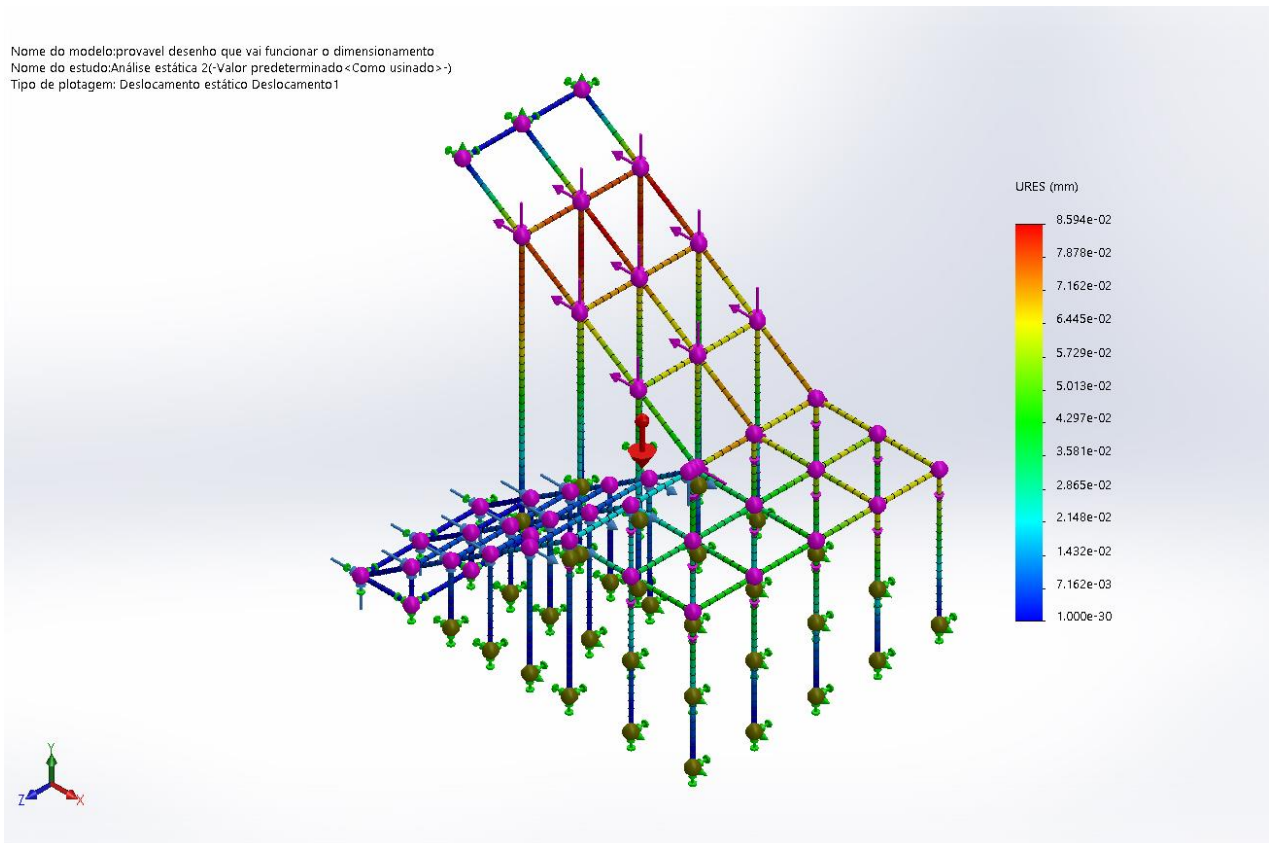
(Fonte: autora, 2019).

A análise da plotagem a seguir, demonstra na figura 40 o deslocamento da estrutura e os pontos críticos, o gráfico varia conforme a coloração, as cores mais frias significam que a estrutura é mais segura e eficiente nestes pontos, já as cores quentes nos demonstram onde ocorrerá o maior deslocamento. O deslocamento mínimo se obteve no nó 5 com valor 0, o valor máximo se obteve no nó 205 de 0.08594 mm.

Tabela 8: Resultados do estudo

Nome	Tipo	Mín.	Máx.
Deslocamento 1	URES: Deslocamento resultante	0.000e+00 mm	8.594e-02 mm
		Nó: 5	Nó: 205

(Fonte: autora, 2019).

**Figura 40:** Análise estática, plotagem deslocamento estático

(Fonte: autora, 2019).

A plotagem do Fator de segurança foi admitida pelo critério de Von Mises, feito de forma automática pelo Solid Works o fator de segurança da escada se distribui em mínimo 18, podemos analisar os dados na figura 41.

Nome do modelo: provavel desenho que vai funcionar o dimensionamento
Nome do estudo: Análise estática 2(-Valor predeterminado < Como usinado > -)
Tipo de plotagem: Fator de segurança Fator de segurança1
Critério: Automático
Distribuição do fator de segurança: Mín. FOS = 18

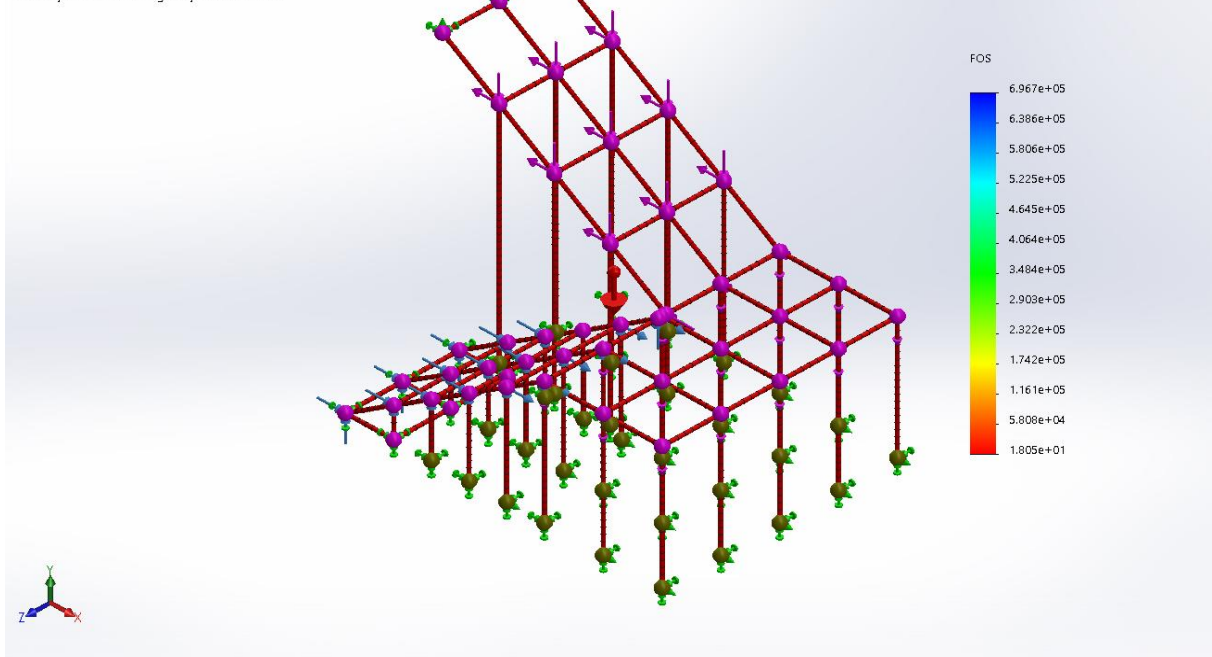


Figura 41: Fator de segurança

(Fonte: autora, 2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em conta que o limite de escoamento da peça se definiu como 250 Mpa, e que o elemento que mais fez esforço obteve uma tensão de 13,85 Mpa, constatamos que a peça não sofrerá nenhum tipo de sobrecarga.

Os deslocamentos são mínimos apesar da carga aplicada entre concreto armado e moldes ser 1356.083 kg, e fator de segurança mínimo obtido como 18. A estrutura está apta para ser aplicada em obras constatado pelo estudo de forma teórica.

Os processos de produção artesanal têm como características o “uso intensivo de mão de obra, baixa mecanização (produção essencialmente manual), principalmente ao que se refere montagem de fôrmas, com elevados desperdícios de mão de obra, material e tempo, dispersão e subjetividade nas decisões, descontinuidade e fragmentação da obra”.

Para as fôrmas metálicas o tempo de execução dos trabalhos é cerca de cinco vezes menor quando comparado com o processo envolvendo fôrmas de madeira. O que acontece é que, as escoras de madeira têm baixa durabilidade e produtividade na montagem e desmontagem, execução demorada, pouca resistência nas ligações e nas emendas e grandes deformações quando submetida a variadas e bruscas mudanças de temperatura e umidade, enquanto as escoras metálicas por sua vez não apresentam o mesmo problema.

No quesito segurança, o ponto positivo também vai para os equipamentos metálicos. Eles têm estrutura mais resistente, são modulares em menor número, deixando a obra mais organizada e limpa e contribuem para a diminuição do risco de acidente.

Estes produtos também são produzidos em conformidade com as normas de segurança e seguem rigorosamente todas as exigências impostas pelo Ministério do Trabalho e Emprego através da NR 18 e da NBR 15696:2009 (Norma de Fôrmas e Escoramento).

Em contrapartida as fôrmas de madeira não propiciam a mesma segurança, por ter características que não são uniformes.

As escoras metálicas merecem destaque em outro aspecto: a sustentabilidade. O que acontece é que, na maioria das vezes, as escoras de madeira são fabricadas com madeira sem certificação. Outro ponto que torna a fôrma de madeira inimiga da natureza é a quantidade de resíduos gerados na sua confecção. Já com os sistemas metálicos nada disso ocorre, sua fabricação é concebida de forma segura e ecologicamente correta. Sem contar que todos os resíduos gerados neste processo são devidamente tratados antes de serem descartados.

A utilização de sistemas de fôrmas metálicas pode trazer vantagens para o canteiro de obras. Porém, deve-se analisar a relação custo/benefício para cada tipo de empreendimento. Em obras de pequeno porte podem ser inviáveis. As fôrmas metálicas por sua vez apresentam tendência decrescente de custo unitário conforme sua utilização em razão de sua reutilização. O alto custo inicial de fôrmas metálicas restringe seu uso a obras que possuem construções repetitivas ou elementos estruturais iguais.

O trabalho com as fôrmas metálicas traz vantagens significativas. É um tipo de tecnologia inovadora para o sistema de construção, que permite maior versatilidade, criatividade e assertividade nos projetos.

Os sistemas de fôrmas metálicas apresentam um grande número de reaproveitamento (mais de 200 utilizações), somados a uma grande modulação de painéis, permitem também uma adequação ideal do sistema de fôrmas ao da estrutura permanente a ser construída. A fôrma metálica proporciona ainda um excelente acabamento da superfície do concreto, minimizando intervenções para a correção de possíveis defeitos no concreto acabado.

Apesar de um custo inicial elevado, a durabilidade (compensado laminado plastificado tem vida útil aproximadamente de 20 usos) e a qualidade proporcionada pela superfície de contato metálica proporcionam um ganho real no custo final do M^3 de concreto lançado, aumentando assim o lucro da obra. O sistema de fôrma metálica é sem dúvida um sistema resistente, de bom acabamento e adequado à realização dos mais diferentes tipos de estruturas, sejam em obras de residências, de infraestrutura ou industriais, contribuindo sempre para a redução de mão-de-obra de montagem, desmontagem, limpeza e manutenção, diminuindo assim, por consequência, os prazos executivos finais.

Outra vantagem que as formas metálicas trazem é a redução notável do desperdício de materiais de construção, gerando assim um ambiente mais limpo, com menos entulho, amenizando a parcela de responsabilidade do ramo de construção, um dos principais responsáveis pela escassez de recursos naturais. Portanto, é possível afirmar que as formas metálicas colaboram para a sustentabilidade ambiental.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Determinar a viabilidade para substituição de métodos construtivos usuais, para escadas de aço.
- Realizar o teste prático em uma obra.
- Realizar o mesmo estudo com outro material.
- Fazer um projeto adaptável a outras dimensões.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Marileia Muniz. **Reciclagem de lixo numa escola pública do Município de Salvador**. 2005. 18p. Artigo (Graduada em licenciatura plena, em ciências biológicas) - Faculdades Jorge Amado, Salvador, 2005.

ALMEIDA, Luiz Carlos. **Fundamentos do concreto armado**: Notas de Aula da Disciplina de Estruturas IV – concreto armado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/cv714/Fundamentos_ALMEIDA.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

ASSAHI, Paulo Nobuyoshi. **Sistema de Fôrma para estrutura de concreto**. Boletim Técnico, São Paulo: s.n.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BAUD, Gerard. **Manual de Construção**. [S. l.]: Hemus, 1976.

_____. **NBR 15696**: Fôrmas e escoramentos – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BELLEI, Ildony Heli. **Edifícios industriais em aço projeto e cálculo**. 6. ed. São Paulo: Ed. PINI, 2010.

BERTOL, Mariane. **Estudo dos impactos da reutilização de resíduos da construção civil**. 2015. 70 p. Monografia (Graduada em engenharia civil) – Unijuí – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Unijuí- RS, 2015.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

BURDEN, Ernest E. **Dicionário ilustrado de arquitetura**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

_____. Ministério da Economia. Secretaria do Trabalho. **Norma Regulamentadora Nº 18** – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Publicada no D.O.U. em 06 de julho de 1978.

DER/SP. **Cimbramento das estruturas de concreto**. 2006. Disponível em: <http://ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-C00-003_A.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

Dicio - Dicionário Online de Português . Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/reutilizar/>>. Acesso em: 25 set. 2018.

COSTA, Carlyne Pomi diniz. **Fôrmas para construção civil e suas aplicações**. 2014. 98f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Minas Gerais, 2014.

UMINHO. **Escadas**. 2018. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/lftc/Textos_files/construcoes/cp2/Cap.%20I%20%20Escadas.pdf>. Acesso em: 09 set. 2018

FAJERSZTAIN, H. **Formas para concreto armado**: aplicação para o caso do edifício. 1987. Tese (Doutorado em...) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

FREIRE, Altair. **Patologia nas edificações públicas do estado do paraná: estudo de caso da unidade escolar padrão 023 da superintendência de desenvolvimento escolar - SUDE**. 2010. Monografia (Pós Graduação) - Curitiba, 2010.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais**. Pearson Prentice Hall, 5 . edição, São Paulo, 2004.

LACÔRTE, Patrícia Maria Ribeiro. **Aproveitamento de resíduos na construção civil**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da UFMG, 2013.

LIMA, Rosimeire Suzuki; LIMA, Ruy Reynaldo Rosa. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil. Série de Publicações Temáticas do CREA/PR**, 2005. Disponível em: <http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos_web2012.pdf>. Acesso em: 26 set. 2018.

MACHADO, C.P. (2013). **Escadas**. (Notas de aula). São Paulo. FTDE.

MAGNAGNAGNO, Luiz Carlos. **Análise entre os sistemas de fôrma e escoramento para execução de pilares e lajes na Cidade de Curitiba - PR**. 2014. 67f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Tuiuti do Paraná - UTP, Curitiba, 2014.

MARQUES NETO, José da Costa. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil**. São Carlos: Rima, 2005. 162 p.

MELGES , José Luiz Pinheiro ; PINHEIRO, Libânio Miranda; GIONGO , José Samuel. **CONCRETO ARMADO: ESCADAS**. 1997. Monografia (Engenharia de Estruturas) , São Paulo, 1997.

MOLITERNO, Antonio. **Escoramentos, cimbramentos, fôrmas para concreto e travessias em estrutura de madeira**. São Paulo: E. Blucher, 1989.

NAKAMURA, J. **Fôrmas metálicas para parede de concreto**. *Rev. Equipe de obra*, ed. 63, Setembro, 2013. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/63/formas-metalicas-paraparede-de-concreto-saiba-como-funciona-294280-1.aspx>>. Acesso em: 05 set. 2018.

NAZAR, N. **Fôrmas e escoramentos para edifícios**. São Paulo: PINI, 2007.

NEIVA NETO, Romeu da Silva. **O projeto da produção de fôrmas para estrutura de concreto armado incorporando bim**. 2014. 154f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2014.

PANNONI, Fabio Domingos. **Aços Estruturais**. Disponível em: <<https://www.gerdau.com.br/arquivos-tecnicos/12.brasil.es-ES.force.axd>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

PARANÁ (Estado). Corpo de Bombeiros. **NPT 011: Saídas de Emergência**. Setembro, 2016. Disponível em: <http://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos_restritos/files/documento/2018-12/NPT_011_2016.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

PORTAL DO CIMBRAMENTO. Disponível em: <<http://cimbramento.no.comunidades.net/index.php?pagina=1992809107>>. Acesso em: 15 de agosto 2018

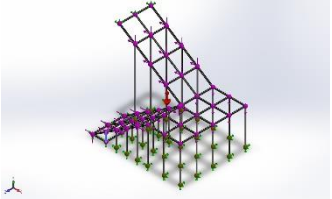
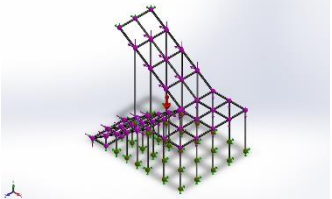
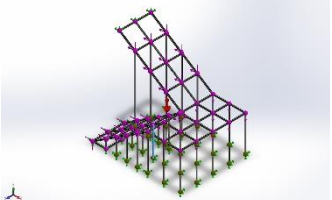
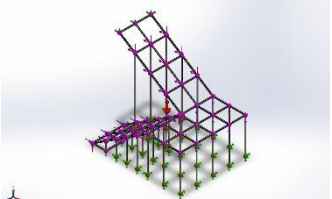
RIPPER, Ernesto. **Como evitar erros na construção**. 3. ed. rev. São Paulo: Pini, 1996. 168p.

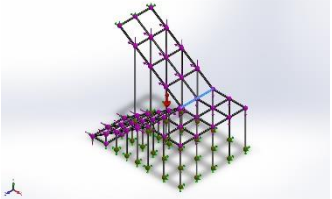
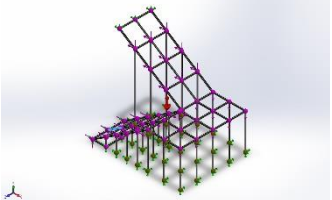
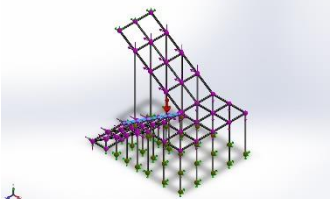
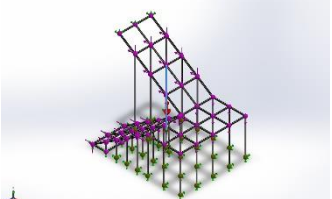
SABBATINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia**. 204f. Tese (Doutorado em...) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

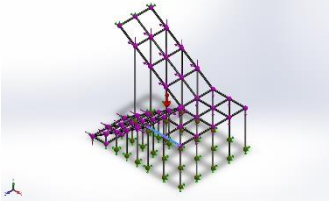
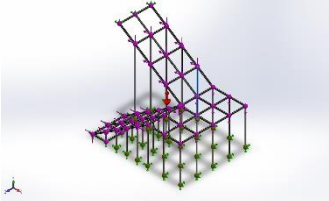
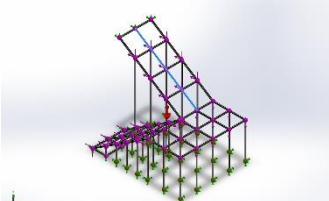
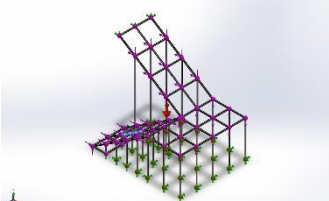
SH FÔRMAS, E. E. ANDAIME. **Manual SH de Fôrmas para Concreto e Escoramentos Metálicos**. São Paulo: Ed. Pini, 2000.

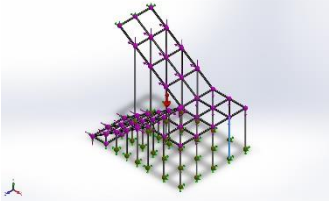
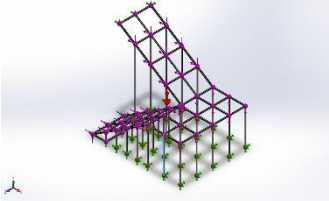
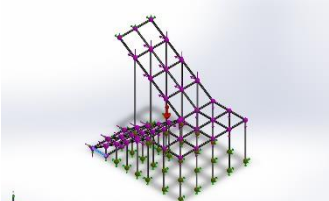
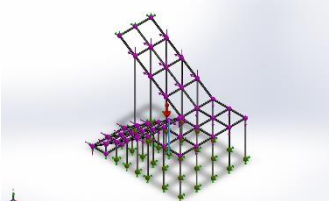
SOLIDWORKS Web Help. [S. l.], Acesso, 4 jun. 2019. Disponível em <http://help.solidworks.com/HelpProducts.aspx>.

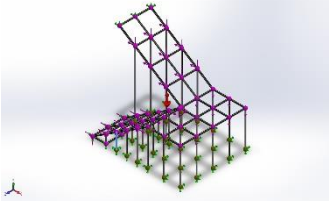
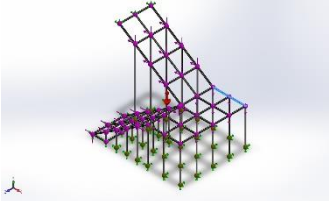
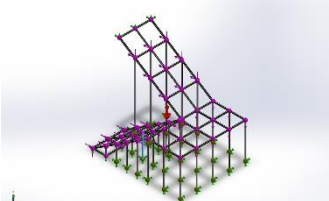
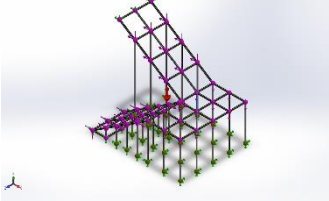
ANEXOS I – INFORMAÇÕES DO MODELO

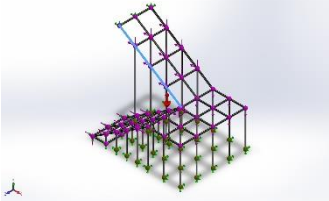
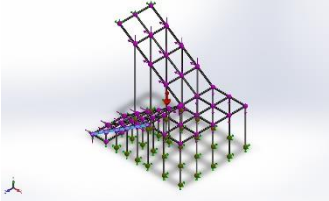
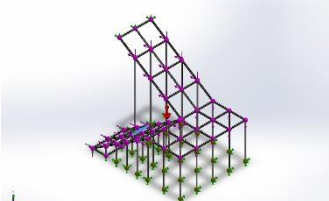
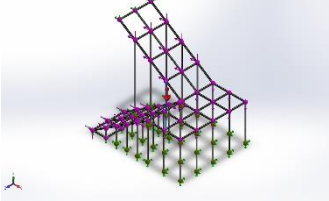
Nome e referência do documento	Fórmula	Propriedades
Viga-1(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(9)[1]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m ² Comprimento:317.423mm Volume:0.000169757m ³ Massa específica:7850kg/m ³ Massa:1.33259kg Peso:13.0594N
Viga-2(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(9)[3]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m ² Comprimento:317.423mm Volume:0.000169757m ³ Massa específica:7850kg/m ³ Massa:1.33259kg Peso:13.0594N
Viga-3(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[29]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m ² Comprimento:1059.68mm Volume:0.000395494m ³ Massa específica:7850kg/m ³ Massa:3.10463kg Peso:30.4254N
Viga-4(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[25]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m ² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m ³ Massa específica:7850kg/m ³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N

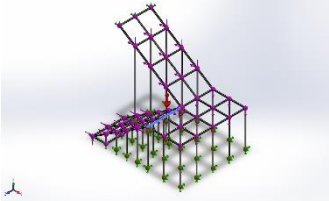
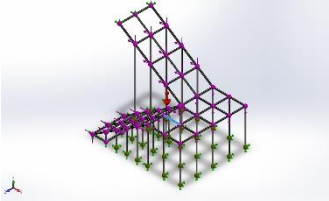
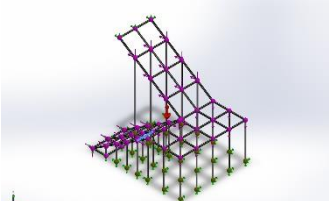
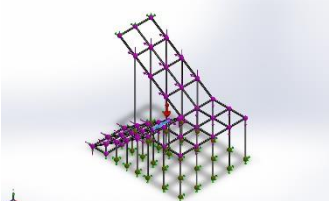
Viga-5(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[5]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1180mm Volume:0.000631061m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.95383kg Peso:48.5475N
Viga-6(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[3]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:555.256mm Volume:0.000296526m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.32773kg Peso:22.8117N
Viga-7(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(6)[1]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:2437.29mm Volume:0.00130345m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:10.2321kg Peso:100.275N
Viga-8(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[21]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:2037.45mm Volume:0.000760421m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:5.9693kg Peso:58.4992N

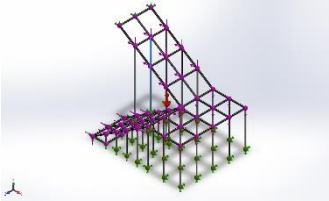
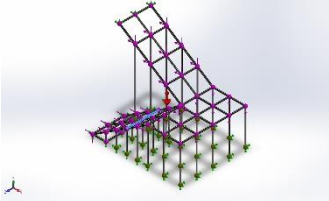
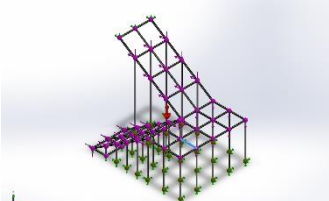
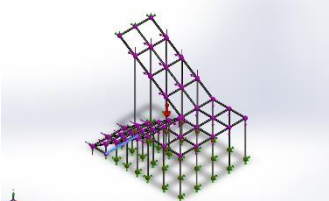
Viga-9(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[1]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1200mm Volume:0.000641767m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:5.03787kg Peso:49.3712N
Viga-11(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[13]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1672.27mm Volume:0.000624128m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.89941kg Peso:48.0142N
Viga-12(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(4)) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:2706.57mm Volume:0.00144746m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:11.3626kg Peso:111.353N
Viga-13(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[2]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:882.668mm Volume:0.000471656m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.7025kg Peso:36.2845N

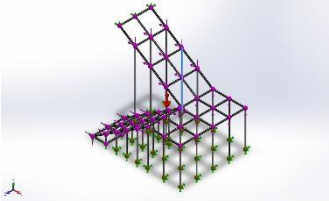
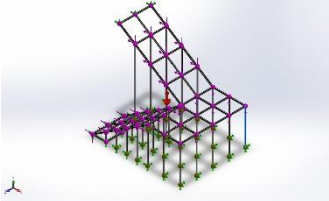
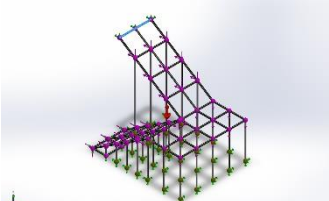
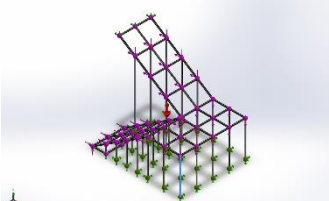
Viga-14(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[9]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N
Viga-15(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[5]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N
Viga-16(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(8)[3]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:492.483mm Volume:0.000263378m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.06752kg Peso:20.2617N
Viga-17(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[34]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1059.72mm Volume:0.000395509m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.10475kg Peso:30.4265N

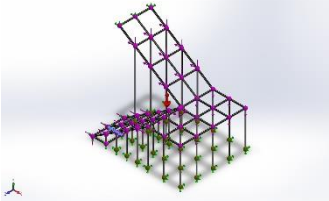
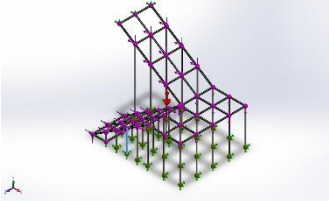
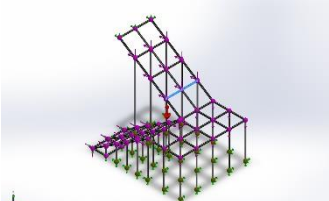
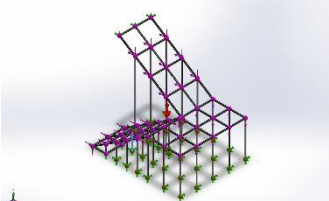
Viga-18(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[1]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:564.842mm Volume:0.000210811m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:1.65487kg Peso:16.2177N
Viga-19(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[6]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1200mm Volume:0.000641767m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:5.03787kg Peso:49.3712N
Viga-20(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[30]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:812.26mm Volume:0.000303153m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.37975kg Peso:23.3215N
Viga-21(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[26]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N

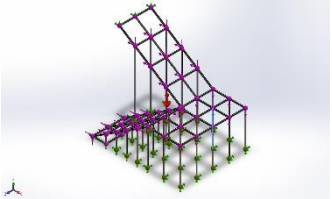
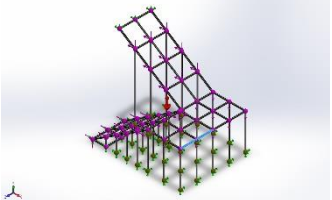
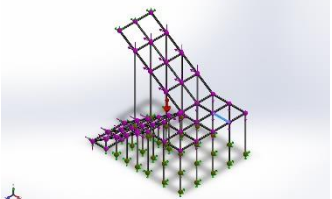
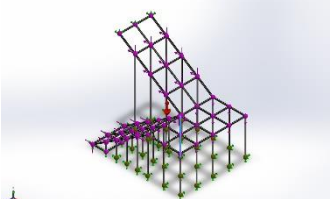
Viga-23(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(3)[1]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:2731.14mm Volume:0.00146061m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:11.4658kg Peso:112.364N
Viga-24(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(6)[2]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:2437.29mm Volume:0.00130345m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:10.2321kg Peso:100.275N
Viga-25(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[8]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:564.705mm Volume:0.000301771m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.3689kg Peso:23.2153N
Viga-26(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[22]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1672.27mm Volume:0.000624128m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.89941kg Peso:48.0142N

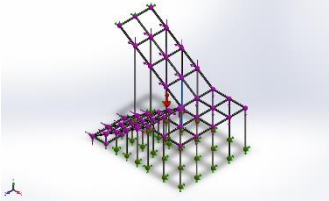
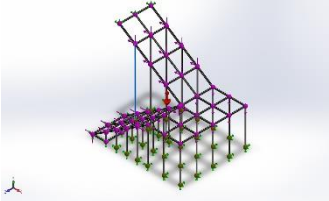
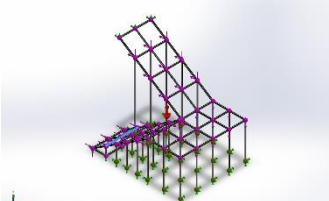
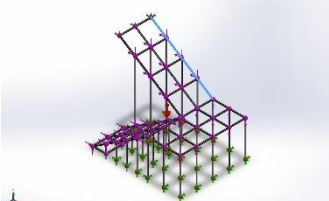
Viga-27(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[4]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1200mm Volume:0.000641767m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:5.03787kg Peso:49.3712N
Viga-28(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[3]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:580mm Volume:0.000310182m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.43493kg Peso:23.8623N
Viga-29(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[10]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:564.436mm Volume:0.000301631m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.3678kg Peso:23.2045N
Viga-30(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[11]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:564.971mm Volume:0.000301914m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.37002kg Peso:23.2262N

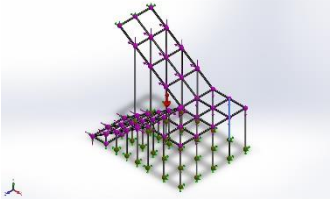
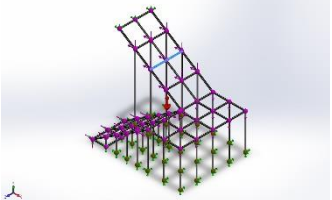
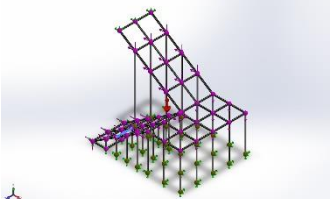
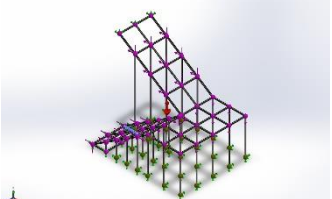
Viga-31(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[18]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:2399.44mm Volume:0.00089552m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:7.02984kg Peso:68.8924N
Viga-32(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[9]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1160mm Volume:0.000620364m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.86986kg Peso:47.7246N
Viga-33(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[2]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:580mm Volume:0.000310182m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.43493kg Peso:23.8623N
Viga-34(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[6]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1160mm Volume:0.000620364m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.86986kg Peso:47.7246N

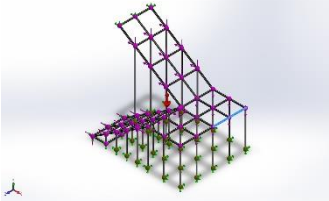
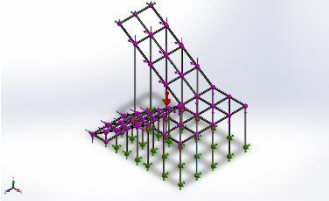
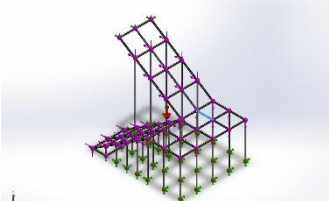
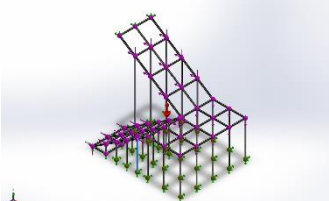
Viga-35(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[14]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:2037.45mm Volume:0.00076042m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:5.9693kg Peso:58.4991N
Viga-36(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[10]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N
Viga-37(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(3)[3]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1129.42mm Volume:0.000603535m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.73775kg Peso:46.43N
Viga-38(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[6]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N

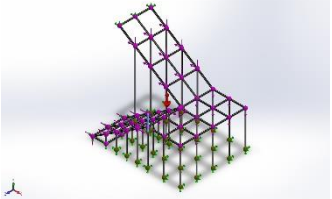
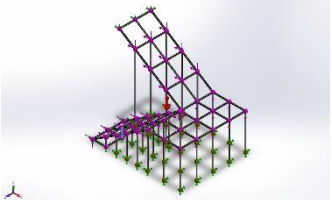
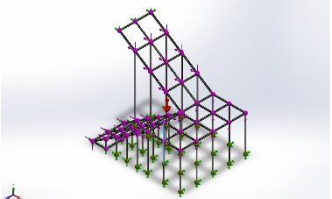
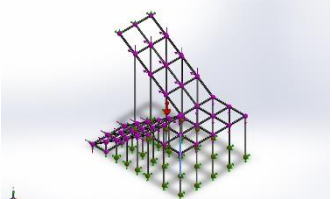
Viga-39(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(8)[2]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:492.483mm Volume:0.000263378m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.06752kg Peso:20.2617N
Viga-40(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[2]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:812.26mm Volume:0.000303153m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.37975kg Peso:23.3215N
Viga-41(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(5)[3]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1160mm Volume:0.000620364m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.86986kg Peso:47.7246N
Viga-42(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[31]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:564.842mm Volume:0.000210811m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:1.65487kg Peso:16.2177N

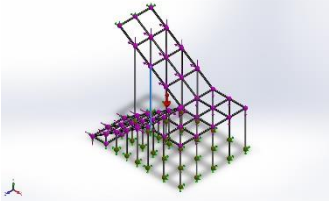
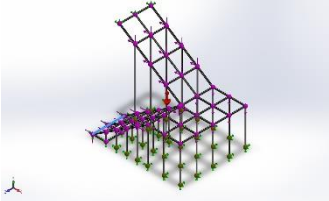
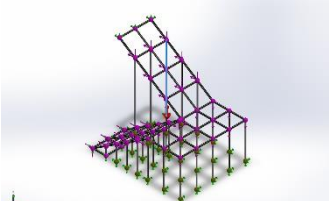
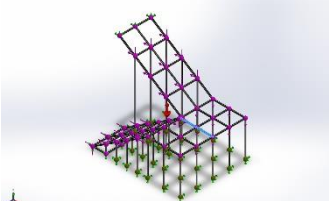
Viga-43(Tubo rígido 33.7 X 4.0(2)) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1290.08mm Volume:0.000481484m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.77965kg Peso:37.0406N
Viga-44(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[2]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1200mm Volume:0.000641767m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:5.03787kg Peso:49.3712N
Viga-45(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[4]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:580mm Volume:0.000310182m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.43493kg Peso:23.8623N
Viga-46(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[27]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N

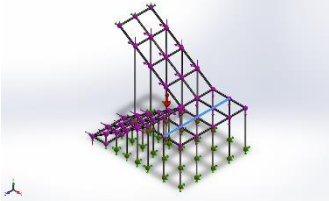
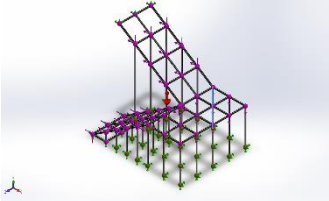
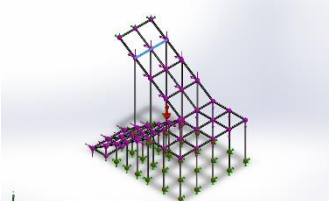
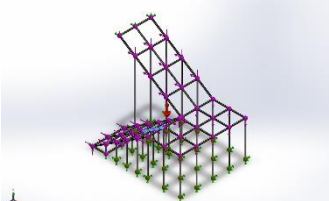
Viga-47(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[23]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1672.28mm Volume:0.000624129m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.89941kg Peso:48.0142N
Viga-48(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[19]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:2399.14mm Volume:0.000895409m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:7.02896kg Peso:68.8838N
Viga-49(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[5]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1160mm Volume:0.000620364m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.86986kg Peso:47.7246N
Viga-51(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(3)[2]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:2731.14mm Volume:0.00146061m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:11.4658kg Peso:112.364N

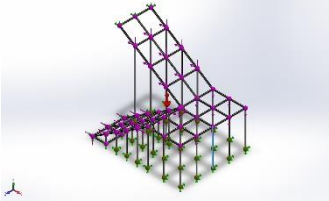
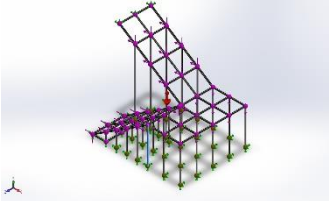
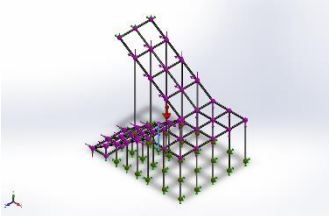
Viga-52(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[11]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N
Viga-53(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(5)[2]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1160mm Volume:0.000620364m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.86986kg Peso:47.7246N
Viga-54(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[7]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:564.703mm Volume:0.000301773m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.36892kg Peso:23.2154N
Viga-55(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(8)[1]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:492.483mm Volume:0.000263378m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.06752kg Peso:20.2617N

Viga-56(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[7]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1180mm Volume:0.00063107m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.9539kg Peso:48.5482N
Viga-57(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[7]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N
Viga-58(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[5]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:580mm Volume:0.000310182m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.43493kg Peso:23.8623N
Viga-59(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[3]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1059.68mm Volume:0.000395494m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.10463kg Peso:30.4254N

Viga-60(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[32]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m ² Comprimento:564.842mm Volume:0.000210811m ³ Massa específica:7850kg/m ³ Massa:1.65487kg Peso:16.2177N
Viga-61(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(9)[2]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m ² Comprimento:317.423mm Volume:0.000169757m ³ Massa específica:7850kg/m ³ Massa:1.33259kg Peso:13.0594N
Viga-62(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[28]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m ² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m ³ Massa específica:7850kg/m ³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N
Viga-63(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[24]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m ² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487837m ³ Massa específica:7850kg/m ³ Massa:3.82952kg Peso:37.5293N

Viga-64(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[20]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:2037.45mm Volume:0.000760421m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:5.9693kg Peso:58.4992N
Viga-65(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[4]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1160mm Volume:0.000620364m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.86986kg Peso:47.7246N
Viga-66(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[16]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:2402.63mm Volume:0.000896712m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:7.03919kg Peso:68.9841N
Viga-67(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[3]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1200mm Volume:0.000641767m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:5.03787kg Peso:49.3712N

Viga-68(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[1]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:2400mm Volume:0.00128351m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:10.0756kg Peso:98.7405N
Viga-69(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[12]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N
Viga-70(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(5)[1]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:1155.02mm Volume:0.000617698m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:4.84893kg Peso:47.5195N
Viga-71(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[1]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/square tube/40 x 40 x 4 Área da seção: 0.000534796m² Comprimento:898.031mm Volume:0.000480071m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.76856kg Peso:36.9319N

Viga-72(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[8]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N
Viga-73(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[4]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:1307.1mm Volume:0.000487836m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:3.82951kg Peso:37.5292N
Viga-74(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[33]) 	Viga - C/S uniforme	Padrão de seção-iso/pipe/33.7 x 4.0 Área da seção: 0.000373221m² Comprimento:812.311mm Volume:0.000303172m³ Massa específica:7850kg/m³ Massa:2.3799kg Peso:23.323N

ANEXO II – VIGAS (FORÇAS DE VIGA)

Nome da viga	Juntas	Axial(N)	Cisalhamento 1(N)	Cisalhamento 2(N)	Momento 1(N.m)	Momento 2(N.m)	Torque(N.m)
Viga-1(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(9)[1])	1	681.241	20.1867	6.51173	1.01844	-3.55104	-0.101179
	2	-694.314	-20.1867	-6.51173	1.04853	-2.85669	0.101179
Viga-2(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(9)[3])	1	-682.469	3.39306	0.981369	-0.610504	-0.219866	-0.186509
	2	669.397	-3.39306	-0.981369	0.298994	1.2969	0.186509
Viga-3(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[29])	1	-635.678	0.059374	-0.183173	0.0975261	0.0811965	-0.189207
	2	666.135	-0.0638076	0.183173	0.0965785	-0.0159591	0.189207
Viga-4(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[25])	1	661.503	0.656691	0.451155	-0.330616	0.588415	-0.123095
	2	-623.935	-0.659035	-0.451155	-0.259087	0.27152	0.123095
Viga-5(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[5])	1	6.62148	-19.7562	-3.01255	-0.410783	4.62914	-0.0433658
	2	-6.62148	-4.95415	3.01255	-1.39675	-0.188531	0.0433658
	3	-0.000759933	-0.36954	-0.0183328	0.000183328	-0.000949806	5.25624e-17
	4	0.000759933	-0.454137	0.0183328	0.000183328	0.00179578	-5.25624e-17
Viga-6(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[3])	1	-631.831	-5.90474	-6.83979	0.434659	-0.70165	-0.0847509
	2	644.904	-5.08333	-10.2083	-1.42172	0.46119	0.0847515
Viga-7(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(6)[1])	1	-132.368	-3.03409	-6.61992	0.0153582	-0.267541	0.198441
	2	-441.412	-18.9546	-25.1364	-4.8522	4.63782	-0.34203
	3	-284.188	-4.18648	-13.8442	-2.70801	0.637479	0.154201
	4	-644.442	67.4349	-21.3434	-9.73559	-24.4134	-4.33947
	5	-458.611	10.628	3.6429	2.20463	-3.72972	-0.287843
	6	143.807	-6.58051	-8.29686	0.414551	-0.641498	-0.19844
Viga-8(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[21])	1	1982.93	0.020822	0.162542	-0.307703	0.0363653	-0.0284216
	2	-1924.37	-0.0827413	-0.148728	-0.0102957	0.0693647	0.0284216
Viga-9(Tubo quadrado 40 X 40)	1	4.99355	11.8073	-4.43764	-1.1392	-0.292764	0.0353117
	2	14.4423	13.1483	-4.29987	-1.0215	-0.865965	0.279825

Nome da viga	Juntas	Axial(N)	Cisalhamento 1(N)	Cisalhamento 2(N)	Momento 1(N.m)	Momento 2(N.m)	Torque(N.m)
X 4(1)[1])	3	-4.99355	12.903	4.43764	-1.52339	0.621464	-0.0353117
Viga-11(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[13])	1	1941.12	0.31757	1.13444	-0.925751	0.243849	-0.021684
	2	-1893.06	-0.331236	-1.13455	-0.971437	0.298776	0.0216841
Viga-12(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(4))	1	244.747	-1.32991	-3.45256	-1.88683	-2.69577	-0.475887
	2	-874.248	-12.772	22.8332	-1.24019	-0.138009	-0.0195764
	3	-861.006	-1.62472	5.44199	7.1831	4.15105	-0.0195787
	4	-1134.9	27.8423	-42.7563	-14.6183	-9.37503	-0.0587995
	5	-229.708	13.9909	-16.2976	-2.45887	-2.48763	0.475889
Viga-13(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[2])	1	-514.399	-6.11143	0.84673	-1.39143	-0.5193	-0.056844
	2	385.063	0.834701	-9.07406	-0.987897	-0.928192	-0.0934948
	3	524.589	-2.45369	-14.1339	-2.02944	-0.315941	0.0568447
Viga-14(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[9])	1	633.494	1.83608	2.02435	-1.3532	1.21454	-0.137075
	2	-595.926	-1.83608	-2.0221	-1.2913	1.1854	0.137075
Viga-15(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[5])	1	638.693	0.869786	-0.2313	0.221448	0.680095	-0.0796819
	2	-601.126	-0.869786	0.2313	0.0808844	0.456798	0.0796819
Viga-16(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(8)[3])	1	1.57722e-05	10.1412	-1.25881e-14	1.03324e-15	0.832394	-5.93858e-17
	2	-1.57722e-05	10.1412	3.92842e-22	5.35996e-23	-0.832394	4.69854e-18
Viga-17(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[34])	1	-577.022	-1.24713	-0.277859	0.136562	-0.598929	0.0637035
	2	607.478	0.981074	0.277859	0.15789	-0.58175	-0.0637035
Viga-18(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[1])	1	-657.621	-1.70786	-3.09184	0.827836	-0.445258	0.039394
	2	673.855	1.70786	3.09184	0.918567	-0.519411	-0.039394
Viga-19(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[6])	1	-17.7005	-0.972571	-6.49251	-1.941	2.68042	0.113288
	2	6.29312	0.0743811	5.43237	-1.89347	-1.40592	-0.0226362
	3	-6.29312	24.6359	-5.43237	-1.36596	-5.96255	0.0226362
Viga-20(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[30])	1	-645.416	1.15771	-0.617789	0.253334	0.416377	-0.029075
	2	668.762	-1.16475	0.616535	0.247969	0.523602	0.0290781
Viga-21(Tubo	1	-2483.87	-1.52814	-1.20966	-0.576906	1.17649	0.0111818

Nome da viga	Juntas	Axial(N)	Cisalhamento 1(N)	Cisalhamento 2(N)	Momento 1(N.m)	Momento 2(N.m)	Torque(N.m)
rígido 33.7 X 4.0(1)[26])	2	2521.44	1.52814	1.20966	-1.00423	0.82094	-0.0111818
Viga-23(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(3)[1])	1	-411.568	3.05947	21.7573	-6.80554	-1.76834	5.38993
	2	0	0	0	0	0	0
	3	426.607	9.60169	-2.00728	-1.23453	-0.445029	-5.38993
	4	-477.587	27.0053	42.2783	14.149	-9.13935	-0.29244
	5	-202.49	-4.13744	-4.22239	-6.71077	4.57574	-0.218477
	6	126.814	7.39373	15.6611	3.08026	-1.66185	-0.825732
Viga-24(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(6)[2])	1	750.215	-4.58595	-7.99144	-0.761812	0.440662	-0.0344506
	2	179.234	-15.9991	6.29374	1.13898	2.68391	-0.107432
	3	-738.776	-5.02926	-6.9264	0.488753	-0.554214	0.0344508
	4	631.415	-5.6317	-12.8836	-1.60782	0.415754	-0.0875551
	5	346.228	-3.27253	-14.2039	-3.12617	-0.184651	-0.131286
	6	485.373	-2.68667	-7.12769	-0.603279	-0.11168	-0.0128177
Viga-25(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[8])	1	3.20133	-6.87081	-7.67734	2.14148	0.590087	-0.145708
	2	-3.20133	-17.0158	7.67734	2.31137	2.35197	0.145708
Viga-26(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[22])	1	1906.06	-0.456378	0.229216	-0.317603	-0.185232	-0.202794
	2	-1858	0.422147	-0.244198	-0.0782338	-0.54964	0.202794
Viga-27(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[4])	1	23.9493	1074.1	-632.434	-3.49063	-4.66204	5.48497
	2	23.9493	1074.1	-632.434	-3.49063	-4.66204	5.48497
	3	-23.9493	-1075.74	632.434	28.788	47.659	-5.48497
	4	12.425	-12.9447	-10.6602	-3.37788	-0.91793	-0.0270235
	5	44.2941	55.3862	-22.6359	-3.21835	-7.43687	-0.442063
Viga-28(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[3])	1	-31.0852	15.2014	-3.55535	-1.22642	-1.53565	-0.719317
	2	31.0852	8.68521	3.55535	-0.835683	-0.354062	0.719317
Viga-29(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[10])	1	22.6339	-17.5449	11.4578	-4.17893	-2.21365	0.0550247
	2	-22.6339	-6.34172	-11.4578	-2.46657	-1.03529	-0.0550247
Viga-30(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[11])	1	-70.2804	-12.7177	13.8212	2.46751	1.42933	-0.114189
	2	70.2804	-11.1689	-13.8212	5.54879	-0.980178	0.114189

Nome da viga	Juntas	Axial(N)	Cisalhamento 1(N)	Cisalhamento 2(N)	Momento 1(N.m)	Momento 2(N.m)	Torque(N.m)
Viga-31(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[18])	1	1903.26	-0.026307	1.0991	-1.00727	-0.00677835	-0.0123942
	2	-1834.28	0.731802	9.24458	-0.885857	0.0890086	0.0124696
Viga-32(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[9])	1	-9.96818	-2.92511	-7.16953	1.90263	1.41294	0.154181
	2	9.96792	-20.961	7.17136	2.25602	3.81745	-0.154196
	3	2.44337	-11.034	1.74177	0.740448	0.750042	-0.0287463
Viga-33(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[2])	1	-10.7563	11.1195	1.09654	0.510911	-0.0868317	-0.174275
	2	10.7563	12.7671	-1.09654	0.125083	0.564625	0.174275
Viga-34(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[6])	1	0	-11.9433	0	0	1.15452	0
	2	0	-11.9433	0	0	-1.15452	0
	3	0	-11.9433	0	0	1.15452	0
Viga-35(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[14])	1	1963.21	0.136731	0.171462	-0.321455	0.10922	-0.00780424
	2	-1904.65	-0.150762	-0.17497	-0.0315158	0.183862	0.00780312
Viga-36(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[10])	1	619.426	1.93593	2.18567	-1.45682	1.25848	-0.0418277
	2	-581.858	-1.94031	-2.18348	-1.39858	1.27492	0.0418275
Viga-37(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(3)[3])	1	0	-8.95749	0	0	0.396867	0
	2	0	-11.9433	0	0	1.15452	0
	3	0	-11.9433	0	0	-1.15452	0
Viga-38(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[6])	1	626.708	1.42976	-0.849578	0.491083	1.03723	-0.0532292
	2	-589.141	-1.42976	0.851796	0.620891	0.831603	0.0532289
Viga-39(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(8)[2])	1	-1.57722e-05	10.1412	6.02928e-05	4.94887e-06	-0.832394	1.87097e-07
	2	1.57722e-05	10.1412	6.02926e-05	-4.94885e-06	0.832394	1.87095e-07
Viga-40(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[2])	1	689.476	0.897765	1.37272	0.599862	-0.399987	-0.0213404
	2	-666.131	-0.897765	-1.37305	0.51528	-0.329231	0.0213404
Viga-41(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(5)[3])	1	3.36046	-8.31055	2.35045	-0.611887	-0.128367	-0.0825531
	2	-3.36046	-15.5765	-2.35045	-0.751401	2.23554	0.0825531
	3	-10.6245	-1.93782	-1.44334	-2.08925	-3.40247	0.683115
Viga-42(Tubo	1	661.309	-2.42687	0.873011	0.202728	0.730535	0.0528976

Nome da viga	Juntas	Axial(N)	Cisalhamento 1(N)	Cisalhamento 2(N)	Momento 1(N.m)	Momento 2(N.m)	Torque(N.m)
rígido 33.7 X 4.0(1)[31])	2	-645.075	2.43819	-0.873011	0.290385	0.643538	-0.0528977
Viga-43(Tubo rígido 33.7 X 4.0(2))	1	690.56	1.54801	1.30543	-1.04769	0.973841	-0.16099
	2	-653.481	-1.54801	-1.30543	-0.636409	1.02321	0.16099
Viga-44(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[2])	1	5.86742	-7.45183	-5.84424	-1.47016	-0.866928	0.000590364
	2	6.70357	-10.7491	4.22611	2.25368	0.979394	0.0521209
	3	-6.70357	-13.9612	-4.22611	0.281984	-1.94303	-0.0521209
Viga-45(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[4])	1	-25.8689	0.378326	-6.85643	1.89848	-1.36699	0.155598
	2	25.8689	24.332	6.85643	2.21538	-5.81911	-0.155598
Viga-46(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[27])	1	-914.704	7.2296	-0.491443	-0.295439	-6.46291	0.64105
	2	952.272	-7.233	0.491443	-0.346921	-2.98905	-0.64105
Viga-47(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[23])	1	-1919.31	-0.0592501	-1.03762	-0.875104	0.301748	0.0288025
	2	1967.37	0.308846	1.03849	-0.860801	0.242905	-0.0289318
Viga-48(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[19])	1	1885.51	-0.124764	0.92842	-0.873409	-0.078513	-0.0253307
	2	-1816.55	0.0323791	-0.974102	-1.40865	-0.108008	0.0253297
Viga-49(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[5])	1	-4.74012	-12.8692	0.888224	0.41623	1.31884	-0.0583535
	2	3.92647	-8.51983	-4.37918	1.20172	-0.00879288	0.36152
	3	-3.92647	-15.3668	4.37918	1.3382	1.99442	-0.36152
Viga-51(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(3)[2])	1	335.637	1.71099	1.32182	2.93097	-1.45434	0.304339
	2	-320.598	10.9501	18.4282	2.85649	-1.67146	-0.30434
	3	-638.803	8.87036	9.55847	2.09271	-2.29481	-0.105869
	4	-1237.64	28.3403	42.3836	14.417	-9.60232	0.176947
	5	-964.285	-2.47804	-4.1211	-6.89367	4.05276	-0.0370688
Viga-52(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[11])	1	667.826	1.38688	1.3549	-1.0957	0.905427	-0.0781472
	2	-630.259	-1.39162	-1.3549	-0.675283	0.910544	0.0781457
Viga-53(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(5)[2])	1	2.92355	13.4622	2.85357	-1.00731	0.760081	-0.0335717
	2	2.92355	-7.43833	2.85357	0.440861	-0.768464	-0.0335717
	3	-2.0271	-8.69844	2.63001	-0.522713	0.074511	-0.00695052

Nome da viga	Juntas	Axial(N)	Cisalhamento 1(N)	Cisalhamento 2(N)	Momento 1(N.m)	Momento 2(N.m)	Torque(N.m)
Viga-54(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[7])	1	2.35091	-11.642	-1.10642	0.021353	-0.858801	-0.00239128
	2	-2.35091	-12.2446	1.10642	0.620369	1.03357	0.00239128
Viga-55(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(8)[1])	1	1.57722e-05	10.1412	0.000120585	-9.89771e-06	0.832394	3.7419e-07
	2	-1.57722e-05	10.1412	0.000120586	9.89774e-06	-0.832394	3.74193e-07
Viga-56(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[7])	1	-2.35013	11.9615	15.368	-4.11793	0.928504	0.0829746
	2	7.37052	-12.9983	8.4777	-1.85165	-1.29753	-0.00731187
	3	-2.35013	-9.66002	15.368	3.95028	0.324364	0.0829746
Viga-57(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[7])	1	-609.56	-1.93323	0.687156	0.513121	1.26994	0.0922178
	2	647.128	1.93208	-0.684864	0.383604	1.25624	-0.0922179
Viga-58(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[5])	1	61.3637	-2.72732	-5.65265	-2.76838	3.22762	-0.613565
	2	-61.3637	27.4376	5.65265	-0.62321	5.82187	0.613565
Viga-59(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[3])	1	665.129	-0.158253	0.832024	0.557466	0.0184588	0.0486164
	2	-634.673	0.158253	-0.832024	0.324212	0.149239	-0.0486164
Viga-60(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[32])	1	650.16	3.39976	-0.223666	-0.213302	-0.997153	0.0790876
	2	-633.926	-3.39364	0.223666	0.0869649	-0.921484	-0.0790877
Viga-61(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(9)[2])	1	-680.637	-17.8297	-3.52398	0.383958	-2.63625	-0.0999803
	2	667.564	17.8297	3.52398	0.734636	-3.0233	0.0999803
Viga-62(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[28])	1	176.708	-1.7208	-0.37277	-0.412642	1.34774	0.0918896
	2	-139.141	1.72109	0.37277	-0.0746042	0.901716	-0.0918893
Viga-63(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[24])	1	-610.938	-0.0796344	-1.62842	-1.1032	-0.0343426	0.117768
	2	648.505	0.0256341	1.58133	-0.994618	0.103067	-0.117768
Viga-64(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[20])	1	-1910.01	0.112629	-0.0526354	0.0889027	-0.196153	0.0614405
	2	1968.57	-0.177906	0.0491171	-0.192612	-0.0964242	-0.0614408
Viga-65(Tubo quadrado 40 X 40)	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	-11.9433	0	0	-1.15452	0

Nome da viga	Juntas	Axial(N)	Cisalhamento 1(N)	Cisalhamento 2(N)	Momento 1(N.m)	Momento 2(N.m)	Torque(N.m)
X 4(7)[4])	3	0	-11.9433	0	0	1.15452	0
Viga-66(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[16])	1	1886.21	0.202298	1.03628	-0.968604	0.106803	0.013362
	2	-1817.16	0.0772941	-1.04038	-1.52376	0.0392549	-0.0133607
Viga-67(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[3])	1	-10.7609	13.6335	10.8088	1.67037	-1.3155	0.503928
	2	-22.0459	9.72918	35.7417	14.4836	-0.390003	6.30764
	3	10.7609	7.98808	-10.8088	4.00428	-0.166409	-0.503928
Viga-68(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[1])	1	0	0	0	0	0	0
	2	0.732008	-8.97087	-9.68006	-2.61794	-0.701311	0.0164318
	3	2.44945	-11.1544	12.7622	-3.24232	-1.0012	0.0289505
	4	7.76841	-6.67134	9.691	2.95278	0.713821	-0.438956
	5	-2.44945	-13.556	-12.7622	-4.41503	1.72168	-0.0289505
Viga-69(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[12])	1	-2433.54	-0.606942	-1.28503	-0.615311	0.365114	0.0790752
	2	2471.11	0.58905	1.28503	-1.06434	0.416613	-0.0790768
Viga-70(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(5)[1])	1	0	0	0	0	0	0
	2	3.52907	-9.13486	1.85228	0.357531	-0.0155052	0.190854
	3	-6.39989	-10.4517	-0.752832	0.590243	-0.494515	0.0487354
Viga-71(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[1])	1	0	0	0	0	0	0
	2	-239.82	-12.8263	5.24051	-1.15609	-1.66375	-0.480828
	3	0	0	0	0	0	0
Viga-72(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[8])	1	-600.395	-1.75625	-0.379831	-0.19724	1.11474	0.227985
	2	637.963	1.75399	0.38209	-0.300668	1.17942	-0.227985
Viga-73(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[4])	1	94.6165	0.254749	0.132684	0.268391	-0.342272	0.116653
	2	-57.049	-0.254749	-0.132684	-0.0949608	0.00929072	-0.116653
Viga-74(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[33])	1	21.3878	-0.0785773	0.694473	0.291394	0.109859	0.0669769
	2	1.95758	-0.184041	-0.694506	0.272764	-0.152693	-0.0669764

ANEXO III – TENSÕES DA VIGA

Nome da viga	Junta s	Axial(N/m ²)	Dir. curvatura1(N/m ²)	Dir. curvatura2(N/m ²)	Torcional (N/m ²)	Limite superior axial e curvatura(N/m ²)
Viga-1(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(9)[1])	1	1.27383e+06	183923	641291	-13034.6	2.09905e+06
	2	1.29828e+06	-189357	-515896	13034.6	2.00353e+06
Viga-2(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(9)[3])	1	1.27613e+06	110252	-39706.1	-24027.4	1.42609e+06
	2	1.25169e+06	53996.1	-234211	24027.4	1.53989e+06
Viga-3(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[29])	1	1.70322e+06	-39221.5	32654.4	-38046.2	1.75426e+06
	2	1.78483e+06	38840.4	6418.18	38046.2	1.82419e+06
Viga-4(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[25])	1	-1.77241e+06	132962	236640	-24752.3	2.04385e+06
	2	-1.67176e+06	-104195	-109196	24752.3	1.82269e+06
Viga-5(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[5])	1	12381.3	-74184.2	-835988	-5586.67	922554
	2	12381.3	252242	-34047.3	5586.67	298671
	3	1.42098	-33.1077	-171.528	6.77144e-12	206.056
	4	1.42098	33.1077	-324.304	-6.77144e-12	358.833
Viga-6(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[3])	1	1.18144e+06	-78496.2	-126713	-10918.2	1.38665e+06
	2	1.20589e+06	-256751	-83287.5	10918.2	1.54593e+06
Viga-7(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(6)[1])	1	-247511	2773.57	48315.9	25564.4	298600
	2	-825384	-876271	-837555	-44062.5	2.53921e+06
	3	-531395	-489045	-115124	19865.2	1.13556e+06
	4	-1.20502e+06	-1.75817e+06	4.40887e+06	-559039	7.37207e+06
	5	-857543	398140	673559	-37081.8	1.92924e+06
	6	-268900	-74864.7	-115850	-25564.4	459614
Viga-8(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[21])	1	-5.31301e+06	123747	14624.8	-5715.07	5.43762e+06
	2	-5.15611e+06	-4140.56	-27896	5715.07	5.18431e+06
Viga-9(Tubo quadrado 40 X	1	9337.28	-205730	52871	4549.09	267939
	2	27005.2	-184475	156387	36048.8	367867

Nome da viga	Junta s	Axial(N/m^2)	Dir. curvatura1(N/m^2)	Dir. curvatura2(N/m^2)	Torcional (N/m^2)	Limite superior axial e curvatura(N/m^2)
40 X 4(1)[1])	3	9337.28	275112	112232	-4549.09	396681
Viga-11(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[13])	1	-5.201e+06	372304	98067.5	-4360.26	5.586e+06
	2	-5.07222e+06	-390677	-120157	4360.29	5.48095e+06
Viga-12(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(4))	1	-457645	340748	-486836	-61306.8	1.28523e+06
	2	-1.63473e+06	-223969	24923.3	-2521.97	1.88362e+06
	3	-1.60997e+06	1.29721e+06	-749648	-2522.25	3.65683e+06
	4	-2.12212e+06	-2.63995e+06	1.69306e+06	-7574.94	6.45514e+06
	5	-429523	-444054	449247	61307.1	1.32282e+06
Viga-13(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[2])	1	961860	251281	-93781.6	-7323.01	1.30692e+06
	2	720018	-178407	167624	-12044.6	1.06605e+06
	3	980913	-366502	57056.6	7323.1	1.40447e+06
Viga-14(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[9])	1	-1.69737e+06	544210	488446	-27563.4	2.42863e+06
	2	-1.59671e+06	-519316	-476725	27563.4	2.30166e+06
Viga-15(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[5])	1	-1.7113e+06	-89058.4	273510	-16022.6	1.99894e+06
	2	-1.61064e+06	32528.8	-183708	16022.6	1.79721e+06
Viga-16(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(8)[3])	1	-0.029492	-1.86595e-10	150324	-7.65046e-12	150324
	2	-0.0294919	9.67967e-18	150324	6.05297e-13	150324
Viga-17(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[34])	1	1.54606e+06	-54920.4	-240868	12809.6	1.79311e+06
	2	1.62766e+06	63497.8	233959	-12809.6	1.87009e+06
Viga-18(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[1])	1	1.76201e+06	-332926	-179067	7921.43	2.14004e+06
	2	1.80551e+06	369415	208889	-7921.43	2.2299e+06
Viga-19(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[6])	1	-33097.6	-350530	-484064	14594.5	867692
	2	-11767.3	341946	-253898	-2916.15	607612
	3	-11767.3	-246682	1.07679e+06	2916.15	1.33524e+06
Viga-20(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[30])	1	1.72931e+06	-101882	167452	-5846.48	1.92532e+06
	2	1.79186e+06	99724.5	-210574	5847.09	2.02486e+06
Viga-21(Tubo	1	-6.65523e+06	-232011	-473144	2248.47	7.18219e+06

Nome da viga	Junta s	Axial(N/m^2)	Dir. curvatura1(N/m^2)	Dir. curvatura2(N/m^2)	Torcional (N/m^2)	Limite superior axial e curvatura(N/m^2)
rígido 33.7 X 4.0(1)[26])	2	-6.75588e+06	403867	330153	-2248.47	7.27752e+06
Viga-23(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(3)[1])	1	769579	1.22903e+06	-319348	694349	2.31796e+06
	2	0	0	0	0	0
	3	797700	-222946	80368.9	-694349	1.10102e+06
	4	-893026	2.55521e+06	1.6505e+06	-37673.2	5.09873e+06
	5	-378630	-1.21191e+06	-826344	-28145	2.41689e+06
	6	237126	556271	300117	-106374	1.09351e+06
Viga-24(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(6)[2])	1	1.4028e+06	-137577	-79580.1	-4438.15	1.61996e+06
	2	335145	205691	-484693	-13840.2	1.02553e+06
	3	1.38142e+06	-88265.2	-100087	4438.17	1.56977e+06
	4	1.18066e+06	-290361	-75081.9	-11279.4	1.54611e+06
	5	647401	-564562	33346.6	-16913.1	1.24531e+06
	6	907585	-108948	20168.5	-1651.26	1.0367e+06
Viga-25(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[8])	1	-5986.08	-386735	106565	-18771.1	499287
	2	-5986.08	417417	-424748	18771.1	848151
Viga-26(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[22])	1	-5.10706e+06	127729	-74493.9	-40778.3	5.25492e+06
	2	-4.97828e+06	-31462.8	221046	40778.3	5.20155e+06
Viga-27(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[4])	1	-44782.1	630381	-841930	706594	1.51709e+06
	2	-44782.1	630381	-841930	706594	1.51709e+06
	3	-44782.1	5.1989e+06	-8.60685e+06	-706594	1.38505e+07
	4	23233.1	-610019	165771	-3481.26	799023
	5	82824.3	-581209	1.34304e+06	-56948.1	2.00708e+06
Viga-28(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[3])	1	-58125.2	-221482	277326	-92665	556934
	2	-58125.2	150918	-63940.9	92665	272984
Viga-29(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[10])	1	-42322.5	754683	-399768	7088.65	1.19677e+06
	2	-42322.5	-445445	186965	-7088.65	674732
Viga-30(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[11])	1	-131415	445613	-258126	-14710.6	835155
	2	-131415	-1.00207e+06	-177013	14710.6	1.3105e+06

Nome da viga	Junta s	Axial(N/m^2)	Dir. curvatura1(N/m^2)	Dir. curvatura2(N/m^2)	Torcional (N/m^2)	Limite superior axial e curvatura(N/m^2)
Viga-31(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[18])	1	-5.09955e+06	405089	-2726.01	-2492.25	5.50464e+06
	2	-4.91473e+06	-356260	-35796.1	2507.41	5.27278e+06
Viga-32(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[9])	1	18639.2	-343600	255166	19862.6	617405
	2	18638.7	407421	-689402	-19864.5	1.11546e+06
	3	4568.79	133719	-135452	-3703.28	273740
Viga-33(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[2])	1	-20113	92266.6	15681.1	-22450.8	128061
	2	-20113	-22589	101967	22450.8	144669
Viga-34(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[6])	1	0	0	-208498	0	208498
	2	0	0	-208498	0	208498
	3	0	0	-208498	0	208498
Viga-35(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[14])	1	-5.26017e+06	129278	43924.4	-1569.29	5.3967e+06
	2	-5.10327e+06	-12674.5	-73942.7	1569.07	5.17829e+06
Viga-36(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[10])	1	-1.65967e+06	585882	506116	-8410.8	2.43389e+06
	2	-1.55902e+06	-562460	-512729	8410.77	2.3201e+06
Viga-37(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(3)[3])	1	0	0	-71671.1	0	71671.1
	2	0	0	-208498	0	208498
	3	0	0	-208498	0	208498
Viga-38(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[6])	1	-1.67919e+06	-197496	417137	-10703.5	2.14071e+06
	2	-1.57853e+06	249700	-334441	10703.4	1.9959e+06
Viga-39(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(8)[2])	1	-0.0294919	0.893728	150324	0.024103	150325
	2	-0.029492	0.893725	150324	0.0241028	150325
Viga-40(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[2])	1	1.84737e+06	241243	160861	-4291.17	2.13732e+06
	2	1.78481e+06	-207227	-132405	4291.17	2.03073e+06
Viga-41(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(5)[3])	1	-6283.62	110502	-23182.2	-10634.8	139968
	2	-6283.62	-135697	-403722	10634.8	545703
	3	-19866.4	-377302	614460	88001.3	1.01163e+06
Viga-42(Tubo	1	1.7719e+06	81530	-293795	10636.8	2.07679e+06

Nome da viga	Junta s	Axial(N/m^2)	Dir. curvatura1(N/m^2)	Dir. curvatura2(N/m^2)	Torcional (N/m^2)	Limite superior axial e curvatura(N/m^2)
rígido 33.7 X 4.0(1)[31])	2	1.7284e+06	-116782	258808	-10636.8	2.01234e+06
Viga-43(Tubo rígido 33.7 X 4.0(2))	1	-1.85027e+06	421345	391644	-32372.2	2.42552e+06
	2	-1.75092e+06	-255941	-411499	32372.2	2.23552e+06
Viga-44(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[2])	1	10971.3	-265500	156561	76.0546	433032
	2	12534.8	406997	-176871	6714.56	596403
	3	12534.8	-50924.2	-350896	-6714.56	414355
Viga-45(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[4])	1	48371.6	-342852	-246868	20044.7	638091
	2	48371.6	400080	1.05089e+06	-20044.7	1.49934e+06
Viga-46(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[27])	1	-2.45084e+06	-118815	2.59915e+06	128904	5.0527e+06
	2	-2.55149e+06	139519	-1.20209e+06	-128904	3.76165e+06
Viga-47(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[23])	1	-5.14255e+06	-351936	-121352	5791.67	5.51482e+06
	2	-5.27133e+06	346184	97687.7	-5817.67	5.63104e+06
Viga-48(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[19])	1	-5.05198e+06	351254	-31575.1	-5093.54	5.40465e+06
	2	-4.86723e+06	-566509	43437	5093.35	5.4354e+06
Viga-49(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[5])	1	-8863.41	75168	-238173	-7517.48	322204
	2	-7342	-217022	-1587.93	46573.4	225952
	3	-7342	241670	-360177	-46573.4	609188
Viga-51(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(3)[2])	1	-627598	-529310	-262644	39206.1	1.41955e+06
	2	-599477	515861	301853	-39206.1	1.41719e+06
	3	-1.19448e+06	377927	414424	-13638.4	1.98683e+06
	4	-2.31422e+06	2.6036e+06	1.73411e+06	22795	6.65192e+06
	5	-1.80309e+06	-1.24494e+06	-731898	-4775.33	3.77993e+06
Viga-52(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[11])	1	-1.78936e+06	440653	364131	-15714	2.36099e+06
	2	-1.6887e+06	-271575	-366189	15713.7	2.1446e+06
Viga-53(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(5)[2])	1	5466.66	-181912	-137265	-4324.83	324643
	2	5466.66	79616.1	138779	-4324.83	223862
	3	3790.41	94398	13456.1	-895.391	111645

Nome da viga	Junta s	Axial(N/m^2)	Dir. curvatura1(N/m^2)	Dir. curvatura2(N/m^2)	Torcional (N/m^2)	Limite superior axial e curvatura(N/m^2)
Viga-54(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[7])	1	-4395.89	-3856.19	-155093	-308.06	163345
	2	-4395.89	112034	-186655	308.06	303085
Viga-55(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(8)[1])	1	-0.029492	1.78745	150324	0.0482056	150326
	2	-0.0294919	1.78746	150324	0.048206	150326
Viga-56(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[7])	1	-4394.44	-743667	-167681	10689.1	915742
	2	-13781.9	334393	-234324	-941.941	582500
	3	-4394.44	713390	-58577.7	10689.1	776362
Viga-57(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[7])	1	-1.63324e+06	206359	-510726	18543.4	2.18408e+06
	2	-1.7339e+06	-154272	505217	-18543.4	2.26215e+06
Viga-58(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[5])	1	114742	-499949	-582884	-79041.7	1.19757e+06
	2	114742	112547	1.05139e+06	79041.7	1.27867e+06
Viga-59(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[3])	1	1.78213e+06	224193	-7423.46	9775.9	2.00645e+06
	2	1.70053e+06	-130387	60018.5	-9775.9	1.84406e+06
Viga-60(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[32])	1	1.74202e+06	-85782.3	401020	15903.1	2.15211e+06
	2	1.69852e+06	-34974.2	-370588	-15903.1	2.07076e+06
Viga-61(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(9)[2])	1	1.2727e+06	-69339.8	-476087	-12880.1	1.81813e+06
	2	1.24826e+06	132670	545986	12880.1	1.92691e+06
Viga-62(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[28])	1	473468	-165950	-542014	18477.4	1.04032e+06
	2	372810	30003.1	362638	-18477.3	736687
Viga-63(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[24])	1	-1.63693e+06	-443666	13811.4	23681.1	2.08081e+06
	2	-1.73759e+06	400000	41450	-23681.1	2.13973e+06
Viga-64(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[20])	1	-5.11764e+06	35753.5	78885.6	12354.6	5.20425e+06
	2	-5.27454e+06	77461.7	-38778.4	-12354.6	5.36117e+06
Viga-65(Tubo quadrado 40 X	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	-208498	0	208498

Nome da viga	Junta s	Axial(N/m^2)	Dir. curvatura1(N/m^2)	Dir. curvatura2(N/m^2)	Torcional (N/m^2)	Limite superior axial e curvatura(N/m^2)
40 X 4(7)[4]	3	0	0	-208498	0	208498
Viga-66(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[16])	1	-5.05387e+06	389538	42952.2	2686.85	5.44577e+06
	2	-4.86885e+06	-612804	-15786.9	-2686.61	5.48185e+06
Viga-67(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(1)[3])	1	-20121.6	301655	237570	64917.8	559346
	2	-41223	2.61562e+06	70431.7	812572	2.72728e+06
	3	-20121.6	-723142	-30052.3	-64917.8	773316
Viga-68(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(2)[1])	1	0	0	0	0	0
	2	1368.76	-472780	126652	2116.85	600800
	3	-4580.15	585538	-180808	3729.59	770927
	4	14525.9	533249	-128911	-56549.2	676686
	5	-4580.15	-797321	-310923	-3729.59	1.11282e+06
Viga-69(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[12])	1	-6.52037e+06	-247456	-146836	15900.6	6.80811e+06
	2	-6.62103e+06	428041	167547	-15900.9	7.08069e+06
Viga-70(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(5)[1])	1	0	0	0	0	0
	2	6598.9	64567.4	2800.05	24484.5	73966.4
	3	11967	-106593	-89307.8	6252.22	207868
Viga-71(Tubo quadrado 40 X 40 X 4(7)[1])	1	0	0	0	0	0
	2	448432	208779	-300459	-61684.9	957670
	3	0	0	0	0	0
Viga-72(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[8])	1	-1.60868e+06	-79322.7	-448308	45843.7	2.06396e+06
	2	-1.70934e+06	120918	474321	-45843.7	2.19883e+06
Viga-73(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[4])	1	253513	107937	137650	23456.9	428436
	2	152856	38189.9	3736.4	-23456.9	191228
Viga-74(Tubo rígido 33.7 X 4.0(1)[33])	1	57305.8	117188	-44181.2	13467.9	182546
	2	-5245.08	-109696	-61407.7	-13467.8	130959

ANEXO IV – PRANCHAS DO PROJETO

