

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**LEONARDO FONTANA
MURILO MARCANTE CARNIEL**

**PROJETO COMPARATIVO DE UMA ESTRUTURA DE COBERTURA COM TELHA
DE CONCRETO E TELHA *SHINGLE***

**PATO BRANCO
2022**

**LEONARDO FONTANA
MURILO MARCANTE CARNIEL**

1

**PROJETO COMPARATIVO DE UMA ESTRUTURA DE COBERTURA COM TELHA
DE CONCRETO E TELHA *SHINGLE***

**Comparative Study of a Roofing Structure Using Concrete Tiles and Shingle
Tiles**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Prof. M.Sc.. Normelio Vitor Fracaro

**PATO BRANCO
2022**

1



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LEONARDO FONTANA
MURILO MARCANTE CARNIEL

**PROJETO COMPARATIVO DE UMA ESTRUTURA DE COBERTURA COM TELHA
DE CONCRETO E TELHA *SHINGLE***

Trabalho de conclusão de curso de
graduação apresentado como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 23/junho/2022

Normelio Vítor Fracaro
Mestrado em Ciência do Solo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Paôla Regina Dalcanal
Doutorado em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Jairo Trombetta
Mestrado em Engenharia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PATO BRANCO

2022

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Nelcir e Jane, à minha irmã, Bruna, que sempre estiveram presentes nessa etapa da minha vida, apoiando as minhas decisões e dando força nos momentos mais complicados.

Aos meus colegas de faculdade, pela união que tivemos durante o curso, fazendo com que vencêssemos essa jornada e pela que teremos agora na vida profissional.

À todos os professores do curso de Engenharia Civil da UTFPR/PB, que proporcionaram todos os conhecimentos e ensinamentos necessários para chegar até aqui, em especial ao nosso orientador Prof. M.sc. Normelio Vitor Fracaro que nos acompanhou na execução do presente trabalho e a banca Prof. Dr. Paôla Regina Dalcanal e ao Prof. Msc. Jairo Trambetto.

E a todas as pessoas que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Leonardo Fontana

Aos meus pais Vilson e Leonir por me apoiarem, ajudando e dando o suporte necessário para que eu pudesse alcançar meus objetivos, por entenderem todos os momentos difíceis que a graduação impõe, mas sempre estando de braços abertos para conversas e conselhos.

Gostaria de agradecer a minha namorada Bruna que ao longo desta caminhada me motivou a sempre ser o melhor de mim, me deu apoio e confiança.

Meu agradecimento a todos os professores pelo conhecimento e confiança que transmitiram desde o primeiro dia da graduação até os dias atuais, vocês serviram e continuarão servindo como exemplo de conduta e postura que um Engenheiro Civil deve ter. Meus agradecimentos especiais a Prof. Dr. Paôla Regina Dalcanal e ao Prof. Msc. Jairo Trambetta por fazerem parte da banca e ao Prof. Msc. Normelio Vitor Fracaro por nos orientar ao longo deste trabalho.

Gostaria de agradecer a toda a turma 2017/1 que de alguma forma me apoiou e ajudou no decorrer do curso, em especial aos amigos mais próximos Thiago Leite, Gabriel Damo, Gabriel Primon, Julio Gomes e Leonardo Fontana que juntos partilhamos bons momentos de amizade.

Murilo Marcante Carniel

RESUMO

FONTANA, Leonardo; CARNIEL, Murilo M. **Projeto Comparativo de uma Estrutura de Cobertura com Telha de Concreto e Telha *Shingle***. 2022 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.

No Brasil, o tipo de cobertura mais utilizado em edificações habitacionais são os telhados, sendo fundamentais para o conforto e proteção de seu usuário. Esse sistema é composto por uma estrutura de peças de madeira e como última camada apresenta as telhas, que podem ser de materiais, formatos e finalidades diferentes, sendo que sua escolha influenciará diretamente na inclinação e na forma de execução da sua estrutura de sustentação. Desta forma, o presente trabalho contempla uma comparação de consumo de madeira e custo-benefício entre dois sistemas de cobertura, um utilizando telhas de concreto, que já são utilizadas em larga escala no país, e o outro utilizando telhas *shingle*, que estão ainda em pouco uso no Brasil, sendo mais utilizadas nos países norte-americanos e europeus. Já que a execução destas duas coberturas é diferente, nos telhados *shingle* utiliza-se uma placa de OSB sobre as tesouras e no sistema com telha de concreto utiliza-se toda a trama, composta por terças, caibros e ripas, tendo assim, um consumo de madeira diferente, podendo também alterar o custo final da obra. Para fim de comparação, foram considerado três residências habitacionais de diferentes tamanhos, uma pequena, uma média e uma grande, variando assim os vãos que as tesouras tem que suportar, além de também utilizar duas inclinações diferentes, o que também pode influenciar no consumo de material. Analisando os dimensionamentos e orçamentos de cada caso, pôde-se observar uma diminuição considerável do consumo de madeira utilizando o telhado com telha *shingle*, o que o tornaria mais viável financeiramente, se não fosse o fato da telha em si e a placa OSB serem mais caras que a telha de concreto e a malha de madeira, tornando assim a cobertura com telha *shingle* mais cara que a cobertura com telha de concreto, levando em consideração somente os materiais utilizados.

Palavras-chave: Cobertura de Telhado em Madeira. Consumo de madeira. Estudo Orçamentário. Telha *shingle*. Telha de Concreto.

ABSTRACT

FONTANA, Leonardo; CARNIEL, Murilo M. **Comparative Study of a Roofing Structure Using Concrete Tiles and Shingle Tiles**. 2022 Final Paper (Bachelor on Civil Engineering) – Federal Technological University of Paraná, Pato Branco, 2022.

In Brazil, the most used type of covering in residential buildings are the roofs, being fundamental for the comfort and protection for its users. This system is composed by a structure of elements made out of wood and as its last layer, it has tiles that can be made out of different materials, shapes and purpose, its choice will directly influence the slope and the execution of the supporting structure. Thus, this paper discusses a comparison of consumption of material and the cost benefit of two roofing systems, one utilizing concrete tiles, which are being used in Brazil in a large scale, and the other utilizing tiles, most common in North American countries and Europe. The execution of this two roofing systems are different, in the roofing system, an oriented strand board is used over the trusses and in the concrete roofing system, purlins, rafters and slats are used, thus, the amount of wood used in which method is not the same, being able to modify the final cost of the construction. For this comparison, three residential houses were used, having three distinct areas, a small one, a medium one and a large one, changing the gap that the trusses have to support, also using two different slopes, which can change the amount of materials used. Analyzing the sizing and the budget of which case, the amount of wood used was lowered using the roofing system, making it more viable financially, but the tile and the oriented strand board by themselves are more expensive of the components of the concrete roofing system, making the roofing system more expensive.

Key-words: Wooden roofing system. Wood consumed. Budget study. Shingle tile. Concrete tile.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tesoura de madeira	17
Figura 2: Fôrma de madeira	18
Figura 3: Estaca de madeira	19
Figura 4: Elementos de uma cobertura	20
Figura 5: Tipos de cobertura.	20
Figura 6: Designações do subsistema da cobertura	21
Figura 7: Tesoura do tipo Howe	22
Figura 8: Tesoura do tipo Pratt.....	23
Figura 9: Esquema do apoio das terças na tesoura.	24
Figura 10: Detalhe da galga.	25
Figura 11: Detalhe da colocação da primeira ripa ou testeira.	25
Figura 12: Utilização de placas de OSB para o telhado com telhas <i>shingle</i>	26
Figura 13: Telha de concreto.....	29
Figura 14: Telhado residencial composto de telhas shingle.....	30
Figura 15: Camadas da cobertura composta de telhas <i>shingle</i>	30
Figura 16: Planta baixa da residência pequena.	34
Figura 17: Planta baixa de cobertura da residência pequena	34
Figura 18: Tesouras da residência pequena.	35
Figura 19: Planta baixa da residência média.....	35
Figura 20: Planta baixa de cobertura da residência média.....	36
Figura 21: Tesouras da residência média.	36
Figura 22: Planta baixa do primeiro pavimento da residência grande.....	37
Figura 23: Planta baixa do segundo pavimento da residência grande	38
Figura 24: Planta baixa de cobertura da residência grande.	39
Figura 25: Legenda das regiões estudadas da residência grande.	39
Figura 26: Tesouras da residência grande.	40
Figura 27: Tesouras de residência grande.	41
Figura 28: Aplicação de cargas de pequena variabilidade.	46
Figura 29: Aplicação de cargas de grande variabilidade.....	47
Figura 30: Aplicação de cargas de vento.	49
Figura 31: Aplicação de carga de manutenção.	49
Figura 32: Ações permanentes de pequena variabilidade.	50

Figura 33: Ações permanentes de grande variabilidade.	50
Figura 34: Ações variáveis.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificações placa OSB.	27
Tabela 2: Seções de peças estruturais.	42
Tabela 3: Características das telhas.	42
Tabela 4: Espaçamentos adotados para residência pequena.....	43
Tabela 5: Espaçamentos adotados para residência média.	43
Tabela 6: Espaçamentos adotados para residência grande.....	44
Tabela 7: Espaçamentos adotados para tesouras.	44
Tabela 8: Espaçamentos adotados para tesouras.	45
Tabela 9: Fatores de vento.....	48
Tabela 10: Tensões máximas em tesouras de 70% de inclinação.....	51
Tabela 11: Tensões máximas em tesouras de 35% de inclinação.....	52
Tabela 12: Valores para peças de madeira serrada.....	53
Tabela 13: Valores demais peças.	53
Tabela 14: Quantitativo de materiais em madeira.	55
Tabela 15: Quantitativo de materiais em madeira.	56
Tabela 16: Consumo de madeira para inclinação de 35%.	57
Tabela 17: Consumo de madeira para inclinação de 70%.	57
Tabela 18: Redução do consumo de madeira para inclinação de 35%.....	58
Tabela 19: Redução do consumo de madeira para inclinação de 70%.....	58
Tabela 20: Cargas de peso próprio para inclinação de 70%.	59
Tabela 21: Cargas de peso próprio para inclinação de 35%.	59
Tabela 22: Resultado orçamentário para $i=35\%$	60
Tabela 23: Resultado orçamentário para $i=70\%$	60
Tabela 24: Comparação de preços entre peças de madeira.....	60
Tabela 25: Carregamentos região 1 $i=35\%$	66
Tabela 26: Carregamentos região 2 $i=35\%$	66
Tabela 27: Dimensionamento Telha Concreto $i=35\%$	67
Tabela 28: Dimensionamento Telha Shingle $i=35\%$	68
Tabela 29: Carregamentos região 2 $i=70\%$	69
Tabela 30: Carregamentos região 1 $i=70\%$	69
Tabela 31: Dimensionamento Telha Concreto $i=70\%$	70
Tabela 32: Dimensionamento Telha Shingle $i=70\%$	71
Tabela 33: Dimensionamento terça.....	72

Tabela 34: Carregamentos região 2 i=35%.....	73
Tabela 35: Carregamentos região 1 i=35%.....	73
Tabela 36: Dimensionamento Telha Concreto i=35%.	74
Tabela 37: Dimensionamento Telha Shingle i=35%.....	75
Tabela 38: Dimensionamento terça.....	76
Tabela 39: Carregamentos região 1 i=70%.....	77
Tabela 40: Carregamentos região 1 i=70%.....	77
Tabela 41: Dimensionamento Telha Concreto i=70%.	78
Tabela 42: Carregamentos região 2 i=35%.....	80
Tabela 43: Carregamentos região 1 i=35%.....	80
Tabela 44: Carregamentos região 4 i=35%.....	81
Tabela 45: Carregamentos região 3 i=35%.....	81
Tabela 46: Carregamentos região 7 i=35%.....	81
Tabela 47: Carregamentos região 5 i=35%.....	81
Tabela 48: Carregamentos região 6 i=35%.....	81
Tabela 49: Dimensionamento Telha Concreto i=35%.	81
Tabela 50: Dimensionamento Telha Shingle i=35%.....	81
Tabela 51: Carregamentos região 1 i=70%.....	81
Tabela 52: Carregamentos região 2 i=70%.....	81
Tabela 53: Carregamentos região 3 i=70%.....	81
Tabela 54: Carregamentos região 5 i=70%.....	81
Tabela 55: Carregamentos região 4 i=70%.....	81
Tabela 56: Carregamentos região 7 i=70%.....	81
Tabela 57: Carregamentos região 6 i=70%.....	81
Tabela 58: Dimensionamento Telha Concreto i=70%.	81
Tabela 59: Dimensionamento Telha Shingle i=70%.....	81

SUMÁRIO

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	1
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 MADEIRAS.....	17
2.1.1 Tipos de Madeiras.....	17
2.2 COBERTURA TIPO TELHADO.....	19
2.2.1 Estrutura de madeira	21
<u>2.2.1.1</u> <u>Tesouras</u>	<u>21</u>
<u>2.2.1.2</u> <u>Terças</u>	<u>23</u>
<u>2.2.1.3</u> <u>Caibros</u>	<u>24</u>
<u>2.2.1.4</u> <u>Ripas</u>	<u>24</u>
<u>2.2.1.5</u> <u>Placas de OSB</u>	<u>26</u>
<u>2.2.1.6</u> <u>Subcobertura</u>	<u>27</u>
2.2.2 Telhas	27
<u>2.2.2.1</u> <u>Telha de Concreto</u>	<u>28</u>
<u>2.2.2.2</u> <u>Telha <i>shingle</i></u>	<u>29</u>
2.2.3 Cargas.....	31
<u>2.2.3.1</u> <u>Cargas Variáveis: Cargas de vento e acidental</u>	<u>31</u>
<u>2.2.3.2</u> <u>Cargas permanentes</u>	<u>32</u>
3 METODOLOGIA	33
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	33
3.1.1 Residência pequena.....	33
3.1.2 Residência média.....	35
3.1.3 Residência grande	37
3.2 MATERIAS ADOTADOS	41
3.3 ESPECIFICAÇÕES ESTRUTURAIS.....	42
3.4 LEVANTAMENTO DE CARGAS	45

3.4.1	Cargas Permanentes	45
3.1.1.1.	Cargas Permanentes de Pequena Variabilidade	46
3.1.1.2.	Cargas Permanentes de Grande Variabilidade.....	46
3.4.2	Carga devido ao Vento.....	47
3.4.3	Carga de Manutenção.....	49
3.5	COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS	49
3.6	VERIFICAÇÕES ESTRUTURAIS	52
3.7	LEVANTAMENTO ORÇAMENTÁRIO	53
4	RESULTADOS E ANÁLISES	57
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
5.1	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	APÊNDICE A: RESIDÊNCIA PEQUENA	66
	APÊNDICE B: RESIDÊNCIA MÉDIA.....	73
	APÊNDICE C: RESIDÊNCIA GRANDE.....	80

1 INTRODUÇÃO

A utilização da madeira pelo homem na construção civil é datada desde a época da pré-história, onde a necessidade de um abrigo era essencial para a sua sobrevivência, assim, ela era combinada com outros materiais, geralmente pedras, para formar estruturas compostas. Mesmo com toda essa importância, somente depois da Segunda Guerra Mundial, no século XX, que pesquisas e avanços tecnológicos foram realizados, permitindo, assim, um melhor entendimento do emprego da madeira na Engenharia Civil nos mais diversos elementos estruturais (PFEIL, 1977)

Apesar da grande possibilidade de seu uso estrutural, a madeira na construção civil é mais utilizada em telhados e coberturas dos mais distintos tipos (LOGSDON, 2002). Tendo esse tipo de estrutura, a finalidade de proteger a construção contra ações externas e intempéries, como chuva, vento, raios solares, neve e prevenir a entrada de poeiras e ruídos para o interior.

O telhado é composto por duas partes principais, a cobertura que corresponde as telhas, com a possibilidade de uso de diversos materiais, desde que impermeáveis e resistentes, e a armação que corresponde a estrutura composta por ripas, caibros, terças, tesouras e contraventamentos, com a finalidade de suportar todas as cargas provenientes da cobertura e do exterior (MOLITERNO, 2010).

A primeira etapa para a execução de um telhado eficiente e que cumpra sua função é a escolha da telha, que influenciará nas inclinações das águas da cobertura e no seu desempenho termoacústico (CALIL JR; MOLINA, 2010). No Brasil, a telha mais comumente utilizada é a telha cerâmica, principalmente em residências unifamiliares, tanto pela questão cultural quanto pelo seu processo de fabricação, que é muito similar ao da fabricação do tijolo comum (YAZIGI, 1998). Mesmo com toda essa utilização, as telhas cerâmicas são mais pesadas e permeáveis que as demais, não permitem telhados com inclinações menores e exigem que a trama da cobertura seja composta por terças, caibros e ripas. (CALIL JR; MOLINA, 2010).

Com o avanço tecnológico, novos materiais mais eficientes foram sendo descobertos e fabricados, substituindo a convencional telha cerâmica, por exemplo a telha de concreto. Segundo Silva (2013), gerente de inovação e sustentabilidade da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), a telha de concreto é mais leve,

utiliza menos peças por metro quadrado, aumentando a produtividade da obra e agilizando a execução da cobertura, ainda sendo mais resistente e absorvendo menos água.

Outra boa candidata para substituir as telhas convencionais é a telha *shingle*, que vem aos poucos ocupando seu espaço no Brasil, sendo geralmente utilizada na Europa e na América do Norte. Essa telha é composta por manta asfáltica coberta com grânulos e permite a utilização de diversas águas sem emendas, aumentando a estanqueidade (CARDOSO, 2000). As principais vantagens da telha *shingle* é ser extremamente leve, cerca de 6 vezes mais se comparada à cerâmica, facilitando sua aplicação e acelerando a obra, além de poderem ser instaladas em qualquer inclinação e por serem praticamente inquebráveis e duráveis, diminui o desperdício no canteiro (TC SHINGLE, 2004).

Desse modo, esse trabalho visa comparar as coberturas de telhado em telhas de concreto e telhas *shingle*, analisando os componentes estruturais de cada modelo, determinando assim suas cargas atuantes e o consumo de material a ser utilizado. Com isso, pretende-se fazer uma análise de custo-benefício entre os dois tipos de telhas, através de um estudo orçamentário e quantitativo, determinando qual seria a melhor solução para o projeto proposto.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho busca comparar o uso de telhados convencionais em telha de concreto e de telhas *shingle* para diferentes tamanhos e inclinações de cobertura, considerando a quantidade de madeira empregada e o valor geral do material da cobertura, levando em consideração as formas de execução recomendadas na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

1.1.2 Objetivos específicos

Apresentar os materiais que compõem o telhado com telhas de *shingle* e suas características.

Apresentar os materiais que compõem o telhado com telhas de concreto e suas características.

Comparar o consumo de material utilizado nos dois métodos.

Efetuar comparativo orçamental dos materiais da cobertura entre ambos os sistemas construtivos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os telhados são os tipos de coberturas de uso mais comum em edificações habitacionais e de fundamental importância ao conforto do usuário. Neste sistema, como última camada de cobertura para telhado, apresentam-se diversos tipos de telhas, com muitas variações de materiais, formatos e finalidades. Com o objetivo de resistir aos esforços gerados pela cobertura, a estrutura do telhado deve ser projetada e organizada de acordo com a telha escolhida, seu peso por metro quadrado, inclinação máxima e galga.

Com a utilização de telhas de concreto, a estrutura do telhado deve apresentar terço, caibros e ripas, para acomodar tais telhas e transmitir as cargas geradas por estas para a laje de cobertura. Em contra partida, para telhados executados com telhas *shingle*, têm-se placas de OSB sobre as tesouras, que são colocadas mais próximas umas das outras, mudando o comportamento das cargas.

O consumo de madeira também é importante, tanto pela questão econômica, quanto pela questão ambiental, tornando assim o telhado mais barato, acessível para o cliente e ambientalmente responsável, com a diminuição do volume de madeira empregado nas obras.

Deste modo, o estudo comparativo entre a utilização de ambas as telhas é necessário, na tentativa de diminuir o custo total de uma obra hipotética, diminuir esforços causados pelo telhado sobre a laje de cobertura, e por consequência sobre o restante da estrutura. Com este trabalho pretendesse obter o referencial teórico e os conceitos necessários para a execução e orçamento deste projeto proposto.

Juntamente com a realização do comparativo orçamentário e estrutural para ambos os telhados, determinando assim qual método é financeiramente vantajoso.

Compreendendo que um trabalho acadêmico deve estar contemplando também o quesito originalidade que possui o significado de prioridade temporal na declaração de uma ideia (STIGLER, 1955), a comparação entre a telha convencional de concreto e a telha *shingle* pouco se encontra nos trabalhos técnicos relativos à cobertura, este trabalho tem contemplada sua originalidade nos quesitos técnicos, sustentável e econômico.

A viabilidade deste trabalho está assegurada, uma vez que é necessário para a concepção e dimensionamento do mesmo a norma referente a Projeto de Estrutura de Madeira - NBR 7190/1997 para ambas as telhas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MADEIRAS

2.1.1 Tipos de Madeiras

Para a escolha correta do tipo de madeira a ser empregada na construção civil, deve-se considerar quais as propriedades são necessárias para que a madeira possa apresentar um desempenho satisfatório. Esse procedimento é primordial, principalmente em países tropicais onde a variedade e o número de espécies de madeiras disponíveis nas florestas são abrangentes.

Sendo assim, segundo Nahuz os principais grupos de usos de madeiras na construção civil, foram organizados em uma Classificação de Usos na Construção Civil. No primeiro grupo, estão presentes as atividades para construções civis pesadas, como, estacas, pontalotes, vigas, andaimes e tesouras. O segundo grupo inclui, formas para concreto, painéis, rodapés, portas, forros, corrimãos e alçapões. E a última categoria diz respeito a assoalhos, tacos, tábuas, parquetes, blocos e estrados.



Figura 1: Tesoura de madeira
Fonte: Guia da Engenharia, 2019.



Figura 2: Fôrma de madeira
Fonte: Tora Tora Madeiras, 2019.

Para diferentes usos existem diferentes espécies de madeira, cada uma com uma resistência própria, porém podendo ocorrer variações devido a defeitos, acarretando diminuição na resistência da peça. A respeito destes defeitos as peças de madeiras são classificadas em três categorias, sendo a primeira categoria, madeira de qualidade excepcional, sem nós, retilínea e praticamente isenta de defeitos. A segunda categoria corresponde a madeiras de qualidade estrutural corrente, com pequenas incidências de nós e outros defeitos. E a terceira categoria satisfaz as madeiras de qualidade estrutural inferior, com nós em ambas as faces (CRUZ, 2003).

Os tipos de madeiras mais empregados na construção distinguem-se em duas categorias, as madeiras duras e as macias. O primeiro grupo caracteriza-se por serem madeiras provenientes de árvores frondosas, de crescimento lento, por exemplo, peroba, ipê e carvalho. A segunda categoria, as madeiras macias, são madeiras provenientes em geral de árvores coníferas, de crescimento rápido, como exemplo são os pinheiros europeus, norte-americanos e o pinheiro-do-paraná. Estas duas classificações se diferenciam pela estrutura celular dos troncos e não propriamente pela resistência, sendo que em alguns casos árvores frondosas produzem madeiras menos resistentes que o próprio pinho (PFEIL, 1977).

Quanto a utilização na construção, a classificação é separada em duas categorias, as madeiras maciças, que abrange a madeira bruta e a serrada, e as

madeiras industrializadas, que corresponde as madeiras compensadas e a madeira laminada e colada (PFEIL, 1977).

A madeira maciça do tipo bruta, corresponde a forma do tronco, sendo utilizada como escora, estacas e postes, enquanto que a madeira serrada é um produto desta primeira, onde o tronco é cortado nas serrarias, com dimensões padrões para a comercialização.



Figura 3: Estaca de madeira
Fonte: Grupo AE, 2013.

A madeira laminada e colada, de acordo com Moliterno (2010), são produzidas de maneira a formar perfis com espessura final de 2 e 4 cm, sempre mantendo as fibras paralelas entre as camadas das lâminas, além de tornar o processo de fabricação com melhor qualidade, ocorre a substituição das madeiras nativas por produtos de reflorestamento.

2.2 COBERTURA TIPO TELHADO

Quando se pensa no uso da madeira na construção civil, logo vem em mente sua aplicação nas coberturas das mais diversas edificações, sendo esse seu uso mais comum.

O termo cobertura pode ser compreendido por todos os elementos localizados no topo da estrutura, a fim de proteger a edificação e seus componentes de qualquer intempérie natural, como sol, vento e chuva, promover estanqueidade às águas pluviais e oferecer uma melhora do conforto termo acústico de seus habitantes (ABNT

NBR 15575-5, 2013). Um dos tipos de cobertura é o telhado, que é composto pelas telhas, pelo trama que fornece apoio para as telhas, também conhecido como madeiramento ou estrutura secundária e pelas vigas treliçadas que fornecem apoio ao trama, conhecidas como tesouras ou estrutura principal (LOGSDON, 2002).

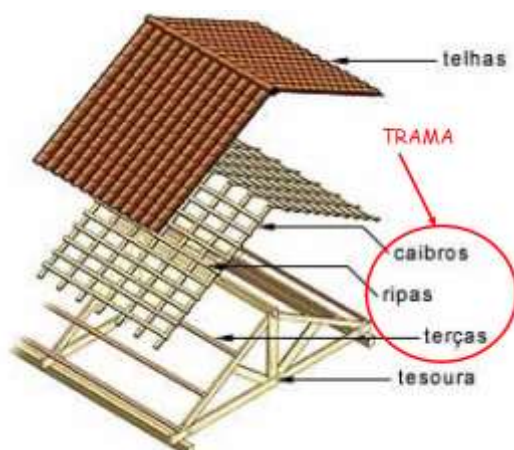


Figura 4: Elementos de uma cobertura
Fonte: Ballarin, 2006.

A união do trama com as tesouras é comumente chamado de telhado, mas com o passar do tempo começou a haver confusões em relação à esse termo. Alguns autores incluem as telhas dentro do termo telhado, o que entraria na definição de cobertura. Já outros autores associam o termo cobertura com construções industriais e esportivas e o termo telhado para construções residenciais (CALIL JR; MOLINA, 2010).

Para se adequar a cada tipo de projeto e materiais, as coberturas podem apresentar diversos formatos, sendo diferenciados pela quantidade de planos para escoamento da água, chamados de águas do telhado, e pela sua inclinação, que depende do tipo de telha utilizada, representados na figura 5 (LOGSDON, 2002).

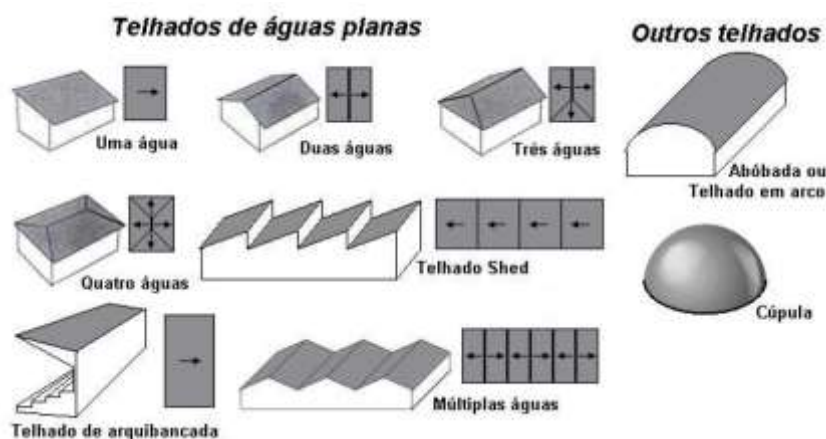


Figura 5: Tipos de telhados.
Fonte: Logsdon, 2002.

Dependendo da complexidade da cobertura tipo telhado, alguns subelementos podem surgir, como os representados na figura 6:

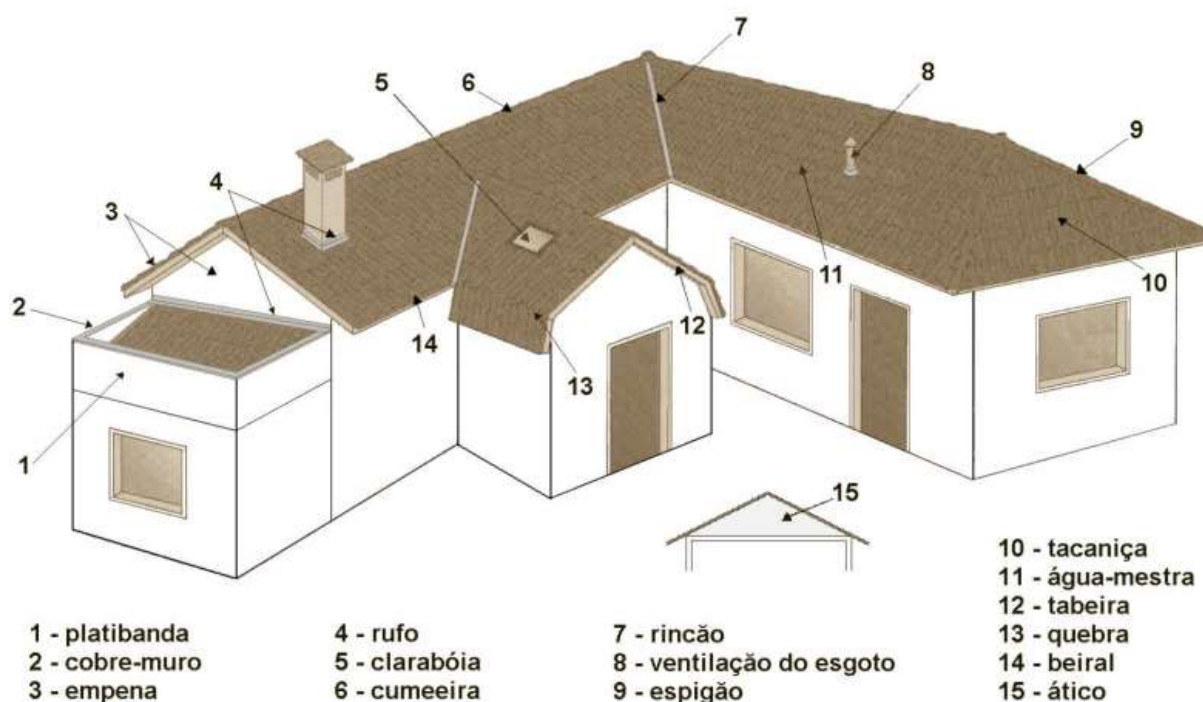


Figura 6: Designações do subsistema da cobertura tipo telhado.

Fonte: ABNT NBR 15575-5, 2013.

2.2.1 Estrutura de madeira

2.2.1.1 Tesouras

Segundo Moliterno (2010), a tesoura pode ser compreendida como uma viga principal em formato de treliça, que serve para transferir todos os carregamentos provenientes do peso da malha de madeira e das telhas, tanto como o esforço devido as cargas de vento e acidentais para os pilares ou paredes da edificação e em seguida para a fundação.

A treliça é um elemento estrutural, composto por barras interligadas em nós articulados, formando triângulos, que proporcionam estabilidade à estrutura. Desde que as cargas aplicadas na treliça sejam descarregadas somente nos nós, as barras sofrerão os esforços normais de tração e compressão, caso as cargas sejam deslocadas para o centro das barras, as mesmas também serão submetidas ao esforço de flexão (REBELLO, 2005).

Existem vários arranjos possíveis entre as posições das barras, formando diferentes tesouras com diferentes propriedades. Essas barras possuem denominações de acordo com sua posição na treliça, sendo representadas na figura 7:

- I = Banzo Superior;
- II = Banzo Inferior;
- III = Montante;
- IV = Diagonal.

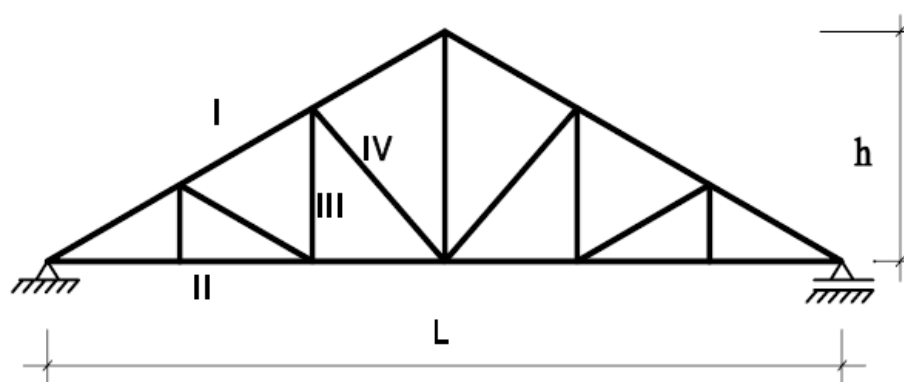


Figura 7: Tesoura do tipo Howe
Fonte: Gesualdo, 2003.

Utilizando a madeira como material principal, a tesoura tipo Howe é a mais utilizada no Brasil para residências familiares, devido a facilidade e naturalidade em executar as ligações das barras diagonais (comprimadas), através da sambladura ou entalhe, e dos montantes (tracionados) através de parafusos, pinos ou pregos com os banzos superior e inferior (MOLITERNO, 2010). Segundo Gesualdo (2003), esse tipo de tesoura é mais recomendado para vencer pequenos e médios vãos de até 18 metros.

A variação da tesoura tipo Howe com as diagonais invertidas, chamada de tesoura tipo Pratt (Figura 8), apresenta diagonais tracionadas e montantes comprimidos, além de ser mais econômica em questão de materiais do que a Howe, mas suas ligações são muito difíceis utilizando a madeira, então a Pratt é mais encontrada como estrutura metálica (MOLITERNO, 2010) e vencendo vãos de 18 a 30 metros (GESUALDO, 2003).

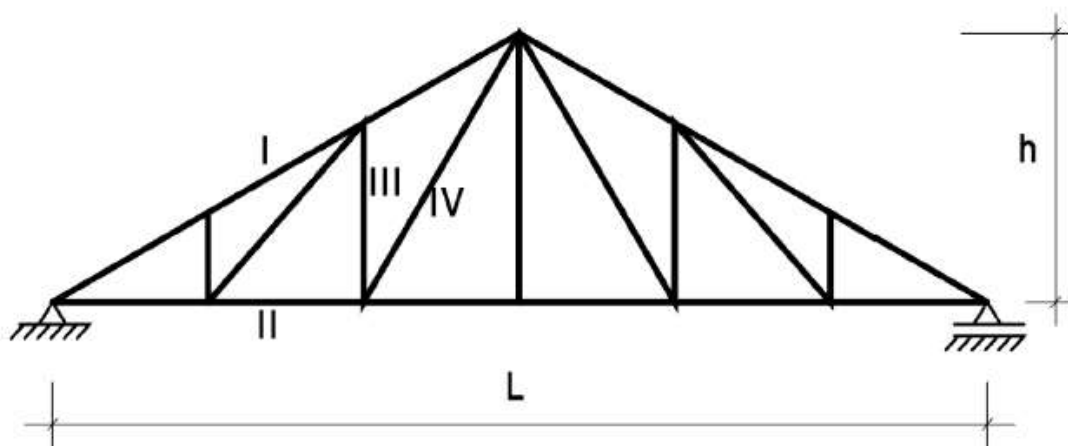


Figura 8: Tesoura do tipo Pratt
Fonte: Gesualdo, 2003.

2.2.1.2 Terças

As terças são vigas retangulares de madeira apoiadas perpendicularmente nas tesouras, resistindo à flexão oblíqua. Esse elemento de cobertura pode ser empregado de duas maneiras, servindo de apoio aos caibros, ripas e telhas, quando se utilizam telhas de pequena dimensão, como as de concreto e cerâmica, ou servindo de apoio diretamente às telhas, quando se utiliza telhas de grande dimensão, como as de fibrocimento, metálicas e de PVC (CALIL JR; MOLINA, 2010).

É recomendado um espaçamento máximo de 1,50m entre as terças quando utilizado telhas de pequena dimensão, a fim de evitar flechas excessivas. No caso de telhas com grandes dimensões, o espaçamento deve ser de acordo com a dimensão das mesmas (MOLITERNO, 2010).

As terças geralmente possuem bitolas de 6x12cm, quando o vão entre tesouras não ultrapassa 2,50m, e 6x16cm, quando o vão entre tesouras é de 2,50 a 3,50m. Para vãos entre tesouras maiores, é necessário utilizar bitolas especiais, o que não é recomendado devido ao seu custo (DE MILITO, 2004).

Quando colocadas na parte mais alta da tesoura, as terças são chamadas de cumeeira e quando colocadas na parte mais baixa, são chamadas de contra frechal, como representado na figura 9:

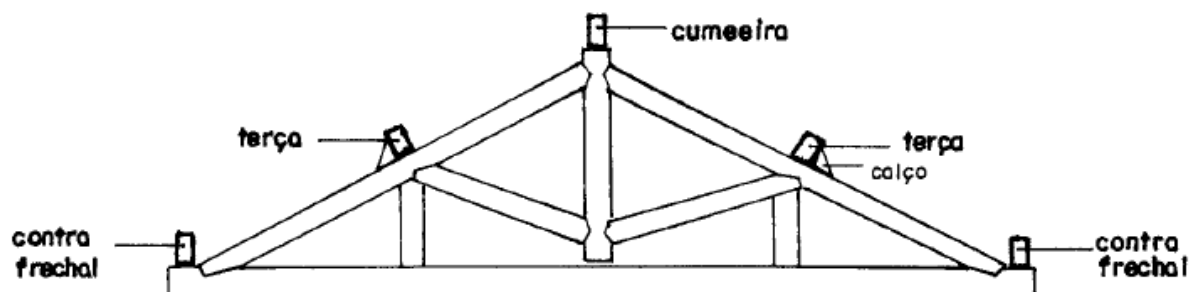


Figura 9: Esquema do apoio das terças na tesoura.
Fonte: De Milito, 2004.

2.2.1.3 Caibros

Os caibros são peças de madeira colocadas sobre as terças, a fim de apoiar as ripas. A sua bitola varia de acordo com alguns fatores, como o espaçamento das terças, tipo de madeira e telha, sendo que as mais comuns são de 5x6, 5x7 e 6x6cm (LOGSDON, 2002). Para terças espaçadas de até 2 metros, utilizam-se caibros de 5x6cm e para terças espaçadas entre 2 e 2,5 metros, utilizam-se caibros de 5x7cm (DE MILITO, 2004).

Seu espaçamento varia entre 40 e 60cm, dependendo do tipo de telha e da resistência das ripas, sendo mais utilizado o valor de 50cm (LOGSDON, 2002).

2.2.1.4 Ripas

As ripas são peças de madeira colocadas sobre os caibros, a fim de receber as telhas. São encontradas geralmente nas seções de 1x5 e 1,5x5cm. Sua galga (Figura 10), depende do tipo e tamanho da telha a ser utilizada, por isso é usado um gabarito feito na obra para fixar as telhas nos caibros (LOGSDON, 2002).

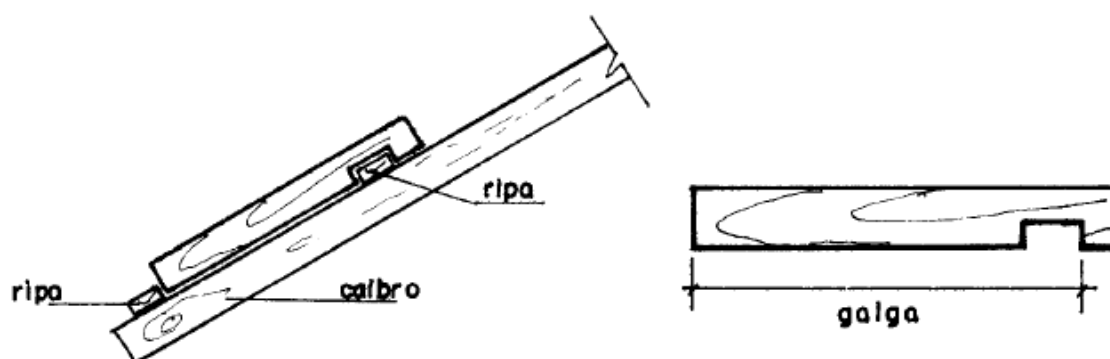


Figura 10: Detalhe da galga.
Fonte: De Milito, 2004.

As telhas devem ser colocadas no sentido do beiral para a cumeeira, sendo a primeira telha sobre 2 ripas ou sobre a testeira. Como representado na figura 11:

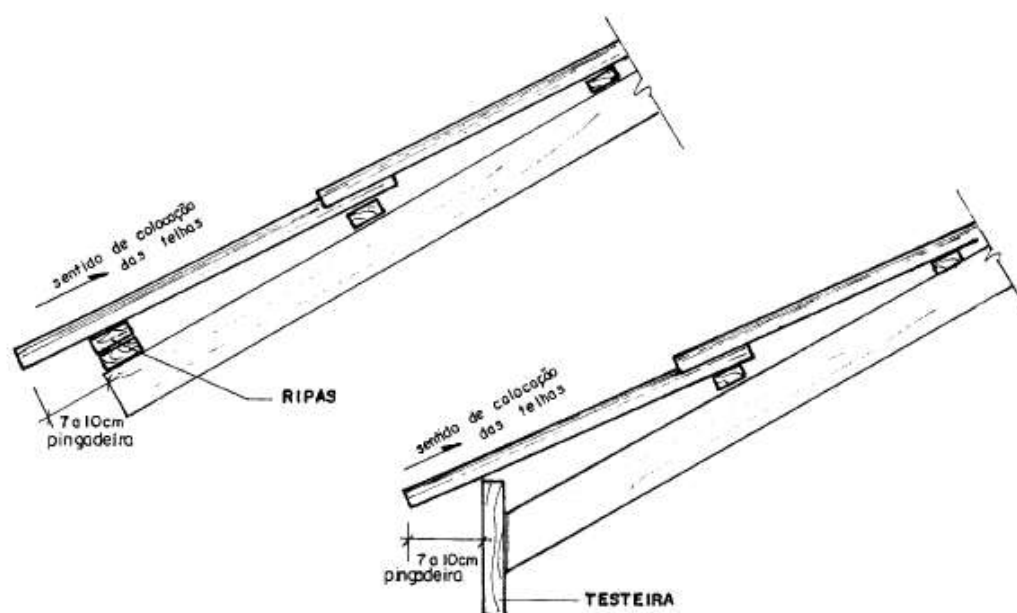


Figura 11: Detalhe da colocação da primeira ripa ou testeira.
Fonte: De Milito, 2004.

2.2.1.5 Placas de OSB

A placa de OSB é formada por várias tiras de madeiras que são orientadas na mesma direção e unidas com uma resina, após essa etapa são prensadas a temperaturas bem elevadas, transformando-as em um painel. O termo “OSB” é originado do seu processo de fabricação, significando “Oriented Strand Board” que traduzido para o português é “chapas de madeira orientadas. Esse material é muito rígido, estável e resistente, podendo ser utilizado em elementos construtivos, como paredes, coberturas e pisos, representado na Figura 12, e também em móveis e decoração, como mesas, estantes e bancadas (LEROY MERLIN, 2018).



**Figura 12: Utilização de placas de OSB para o telhado com telhas *shingle*.
Fonte: TC SHINGLE, 2004.**

Segundo sua fabricante LP Brasil, as placas de OSB possuem as características representadas na Tabela 1:

Espessura (mm)	Dimensão (m)	Peso por painel (kg)	Aplicação
9,5	1,20x2,40	17,5	Paredes e telhados com perfis espaçados no máximo 40cm
	1,20x3,00	21,9	
11,1	1,20x2,40	20,4	Paredes e telhados com perfis espaçados no máximo 60cm
	1,20x3,00	25,6	
15,1	1,20x2,40	27,8	Paredes com perfis espaçados no máximo 60cm. Telhados no máximo 80cm. Pisos e lajes secas no máximo 40cm
18,3	1,20x2,40	33,7	Pisos e lajes secas com perfis espaçados no máximo 60cm

Tabela 1: Especificações placa OSB.
Fonte: LP Brasil, 2012.

2.2.1.6 Subcobertura

A subcobertura é uma manta impermeabilizante, geralmente feita de produtos aluminados, colocada por baixo das telhas. Tem várias finalidades, como promover conforto térmico ao usuário, já que bloqueia 95% da radiação externa, também evitam que infiltrações de água atinjam o forro ou a laje de cobertura (CALIL JR; MOLINA, 2010).

No caso da cobertura com telha *shingle*, essa manta é feita de material asfáltico, vedando e protegendo a base da estrutura, ainda não permitindo a condensação da umidade entre a madeira e a manta, migrando-a para o exterior.

2.2.2 Telhas

A escolha da telha correta para cada projeto é a primeira etapa para se realizar uma cobertura eficiente, já que essa escolha determina vários fatores, como a inclinação das tesouras do telhado e seu desempenho termo acústico. (CALIL JR; MOLINA, 2010).

Essa escolha ainda influencia a estrutura do telhado, por exemplo no telhado com telha de concreto, necessita-se do madeiramento completo, com terça, caibro e

ripa, além da estrutura principal, e no telhado com telha *shingle*, necessita-se apenas placas de OSB com apoios espaçados segundo a Tabela 1 para a execução, o que muda as cargas que a cobertura terá que sustentar.

Os principais fatores para a avaliação da utilização de um telhado são a estanqueidade e o desempenho térmico. Alguns aspectos podem acabar prejudicando esses fatores, como o grande número de juntas, declividades e assentamentos inadequados, causando deslocamento dos componentes durante fortes ventos, deslocamento das telhas devido à deformações excessivas na estrutura de sustentação, projeto inadequado de encontro de águas e paredes, acúmulo de algas e musgos nos encaixes e transbordamentos de calhas e rufos (CARDOSO, 2000).

No mercado podem ser encontrados vários tipos de telhas, variando material e dimensões, como as de cerâmica, fibrocimento, metálica, PVC, zinco, concreto e *shingle*. Nesse trabalho o foco é relacionado às telhas de concreto e *shingle*, sendo apresentadas a seguir.

2.2.2.1 Telha de Concreto

Segundo a NBR 13858-1 (ABNT, 1997) e NBR 13858-2 (ABNT, 2009), as telhas de concreto, representadas na Figura 13, são compostas de cimento, água, aditivos e podem ser tonalizadas de várias cores, dependendo do pigmento. Essa telha possui formato essencialmente retangular e perfil geralmente ondulado, sendo mais utilizadas na produção de telhados residenciais unifamiliares, principalmente nas de alto padrão, mas já existe uma tendência do seu uso nas de médio padrão.

A telha de concreto é comumente comparada com a telha tradicional de cerâmica, a mais utilizada no Brasil, principalmente nos quesitos de consumo e peso por metro quadrado. A maioria dos consumidores acreditam que a telha de concreto é mais pesada que a telha de cerâmica, mas o que acontece é o contrário, o peso da telha deve ser calculado com ela molhada. Utilizando esse método pode-se constatar que a telha de concreto molhada apresenta um aumento de 5% de peso se comparada a seu estado seco, já a telha de cerâmica molhada apresenta um aumento de cerca de 16% de seu peso se comparada a seu estado seco, fazendo com que normalmente a telha de cerâmica seja mais pesada que a de concreto. Na questão de consumo, a

telha de cerâmica consome cerca de 38% a mais de telhas do que a de concreto, devido à sua dimensão menor (Fernandes, 2012).



Figura 13: Telha de concreto.
Fonte: TÉGULA, 2020.

2.2.2.2 Telha *shingle*

A telha *shingle* é a mais utilizada na Europa e nos países norte-americanos, mas ainda tem seu uso limitado no Brasil. O seu sistema de telhado vai além de proteção contra intempéries, permitindo a utilização de várias águas sem emendas (CARDOSO, 2000). Sua composição proporciona grande maleabilidade, adaptabilidade, impermeabilidade e durabilidade, além de ser cerca de 6 vezes mais leve que as telhas convencionais, o que facilita sua instalação e diminui o desperdício de material na obra, sendo suas camadas representadas na Figura 15 (TC SHINGLE, 2004).

A sua composição possui quatro camadas, a base é feita de asfalto, logo em seguida uma camada de fibra de vidro impregnada por uma manta asfáltica impermeável, após essa camada vem mais uma de asfalto e a última camada aparente, feita de asfalto e grânulos, sendo esses grânulos de material cerâmico, ou seja, podem ter várias cores, permitindo a coloração das telhas, auxiliando ainda na resistência à abrasão e ao fogo (CARDOSO, 2000).

Utilizando as telhas *shingle*, a inclinação das águas do telhado podem variar de 15° a 90°, além de elas se adaptarem a qualquer forma, podendo compor telhados curvos ou em diversos sentidos, como mostrado na Figura 14. Os acabamentos podem ser realizados apenas com o seu corte dispensando a utilização dos rufos ou

calhas, sua instalação pode ser feita por qualquer profissional capacitado devido sua baixa dificuldade, devendo ser feita em local plano, este podendo ser em laje de concreto ou geralmente utilizadas placas de compensado ou OSB (TC SHINGLE, 2004).



Figura 14: Telhado residencial composto de telhas shingle.
Fonte: TC SHINGLE, 2004.



Figura 15: Camadas da cobertura composta de telhas *shingle*.
Fonte: LP BRASIL, 2012.

2.2.3 Cargas

2.2.3.1 Cargas Variáveis: Cargas de vento e acidental

O vento é um fenômeno da natureza resultante do descolamento de massas de ar devido a uma variação de aquecimento pelo sol, gerando assim, um fluxo de fluido. Dessa maneira, quando algum objeto é colocado na região deste fluido, diversas forças aerodinâmicas irão atuar sobre esta estrutura (MOLITERNO, 2010).

Tais forças ao atuarem sobre a superfície de um corpo rígido serão transformadas em pressão, sendo esta atuante de forma perpendicular a esta superfície. A pressão ainda pode variar dependendo da forma do obstáculo, o ângulo de incidência do vento e a sua velocidade. Já a carga de vento também pode ser influenciada pelos demais corpos próximos do objeto estudado, a sua rugosidade e localização geográfica. (MOLITERNO, 2010).

Com o aumento da complexidade e assimetria das construções atuais, uma solução matemática para estes coeficientes das pressões se torna inviável, sendo usado em muitos casos experimentos com tuneis de vento para determinar o comportamento do vento em situações específicas. Em contra partida para tipos mais usuais de edificações, tais coeficientes já foram determinados e são apresentados na NBR 6123 (ABNT, 1988) (MOLITERNO, 2010).

De acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2009), para todo elemento isolado de cobertura, como ripas, terças, e barras de banzo superior de treliças, deve ser projetado para receber, em sua posição mais desfavorável, uma carga vertical de 1 kN, além da carga permanente, sendo está a carga acidental.

No decorrer do estudo diversas novas cargas adicionais podem surgir, através de projetos elaborados por profissionais especializados. Estas cargas podem ser devido a dutos de renovação de ar, caixa d'água, painéis de propaganda sobre a cobertura, painéis fotovoltaicos, luminárias, além de cargas de manutenção adicionais para serviço novo considerado.

2.2.3.2 Cargas permanentes

De acordo com Moliterno (2010), as cargas permanentes serão compostas pelos pesos próprios das estruturas que compoñham o telhado, junto de todas as sobrecargas fixas.

3 METODOLOGIA

Este trabalho aborda uma análise comparativa para telhados em madeira, de caráter exploratório. Utilizando a NBR 6123 (ABNT, 1988) e NBR 6120 (ABNT, 2009) como base de cálculo das cargas permanentes, acidentais e cargas de vento, quanto as verificações das tensões e dimensionamentos foi utilizada a NBR 7190 (ABNT, 1997), com auxílio de programas computacionais como o Microsoft Excel®, AutoDesk AutoCad 2021 e o Ftool®.

Esta pesquisa relaciona o referencial teórico e a análise numérica, sendo a união de ambos o que torna possível o dimensionamento estrutural e o comparativo de ambas as situações propostas. Como este trabalho tem aspectos quantitativos, como cálculos de cargas, dimensões de peças, espaçamentos e pesos, assim como aspectos qualitativos, como técnicas de execução e escolhas de materiais, e este estudo, segundo Fachin (2006), torna-se então uma pesquisa quanti-qualitativa.

Fazendo-se um estudo bibliográfico junto de diversos trabalhos de variados autores, assim, torna-se possível o contato e o estudo dos conceitos aplicados em estruturas de telhados de madeira, seus elementos, tipos de telhas e tipos de madeiras utilizadas. Após a análise dos materiais, aplicou-se os processos matemáticos com intuito de determinação dos esforços provenientes das estruturas que compõem o telhado, com o objetivo de determinar o comportamento da cobertura, analisar o volume de material utilizado e posteriormente comparar seus orçamentos. Para isso, foram analisadas 3 residências diferentes com 2 inclinações diferentes, variando as suas dimensões e os vãos que cada tesoura tem que vencer.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Residência pequena

A Residência Pequena (RP), com área total de 73,52m², foi baseada em uma residência popular, estilo “minha casa minha vida”, tendo somente um pavimento, sendo sua planta baixa representada na figura 16.



Figura 16: Planta baixa da residência pequena.
Fonte: Autoria própria.

A cobertura da residência pequena foi dividida em duas regiões, pois possuem vãos diferentes para as tesouras vencerem, sendo o da esquerda denominado Região 1, com vão de 7,80m e o da direita denominado Região 2, com vão de 6,80m. Utilizando um beiral de 70cm, a planta de cobertura é representada na Figura 17, sendo as setas vermelhas representando os sentidos dos caimentos das águas, e as tesouras de cada região e cada inclinação, representadas na Figura 18, com todas as medidas em centímetros.

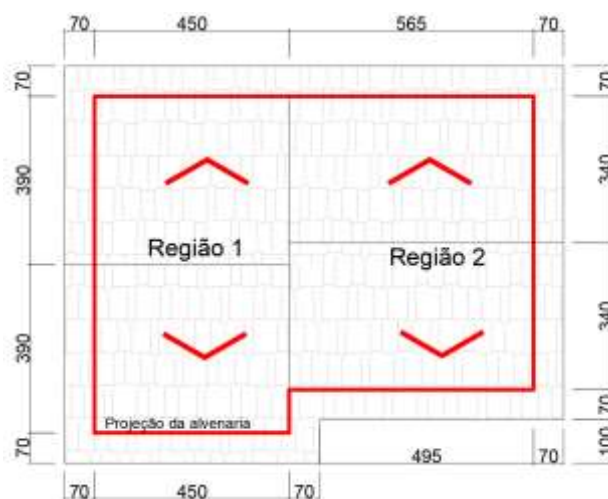


Figura 17: Planta baixa de cobertura da residência pequena
Fonte: Autoria Própria

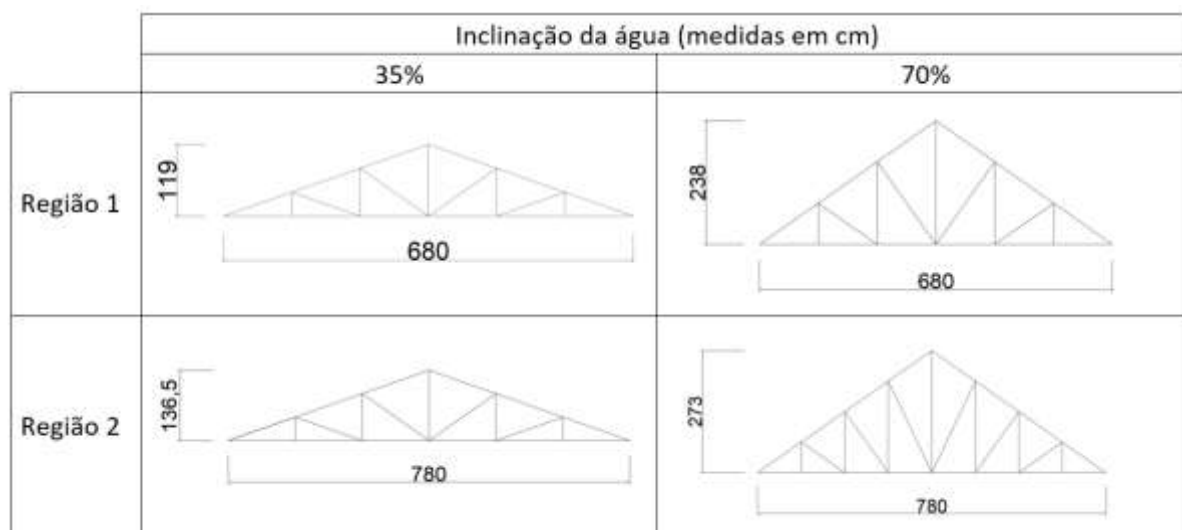


Figura 18: Tesouras da residência pequena.
Fonte: Autoria própria.

3.1.2 Residência média

A residência média, com área total de 137,08m², também com um pavimento, é representada na planta baixa a seguir:

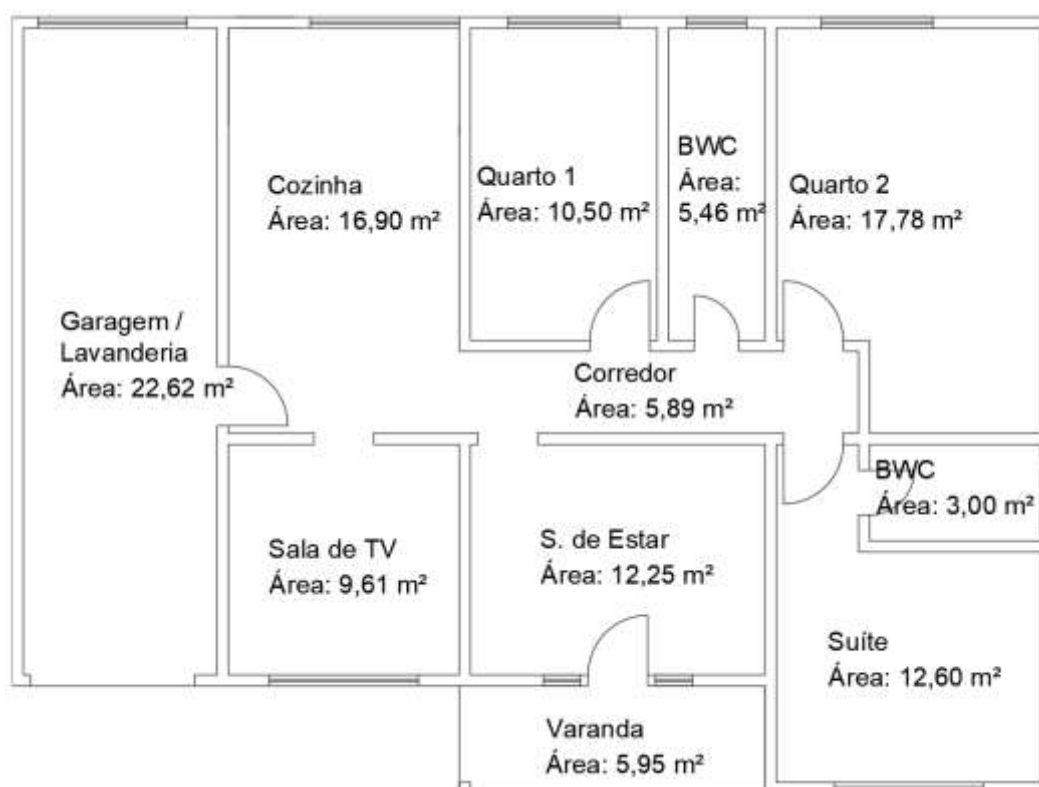


Figura 19: Planta baixa da residência média.
Fonte: Autoria própria.

O caso de divisão da cobertura da residência média ficou do mesmo modo que a da residência pequena, em duas regiões. A Região 1 agora possui um vão de 9m e a Região 2 agora possui um vão de 10,45m. Com um beiral de 70cm, a planta de cobertura é representada na Figura 20, sendo as setas vermelhas representando os sentidos dos caimentos das águas, e as tesouras de cada região e cada inclinação, representadas na Figura 21, com todas as medidas em centímetros.

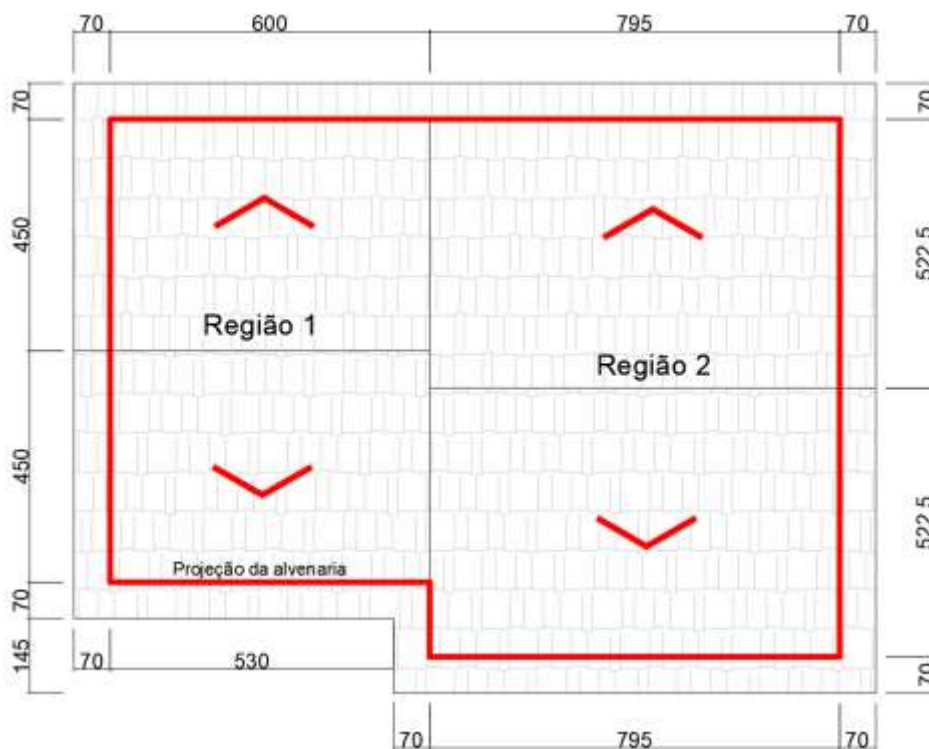


Figura 20: Planta baixa de cobertura da residência média
Fonte: Autoria própria.

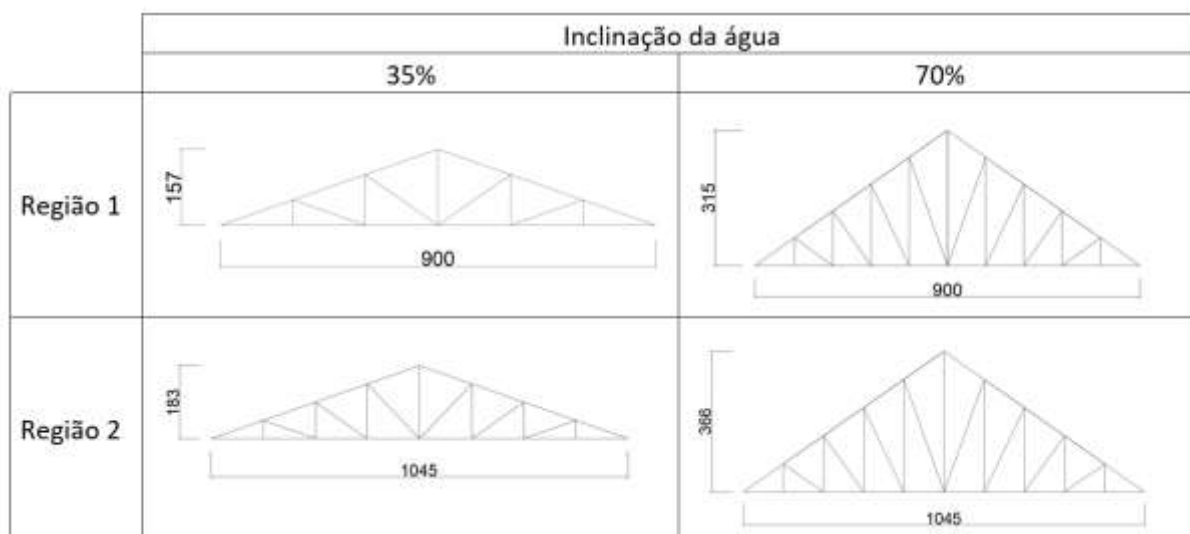


Figura 21: Tesouras da residência média.
Fonte: Autoria própria.

3.1.3 Residência grande

A residência grande, com 245,80m² de área construída, possui dois pavimentos, sendo o primeiro com 245,80m² e o segundo com 96,10m², somando uma área total de 341,90m². A cobertura dessa residência já mostra um grau de complexidade superior às de pequena e média proporção, apresentando 7 regiões com águas e tamanhos diferentes. As plantas baixas dos dois pavimentos e de cobertura são representadas nas Figuras 22, 23, 24 e 25, tendo as cotas medidas em centímetros e uma legenda para identificação das regiões de estudo e as tesouras de cada região e cada inclinação, representadas nas Figuras 26 e 27.

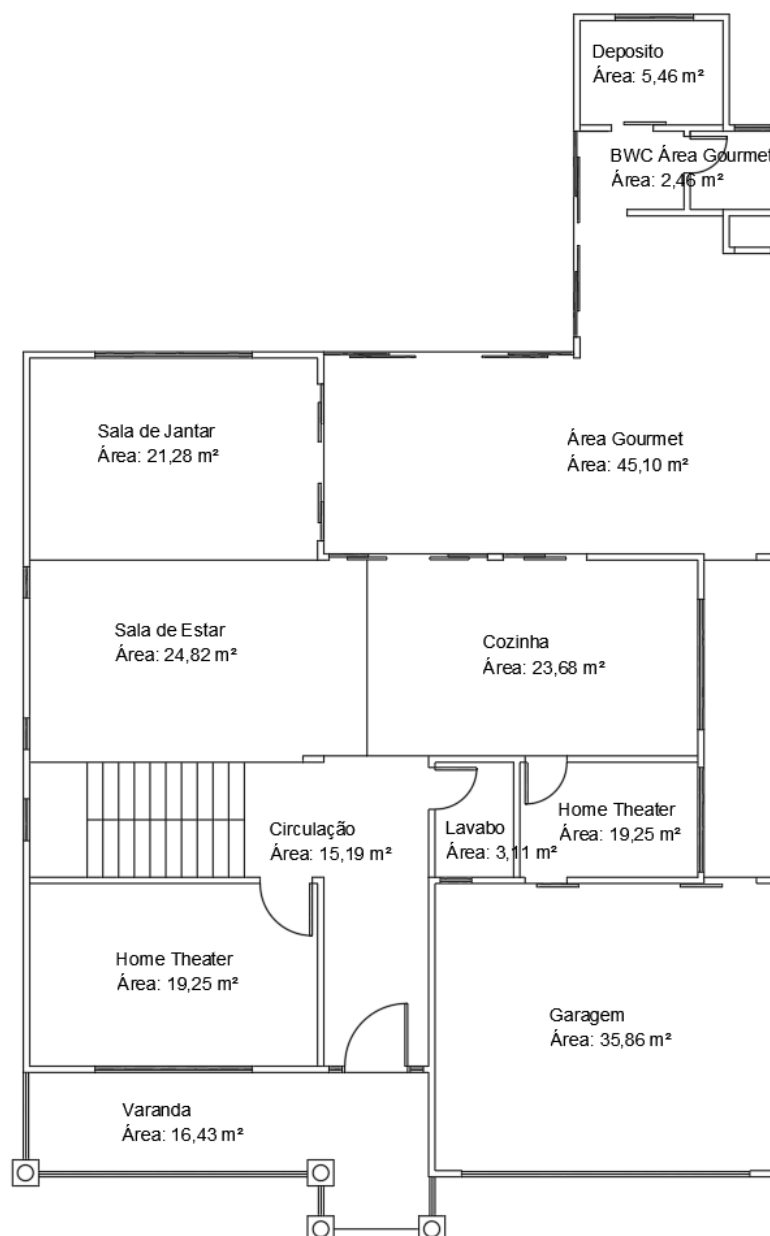


Figura 22: Planta baixa do primeiro pavimento da residência grande.

Fonte: Autoria própria.

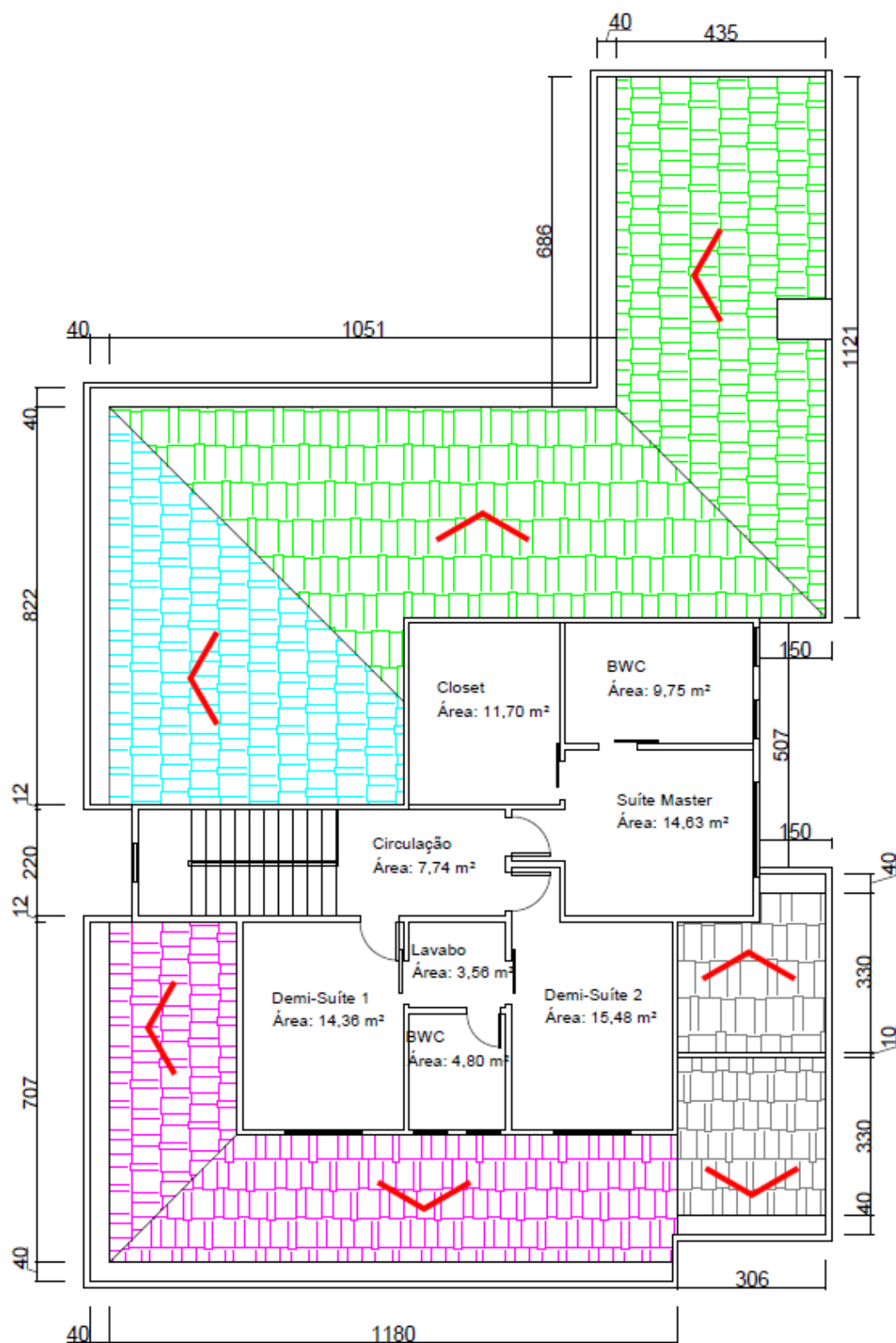


Figura 23: Planta baixa do segundo pavimento da residência grande
Fonte: Autoria própria.

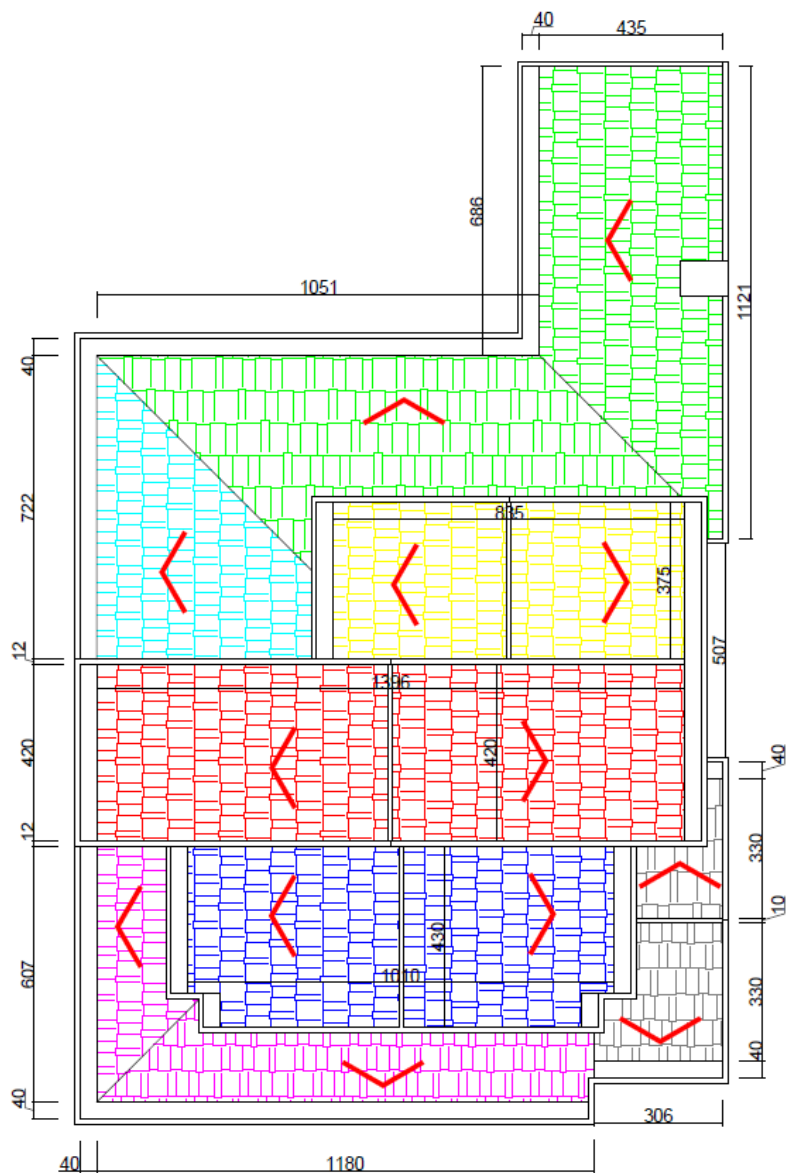


Figura 24: Planta baixa de cobertura da residência grande.
Fonte: Autoria própria.

LEGENDA	
■	Região 1
■	Região 2
■	Região 3
■	Região 4
■	Região 5
■	Região 6
■	Região 7

Figura 25: Legenda das regiões estudadas da residência grande.
Fonte: Autoria própria.

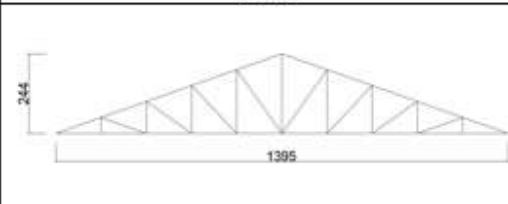
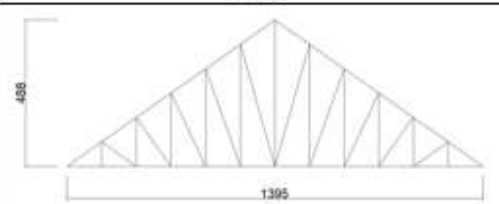
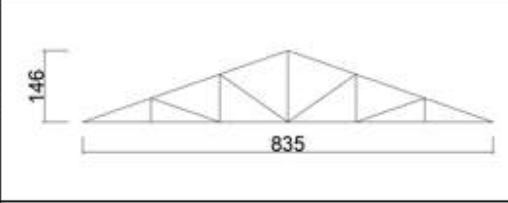
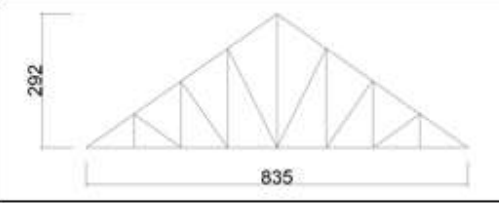
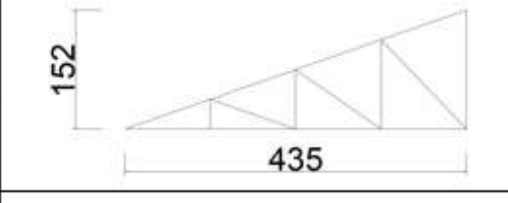
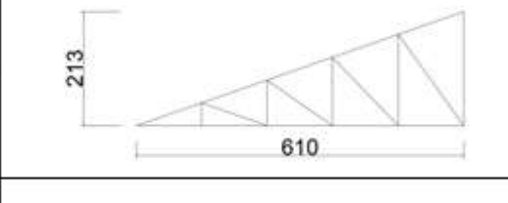
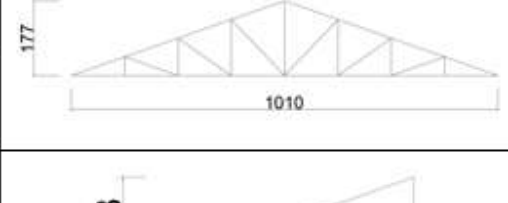
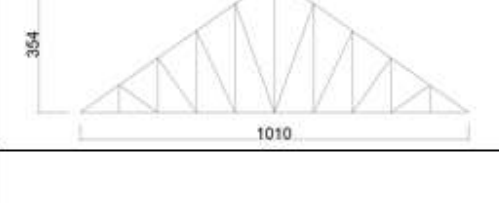
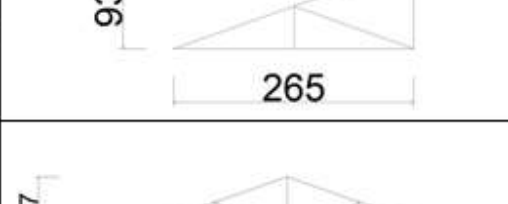
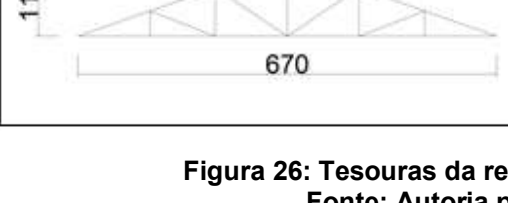
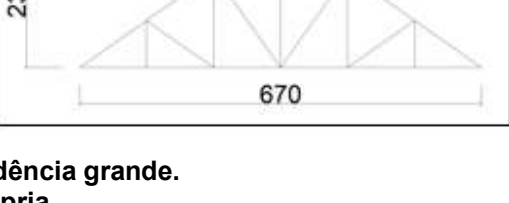
		Inclinação da água	
		35%	70%
Região 1			
Região 2			
Região 3			
Região 4			
Região 5			
Região 6			
Região 7			

Figura 26: Tesouras da residência grande.
Fonte: Autoria própria.

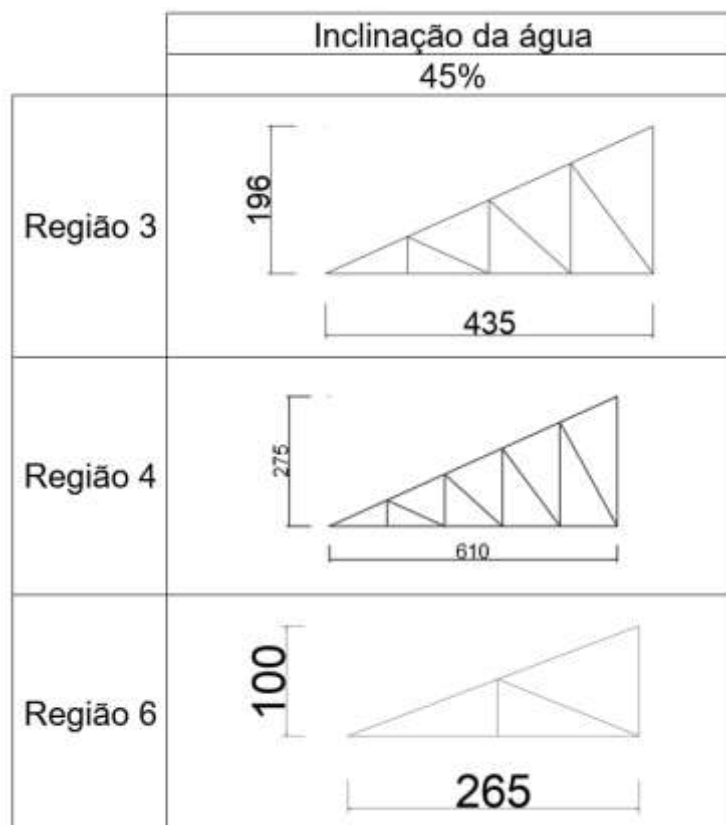


Figura 27: Tesouras de residência grande.
Fonte: Autoria própria.

3.2 MATERIAS ADOTADOS

Em relação a espécie de madeira adotada para este estudo, para peças de tesouras e terças, foi a Angelim-Pedra (*Hymenolobium petraeum* Ducke) que de acordo com o IPT - Instituto de Pesquisa Tecnológica (1983), é usada na construção civil para peças pesadas internas. Sua densidade de massa aparente com 12% de umidade é 710 kg/m^3

De acordo com o IPT (1983), a madeira do tipo Pinus-eliotte pode ser utilizada para as peças estruturais secundarias, neste caso, para as ripas e também para os caibros. Sua densidade de massa aparente com 15% de umidade é 480 kg/m^3 .

Para realização deste estudo foram escolhidas três residências de diferentes metragens quadradas, com $73,52 \text{ m}^2$, $137,08 \text{ m}^2$ e $245,80 \text{ m}^2$, sendo nomeadas respectivamente como Residência Pequena (RP), Residência Média (RM) e Residência Grande (RG). As seções de peças estruturais são apresentadas na Tabela 2.

Peças	Seções (cmxcm)
Tesoura p/ cobertura com telha Shingle	5 x 7
Tesoura p/ cobertura com telha de Concreto	7 x 15
Terça	6 x 16
Caibro	6 x 7
Ripa	1,5 x 5
Placa OSB	1,2 x 2,4

Tabela 2: Seções de peças estruturais.
Fonte: Autoria própria.

Este estudo também engloba a variação de inclinação dos telhados, sendo estes projetados para inclinações de 35% e 70%. Para a residência grande, nas regiões de telhados com uma água, as inclinações analisadas foram de 35% e 45%, a não utilização da inclinação de 70% para estas regiões se deve ao fato de que com uma inclinação tão elevada, a altura final da tesoura seria superior ao peitoril das janelas do primeiro pavimento.

Como modelo padrão adotado para o estudo com telha *shingle*, foi escolhido o tipo Viapol Standard Collection, da série hexagonal. De acordo com a ficha técnica do produto, este possui as características presentes na Tabela 3 (VIAPOL, 2020).

O modelo padrão adotado para este estudo, referente a telha de concreto é do tipo Tégula Telha Big, as características desta telha estão presentes na Tabela 3 (TÉGULA, 2020).

Modelo de Telha	Dimensões (cmxcm)	Peso kg/m ²
Shingle	100x33	8,4
Concreto	47,5x36,5	40,9

Tabela 3: Caraterísticas das telhas.
Fonte: Autoria própria.

3.3 ESPECIFICAÇÕES ESTRUTURAIS

As definições de espaçamento entre peças para os telhados projetados com telha de concreto seguiram os seguintes padrões:

- Tesoura: foi adotado valores próximos de 3,00 m de espaçamento entre peças (DE MILITO, 2004);
- Terças: foram adotados valores menores que 1,50 m de distância entre as estas peças (MOLITERNO, 2010);
- Caibros: A distância entre caibros adotada foi de 0,50 m, de modo a permitir a passagem de uma pessoa entre as peças para possíveis manutenções (LOGSDON, 2002);
- Ripas: para estas peças a distância é definida de acordo com o modelo de telha adotada para projeto, para este estudo a distância adotada foi de 0,27 m.

Para definição dos espaçamentos foram considerados as características de cada projeto, as propriedades mecânicas da madeira adotada e o dimensionamento final, com as devidas alterações feitas de acordo com cada necessidade, porem sempre mantendo o mesmo espaçamento das tesouras, com intuito de se obter parâmetros de análises semelhantes. Os espaçamentos, em metros, adotados estão presentes nas Tabelas 4, 5 e 6.

Residência Pequena					
Inclinação	Área	Tesoura	Terça	Caibro	Ripa
35%	Região 1	2,25	1,376	0,5	0,27
	Região 2	2,825	1,2	0,5	0,27
70%	Região 1	2,25	1,19	0,5	0,27
	Região 2	2,825	1,38	0,5	0,27

Tabela 4: Espaçamentos adotados para residência pequena.
Fonte: Autoria própria.

Residência Média					
Inclinação	Área	Tesoura	Terça	Caibro	Ripa
35%	Região 1	3,1	1,59	0,5	0,27
	Região 2	2,65	1,39	0,5	0,27
70%	Região 1	3,1	1,09	0,5	0,27
	Região 2	2,65	1,28	0,5	0,27

Tabela 5: Espaçamentos adotados para residência média.
Fonte: Autoria própria.

Residência Grande					
Inclinação	Área	Tesoura	Terça	Caibro	Ripa
35%	Região 1	2,10	1,48	0,50	0,27
	Região 2	1,88	1,47	0,50	0,27
	Região 3	2,80	1,15	0,50	0,27
	Região 4	2,41	1,29	0,50	0,27
	Região 5	2,15	1,34	0,50	0,27
	Região 6	2,81	1,41	0,50	0,27
	Região 7	2,44	1,22	0,50	0,27
70%	Região 1	2,10	1,42	0,50	0,27
	Região 2	1,88	1,28	0,50	0,27
	Região 3	2,80	1,19	0,50	0,27
	Região 4	2,41	1,34	0,50	0,27
	Região 5	2,15	1,23	0,50	0,27
	Região 6	2,81	1,46	0,50	0,27
	Região 7	2,44	1,36	0,50	0,27

Tabela 6: Espaçamentos adotados para residência grande.
Fonte: Autoria própria..

Para o método construtivo utilizando a telha *shingle*, como não foram utilizadas terças, caibros e ripas no projeto estrutural, os espaçamentos entre as tesouras tiveram que respeitar as exigências técnicas da placa OSB, ficando assim com espaçamentos próximos de 0,6 m, os espaçamentos adotados para ambas as inclinações foram iguais. Os valores finais estão presentes nas Tabelas 7 e 8

Residência Pequena e Média		
Área	Espaçamento (m)	
	RP	RM
Região 1	0,56	0,6
Região 2	0,57	0,57

Tabela 7: Espaçamentos adotados para tesouras.
Fonte: Autoria própria.

Residência Grande	
Área	Espaçamento (m)
Região 1	0,6
Região 2	0,54
Região 3	0,59
Região 4	0,58
Região 5	0,54
Região 6	0,59
Região 7	0,51

Tabela 8: Espaços adotados para tesouras.
Fonte: Autoria própria.

3.4 LEVANTAMENTO DE CARGAS

3.4.1 Cargas Permanentes

De acordo com Moliterno (2010) as cargas permanentes serão compostas pelos pesos próprios das estruturas que compoñham o telhado, junto de todas as sobrecargas fixas.

Os pesos próprios das peças foram calculados de acordo com as áreas de influência dos nós da tesoura, esta área é calculada da seguinte forma:

$$A_{nós} = d_{Terças} * d_{Tesouras}$$

Sendo:

$A_{nós}$ = Área de atuação do nó;

$d_{Terças}$ = Distância entre terças;

$d_{Tesouras}$ = Distância entre tesouras.

Em relação a região com influência do beiral, a área foi calculada da seguinte maneira:

$$A_{nós\ beiral} = (BS_{Beiral} + \left(\frac{d_{Terças}}{2}\right)) * d_{Tesouras}$$

Sendo:

BS_{Beiral} = Medida do Banzo Superior do Beiral;

Vale ressaltar que para a residência grande (RG) não foi considerada a região de beiral, pois esta utiliza beiral de concreto executado com forma, sendo assim a região de influência para beiral nesta residência foi calculada de acordo com a fórmula a seguir:

$$A_{\text{nós beiral}} = \frac{d_{\text{Terças}}}{2} * d_{\text{Tesouras}}$$

Em relação ao levantamento de cargas referentes as telhas, para ambos os modelos, foram adotadas a mesma área de influência dos nós para peças em madeira.

3.1.1.1. Cargas Permanentes de Pequena Variabilidade

Os componentes dos telhados considerados como causadores das cargas permanentes de pequena variabilidade, foram as telhas. Sendo o carregamento gerado nas áreas de influência de nós e beiral, aplicado de forma pontual na posição de contato entre terça e tesoura, como é apresentada na Figura 16.

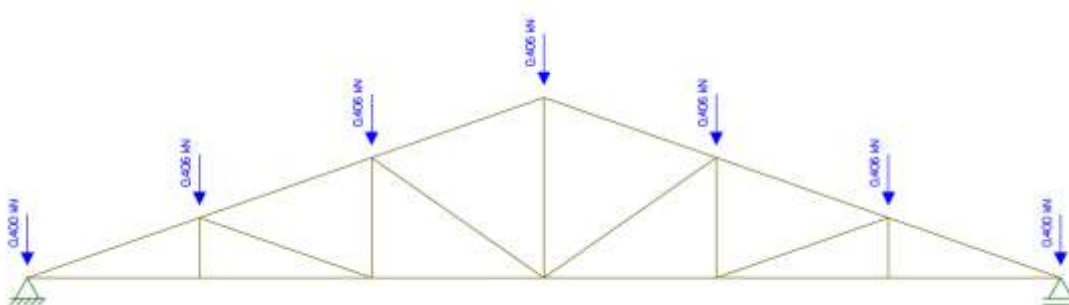


Figura 28: Modelo estrutural com aplicação de cargas de pequena variabilidade.
Fonte: Autoria própria.

3.1.1.2. Cargas Permanentes de Grande Variabilidade

Para a obtenção dos carregamentos permanentes de grande variabilidade foram considerados todas as peças estruturais de madeira que compõem o telhado. Para o sistema construtivo de telha *shingle*, foram consideradas as cargas devidas à

placa OSB e peso próprio da tesoura. Para o telhado projetado com telha de concreto, foram considerados as peças de ripa, caibro, terça e peso próprio da tesoura.

O peso próprio da tesoura foi considerado como sendo uma carga distribuída atuante em todas as suas barras, enquanto que as cargas devido ao restante do madeiramento foram consideradas como sendo uma carga pontual aplicada sobre o ponto de contato entre terça e tesoura, a aplicação de cargas foi feita de acordo com a Figura 17.

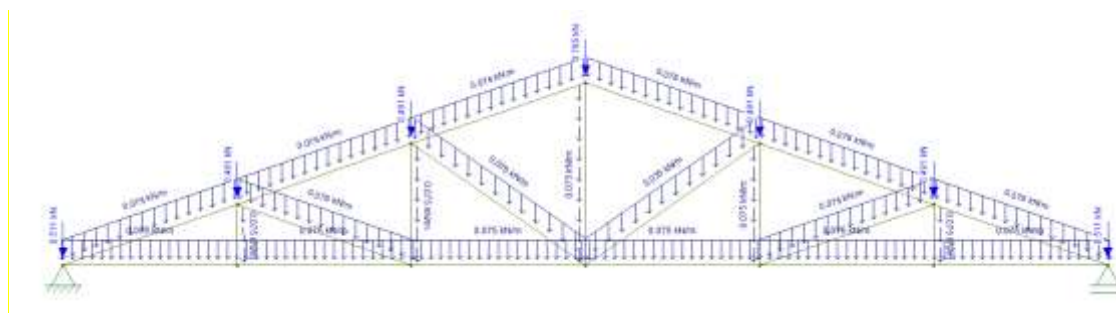


Figura 29: Modelo estrutural com aplicação de cargas de grande variabilidade.
Fonte: Autoria própria.

3.4.2 Carga devido ao Vento

De acordo com a NBR 6123 (ABNT, 1988), a definição da velocidade característica do vento, fator este utilizado no dimensionamento estrutural do telhado, depende de quatro fatores, sendo estes os seguintes: velocidade básica do vento (V_0), e fatores S_1 , S_2 e S_3 .

A velocidade básica do vento se trata da máxima velocidade média medida em uma determinada região geográfica, sobre 3 s, que pode ser excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 m sobre o nível do terreno em lugar aberto e plano.

O fator S_1 , corresponde a rugosidade do terreno e é separada em 5 categorias, sendo a primeira, terrenos com superfícies lisas de grandes dimensões, em torno de 5 km, e são exemplos desta categoria: mar calmo, lagos e rios.

O fator S_2 , classifica as dimensões da edificação, está dividida em três classes, a Classe A, enquadra todas as edificações na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m. A Classe B, engloba as edificações para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m. Já a Classe C, satisfaz as edificações que a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

O fator S3 é chamado de fator estatístico, correspondendo ao grau de segurança requerido e a vida útil da edificação, este fator é classificado em 5 grupos. O grupo 1 corresponde a edifícios que, após uma tempestade destrutiva, sua ruína afetaria a segurança ou o socorro de pessoas, englobando então, hospitais, quartéis, bombeiros e centrais de comunicação. O Grupo 2 deve ser aplicado para edifícios residências, hotéis, comércio e indústrias com alto fator de ocupação. Para o Grupo 3 se adequam instalações industriais com baixo fator de ocupação, como depósitos, silos e construções rurais. O grupo 4 corresponde a vedações e o Grupo 5 enquadrasse as edificações temporárias e estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção.

A definição dos fatores indicados anteriormente é apresentada na Tabela 9 a seguir:

Fatores	
V0 (m/s)	46,00
S1	1
S2	0,79
S3	1

Tabela 9: Fatores de vento.

Fonte: Autoria própria.

De acordo com a NBR 6123 (ABNT, 1988), o vento característico é definido pelas equações a seguir:

$$V_k = V_0 * S_1 * S_2 * S_3$$

Com os valores adotados indicados na Tabela 9, levando-se em consideração a Velocidade básica do vento (V0) adotada para todas as situações, como o valor correspondente ao município de Pato Branco – PR.

$$q = 0,613 * V_k^2$$

Define-se então valor do vento característico (q):

$$q = 809,53 \frac{N}{m^2}$$

Para a obtenção dos coeficientes de pressão e de forma para paredes, telhados de duas águas e telhados de apenas uma água se fez necessário o estudo individual de cada residência, cada uma com suas características próprias, resultando em um estudo de vento único para cada situação, de acordo com a NBR 6123 (ABNT, 1988).

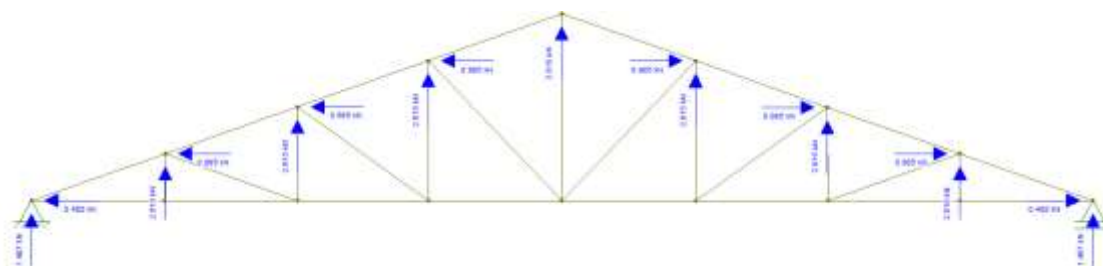


Figura 30: Modelo estrutural com aplicação de cargas de vento.
Fonte: Autoria própria.

Ao final das análises feitas as cargas foram aplicadas nos nós centrados nas áreas de influência da tesoura, como na Figura 30, e na sequência foram coletados os dados dos esforços normais de tração e compressão nas peças.

3.4.3 Carga de Manutenção

Para obtenção dos esforços de tração e compressão nas barras devido à carga acidental ou carga de manutenção, foi aplicado o carregamento de 1 kN na região mais desfavorável para todas as regiões de estudo, sendo essa a cumeeira, de acordo com a Figura 31.

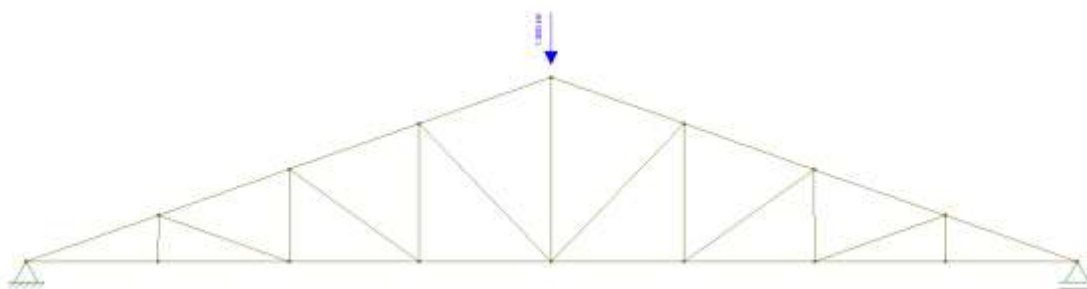


Figura 31: Modelo estrutural com aplicação de carga de manutenção.
Fonte: Autoria própria.

3.5 COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS

A combinação de esforços é guiada pela NBR 7190 (ABNT, 1997) e tem como objetivo majorar os carregamentos através de coeficientes de ponderação,

representados nas Figuras 32 e 33, para que seja possível a obtenção dos maiores esforços normais de tração e compressão nas peças estruturais estudadas.

Para as situações estudadas, foi considerado que as ações variáveis não atuariam concomitantemente, sendo assim as cargas de vento e cargas de manutenção não atuariam juntas.

Combinações	Para efeitos ¹⁾	
	Desfavoráveis	Favoráveis
Normais	$\gamma_g = 1,3$	$\gamma_g = 1,0$
Especiais ou de construção	$\gamma_g = 1,2$	$\gamma_g = 1,0$
Excepcionais	$\gamma_g = 1,1$	$\gamma_g = 1,0$
¹⁾ Podem ser usados indiferentemente os símbolos γ_g ou γ_G .		

Figura 32: Ações permanentes de pequena variabilidade.
Fonte: NBR 7190, 1997.

O valor do coeficiente de ponderação para esforços de pequena variabilidade adotado foi de 1,3 de acordo com a Figura 32.

Para os esforços causados por ações permanentes de grande variabilidade, o coeficiente de ponderação adotado foi de 1,4 de acordo com a Figura 33.

Combinações	Para efeitos	
	Desfavoráveis	Favoráveis
Normais	$\gamma_g = 1,4$	$\gamma_g = 0,9$
Especiais ou de construção	$\gamma_g = 1,3$	$\gamma_g = 0,9$
Excepcionais	$\gamma_g = 1,2$	$\gamma_g = 0,9$

Figura 33: Ações permanentes de grande variabilidade.
Fonte: NBR 7190, 1997.

Em relação a carga de vento, dois coeficientes de ponderação devem ser considerados. Por se tratar de uma carga de curta duração, as tensões devidas ao vento devem ser multiplicadas por 0,75, de acordo com o item 5.5.8 da NBR 7190 (ABNT, 1997).

O segundo coeficiente de ponderação para cargas de vento, se faz necessário pois esta carga é variável, de acordo com a Figura 34, o valor adotado é de 1,4.

Combinações	Ações variáveis em geral, incluídas as cargas acidentais móveis	Efeitos da temperatura
Normais	$\gamma_Q = 1,4$	$\gamma_E = 1,2$
Especiais ou de construção	$\gamma_Q = 1,2$	$\gamma_E = 1,0$
Excepcionais	$\gamma_Q = 1,0$	$\gamma_E = 0$

Figura 34: Ações variáveis.

Fonte: NBR 7190, 1997.

Após as devidas majorações dos esforços, se faz necessária a combinação das situações de projeto, com objetivo de encontrar o maior esforço normal atuante de tração e compressão nas barras, para posterior verificações estruturais, os maiores esforços normais estão presentes nas Tabelas 10 e 11.

Tesoura	Esforços Normais (kN)			
	Compressão		Tração	
	Shingle	Concreto	Shingle	Concreto
RP-Região 1	5,87	21,79	4,20	20,53
RP-Região 2	4,39	24,40	4,14	22,08
RM-Região 1	4,83	30,69	4,57	28,90
RM-Região 2	5,55	26,39	5,27	24,87
RG-Região 1	7,30	39,14	6,88	37,07
RG-Região 2	4,74	20,50	4,46	19,33
RG-Região 3	6,25	14,04	5,9	13,24
RG-Região 4	3,76	16,98	3,49	15,85
RG-Região 5	5,59	28,57	5,27	26,95
RG-Região 6	2,61	6,86	2,46	6,47
RG-Região 7	4,17	21,58	4,02	20,38

Tabela 10: Esforços normais máximos em tesouras de 70% de inclinação.

Fonte: Autoria própria.

Tesoura	Esforços Normais (kN)			
	Compressão		Tração	
	Shingle	Concreto	Shingle	Concreto
RP-Região 1	3,13	15,95	2,56	13,04
RP-Região 2	2,78	15,45	2,27	12,63
RM-Região 1	3,71	24,27	3,03	19,86
RM-Região 2	4,01	24,67	3,28	20,18
RG-Região 1	5,42	28,46	4,44	23,31
RG-Região 2	3,33	15,01	2,72	12,30
RG-Região 3	2,79	11,64	2,53	10,59
RG-Região 4	3,68	15,8	3,41	14,58
RG-Região 5	3,98	21,22	3,25	17,33
RG-Região 6	2,38	6,32	2,22	5,89
RG-Região 7	2,67	13,61	2,18	11,12

**Tabela 11: Esforços normais máximos em tesouras de 35% de inclinação.
Fonte: Autoria própria.**

3.6 VERIFICAÇÕES ESTRUTURAIS

As verificações estruturais seguiram a NBR 7190 (ABNT, 1997). Para as tesouras as verificações feitas foram de tração simples e compressão simples, nas regiões do banzo superior e inferior, utilizando as cargas resultantes da combinação de esforços.

Para as demais peças, o dimensionamento englobou apenas as piores situações. Em relação a terça, esta foi verificada devido a flexão oblíqua na maior e na menor inercia, sendo a barra estudada aquela com maior vão e pertencente ao telhado com 70% de inclinação.

Para o caibro, a pior situação se caracteriza como sendo o telhado com 70% de inclinação junto do maior espaçamento entre terças. As verificações feitas foram para flexão composta oblíqua, cisalhamento e verificação da flecha.

A pior situação de uma ripa foi definida como sendo no telhado com inclinação de 70% e na região com o maior espaçamento entre caibros. Para esta peça, as verificações feitas foram de estado limite último de flexão oblíqua, cisalhamento e verificação de flecha.

Seguindo as instruções da NBR 7190 (ABNT, 1997), todas as peças consideradas passaram nas verificações de dimensionamento.

3.7 LEVANTAMENTO ORÇAMENTÁRIO

Após a verificação estrutural e aprovação de todas as regiões estudadas, foi feito o levantamento orçamentário das peças presentes em tais projetos, como, madeira com seção de 7x15 cm, 6x16 cm, 5x7 cm, 5x6 cm, 1,5x5 cm e telha de concreto do modelo especificado, para os projetos feitos com telha de concreto. Para projetos estudados com o sistema de telhas *shingle*, foram orçadas as placas de OSB com dimensões de 1,2 x 2,4 m, manta impermeabilizante e telha *shingle* específica do projeto.

Para peças em madeira foram contatadas as empresas genéricas A, B e C e o valor fornecido é dado em R\$/m, enquanto que para a placa OSB, telha *shingle*, telha de concreto e manta impermeabilizante, os valores são referentes as peças prontas e com dimensões já citadas, não sendo originalmente vendidas por m², portanto tais valores devem ser divididos pelas suas respectivas áreas para que se possa obter um valor em R\$/m². A média dos valores adotados para o orçamento final são apresentadas nas Tabelas 12 e 13, desconsiderando o valor de mão de obra.

Elemento	Espécie de Madeira	Seção (cm x cm)	Valor (R\$/m)
Tesoura p/ Telhados com Telha de Concreto	Angelim Pedra	7 x 15	68,00
Tesoura p/ Telhados com Telha Shingle	Angelim Pedra	5 x 7	16,50
Terças	Angelim Pedra	6 x 16	52,00
Caibros	Pinus Eliote	6 x 7	3,50
Ripas	Pinus Eliote	1,5 x 5	1,80

Tabela 12: Valores para peças de madeira serrada.
Fonte: Autoria própria.

Elemento	Valor (R\$/m ²)
Telha de Concreto	30,68
Telha Shingle	69,97
Placa OSB	78,35
Manta Impermeabilizante	9,28

Tabela 13: Valores demais peças.
Fonte: Autoria própria.

A quantificação das peças em madeira também foi necessária para o estudo orçamentário, para isso, o levantamento considerou as medidas de comprimento linear das terças, caibros, ripas e tesouras. Enquanto que para placa OSB, telha *shingle*, telha de concreto e manta impermeabilizante foram quantificadas de acordo com o m² das águas do telhado, as Tabelas 14 e 15 mostram os valores totais para os telhados com 35% e 70% de inclinação.

Telhado c/ Inclinação de 35%											
REGIÕES DE TELHADOS	Medida Linear de Tesoura c/ Telha Shingle (m)	Quantidade de Peças (un.)	Medida Linear de Tesoura c/ Telha de Concreto (m)	Quantidade de Peças (un.)	Medida Linear p/ Terças (m)	Quantidade de Peças (un.)	Medida Linear p/ Caibros (m)	Quantidade de Peças (un.)	Medida Linear p/ Ripas (m)	Quantidade de Peças (un.)	Área Total das Águas das Regiões (m²)
RP R1	26,07	9	26,07	3	5,9	10	4,9	22	5,2	36	57,82
RP R2	22,73	11	22,73	3	6,35	10	3,6	26	6,35	34	54,61
RM R1	30,01	11	30,01	3	7	10	5,55	28	7	42	76,45
RM R2	38,6	15	38,6	4	9,35	12	6,31	38	9,35	46	118
RG R1	56,14	8	56,14	3	4,2	12	7,39	18	4,2	56	62,07
RG R2	27,93	8	27,93	3	3,75	8	4,42	16	3,75	34	33,15
RG R3	16,81	38	16,81	7	17,37	5	4,61	35	17,37	17	80,07
RG R4	25,58	10	25,58	6	4,67	6	6,46	14	4,67	24	30,17
RG R5	37,29	9	37,29	3	4,3	10	6,16	18	4,3	40	46,01
RG R6	8,25	27	8,25	7	16,94	3	2,8	34	16,94	11	47,43
RG R7	22,32	7	22,32	2	2,44	8	3,35	10	2,44	26	16,35

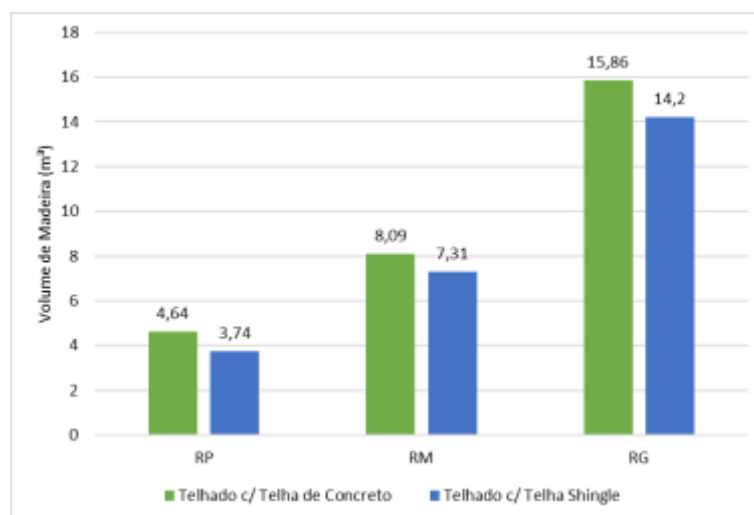
Tabela 14: Quantitativo de materiais em madeira para inclinação de 35%.
Fonte: Autoria própria.

Telhado c/ Inclinação de 70%											
REGIÕES DE TELHADOS	Medida Linear de Tesoura c/ Telha Shingle (m)	Quantidade de Peças (un.)	Medida Linear de Tesoura c/ Telha de Concreto (m)	Quantidade de Peças (un.)	Medida Linear p/ Terças (m)	Quantidade de Peças (un.)	Medida Linear p/ Caibros (m)	Quantidade de Peças (un.)	Medida Linear p/ Ripas (m)	Quantidade de Peças (un.)	Área Total das Águas das Regiões (m ²)
RP R1	38,51	9	38,51	3	5,9	12	4,76	28	5,9	42	65,25
RP R2	28,91	11	28,91	3	6,35	10	4,15	38	6,35	36	62,48
RM R1	50,38	11	50,38	3	7	14	6,26	28	7	46	86,38
RM R2	55,82	15	55,82	4	9,35	14	7,15	38	9,35	54	133,51
RGR1	87,89	8	87,89	3	4,2	14	8,51	18	4,2	64	71,48
RGR2	41,03	8	41,03	3	3,75	10	5,1	16	3,75	38	38,18
RGR3	18,48	38	18,48	7	17,37	5	4,77	35	17,37	18	82,85
RGR4	28,58	10	28,58	6	4,67	6	6,69	14	4,67	25	31,24
RGR5	57,58	9	57,58	3	4,3	12	6,16	18	4,3	46	52,97
RGR6	8,37	27	8,37	7	16,94	3	2,84	34	16,94	11	47,94
RGR7	28,51	7	28,51	2	2,44	8	4,09	10	2,44	30	19,96

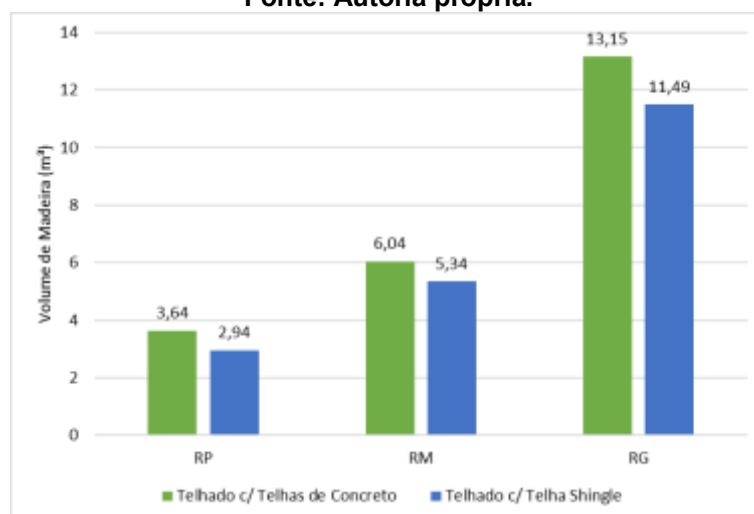
Tabela 15: Quantitativo de materiais em madeira para inclinação de 70%.
Fonte: Autoria própria.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

A partir das primeiras hipóteses, se torna possível confirmar a redução do consumo de madeira nas residências estudadas quando é utilizado o modelo de telha *shingle*, como mostram as Tabelas 16 e 17.



**Tabela 16: Consumo de madeira para inclinação de 35%.
Fonte: Autoria própria.**



**Tabela 17: Consumo de madeira para inclinação de 70%.
Fonte: Autoria própria.**

Na residência pequena notou-se uma redução de 19,23% no consumo de madeira global para inclinação de 35% e uma redução de 19,40% para a inclinação de 70%.

Para a residência média, a redução foi de 11,59% para a inclinação de 35% e uma redução de 9,64% para inclinação de 70%.

Por fim, para a residência grande, a redução do volume de madeira foi de 12,62% para inclinação de 35% e uma redução de 10,47% para inclinação de 70%.

A menor redução percentual atribuída a residência média, se deve ao fato de que esta contém as maiores dimensões perpendiculares a orientação das tesouras, este estudo mostrou que há uma tendencia de que quanto maiores são essas dimensões, maiores são os consumos de madeira em sistemas com telha *shingle*, gerando então uma menor economia de madeira comparado com o telhado projetado com telhas de concreto, como mostra as Tabelas 18 e 19.

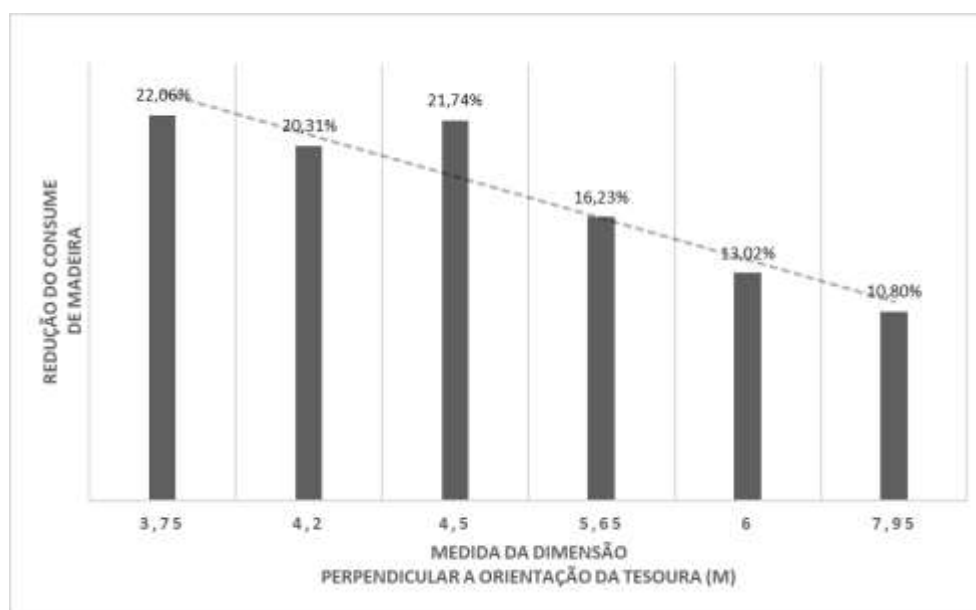


Tabela 19: Redução do consumo de madeira para inclinação de 35%, utilizando a telha *shingle*.
Fonte: Autoria própria.

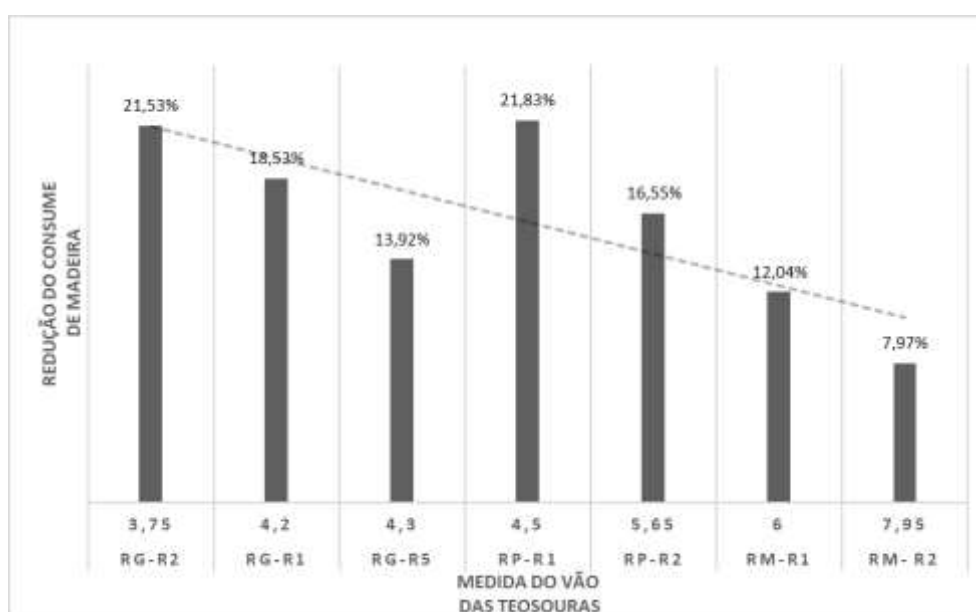


Tabela 18: Redução do consumo de madeira para inclinação de 70%, utilizando a telha *shingle*.
Fonte: Autoria própria.

Logo, a utilização do sistema com telhas *shingle* gera reduções maiores no consumo de madeira quando a residência contem dimensões pequenas, favorecendo a utilização deste método em residências pequenas ou até mesmo populares.

Ao gerar as equações das linhas de tendência pode-se estimar a maior dimensão possível onde ocorra a igualdade de consumos de madeiras, sendo 13,78m para a inclinação de 35% e 12,82m para inclinações de 70%.

Com os quantitativos de materiais presentes nas Tabelas 14 e 15, foi possível fazer o levantamento das cargas geradas em cada região de estudo, sendo estas transmitidas para o restante da estrutura, como mostra a Tabela 20 e 21.

Pesos e Cargas p/ Telhado com i=35%

Residência	Peso Total p/ Telhado com Telha Shingle (t)	Peso Total p/ Telhado com Telha de Concreto (t)	Carga Total p/ Telhado c/ Telha Shingle (kN)	Carga Total p/ Telhado c/ Telha de Concreto (kN)
RP	2,83	7,09	27,75	69,49
RM	3,34	8,15	32,71	79,91
RG	5,07	12,11	49,71	118,63

**Tabela 21: Cargas de peso próprio da estrutura do telhado para inclinação de 35%.
Fonte: Autoria própria.**

Pesos e Cargas p/ Telhado com i=70%

Residência	Peso Total p/ Telhado com Telha Shingle (t)	Peso Total p/ Telhado com Telha de Concreto (t)	Carga Total p/ Telhado c/ Telha Shingle (kN)	Carga Total p/ Telhado c/ Telha de Concreto (kN)
RP	3,50	8,43	34,30	82,61
RM	4,32	9,86	42,35	96,62
RG	6,64	14,58	65,07	142,87

**Tabela 20: Cargas de peso próprio da estrutura do telhado para inclinação de 70%.
Fonte: Autoria própria.**

Para telhados projetados com telhas *shingle* com inclinação de 35% a média da redução de carregamentos foi de 59,08%. Para os telhados com inclinação de 70%, esta redução média foi de 56,37%

Partindo para a análise econômica, após a quantificação das peças para ambos os métodos construtivos feita no item 3.5., foi possível obter o orçamento final para cada projeto estudado, tais dados estão presentes nas Tabelas 22 e 23, sendo o termo “C/S”, a diminuição, em porcentagem, do valor por m² do telhado devido a troca da telha shingle para a telha de concreto.

TOTAL	Telhado c/ telha Shingle	Telhado c/ Telha de Concreto	R\$/m ² p/ Telha Shingle	R\$/m ² p/ Telha de Concreto	C/S
RP	25.715,02	21.205,03	349,77	288,43	17,54%
RM	45.644,19	34.747,88	340,35	259,10	23,87%
RG	87.329,76	80.455,97	355,29	327,32	7,87%

**Tabela 22: Resultado orçamentário para i=35%.
Fonte: Autoria própria.**

TOTAL	Telhado c/ telha Shingle	Telhado c/ Telha de Concreto	R\$/m ² p/ Telha Shingle	R\$/m ² p/ Telha de Concreto	C/S
RP	31.854,82	26.531,99	433,28	360,88	16,71%
RM	58.626,31	47.162,44	437,15	351,67	19,55%
RG	106.530,09	99.198,81	433,40	403,58	6,88%

**Tabela 23: Resultado orçamentário para i=70%.
Fonte: Autoria própria.**

Para os valores atuais de mercado, uma cobertura executada com telhas de concreto se torna mais viável economicamente, com uma redução média de 16,42% para inclinações de 35% e redução de 14,38% para telhados com inclinação de 70%.

Ao analisar os dados percebe-se que a residência média tem um valor de R\$/m² menor que as outras áreas estudadas, isso se deve ao fato desta residência ter dimensões favoráveis para o sistema com telhas de concreto, permitindo assim que os espaçamentos entre tesouras fiquem mais próximos dos recomendados em relação as demais áreas estudadas.

Ao analisar os custos referentes apenas as peças de madeira, percebe-se que o sistema com placas OSB gera um menor custo para residências com dimensões menores, como é o caso da residência pequena e grande, o resultado é mostrado na Tabela 24.

Valor total p/ Madeiras		
Residência	Telhado c/ Telha Shingle (R\$)	Telhado c Telha de Concreto (R\$)
RP	16.805,86	17.755,68
RM	30.235,61	28.782,15
RG	62.348,77	70.784,10

**Tabela 24: Comparação de preços entre peças de madeira.
Fonte: Autoria própria.**

Logo, a grande diferença orçamentaria final é impactada diretamente pelo elevado preço da telha *shingle*, pois este sistema de cobertura é relativamente novo no Brasil, junto com o fato de que ainda não é largamente utilizado, gerando assim um valor de mercado pouco competitivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível concluir que o sistema de cobertura com telhas *shingle* gera economia no volume de madeira em relação ao sistema tradicional de cobertura com telhas de concreto. Pois este primeiro sistema citado, substitui as peças de terças, caibros e ripas, por placas OSB e tesouras com seções menores.

A análise detalhada das áreas de estudo mostrou uma situação inusitada, onde a redução do consumo de madeira foi menor na residência média, devido as dimensões maiores na direção perpendiculares a orientação das tesouras, embora não tenha causado um maior consumo de madeira, esta análise ajudou a demonstrar que para dimensões grandes, o sistema *shingle* pode consumir até mais madeira que a cobertura com telhas de concreto.

Em relação a redução de carga transmitidas para o restante da estrutura, foi possível estimar uma redução significativa quando utilizado o sistema de cobertura com telhas *shingle*.

Embora tenha sido possível confirmar a hipótese inicial de que a utilização de telhas *shingle* geram uma redução no consumo de madeira, devido a troca das peças estruturais, isso não é suficiente para tornar este sistema de cobertura economicamente viável, levando somente em consideração os materiais, pois seus componentes não tem um valor de mercado capaz de concorrer com os valores médios das telhas de concreto.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

De maneira a trazer uma análise mais completa de caso, cabe um estudo levando em consideração o valor da mão de obra e tempo de execução, e também um comparativo entre os carregamentos gerados por uma cobertura com telhas *shingle* e um sistema de cobertura com telhas de concreto, e os seus impactos na redução das seções dos elementos estruturais em concreto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13858-1: Telhados de concreto – Parte 1: Projeto e execução de telhados. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT – ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13858-2**: Telhados de concreto – Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT – ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5**: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT – ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

ABNT – ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

BALLARIN, Adriano Wagner. **Notas de Aula**: Aula 5 – Tesouras de Madeira. 2006.

CALIL JR, Carlito; MOLINA, Júlio Cesar. Coberturas em estruturas de madeira: exemplos de cálculo. São Paulo, Pini, 2010.

CARDOSO, Francisco Ferreira. Coberturas em telhados – Notas de aula. São Paulo, 2000.

CRUZ, Isabela. Notas de Aula Curso Construções de Madeira. Salvador: UCSal – Universidade Católica do Salvador, 2003.

DE MILITO, José Antônio. TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Anotações de aula 6. São Paulo, 2004.

FACHIN, Odília. Fundamentos de metodologia. 5. ed. [ver.] São Paulo: Saraiva, 2006.

Fernandes, Idário D. Telhas de concreto – Produção e Controle de Qualidade. São Paulo – SP, 112p, 2012.

GESUALDO, Francisco A. Romero. **Notas de Aula de Estruturas de Madeira**. Uberlândia: Faculdade de Engenharia Civil, 2003. 93 p.

GRUPO AE – Arquitetura e Engenharia. Londrina, 2013. Disponível em: <<https://www.aegrupo.com.br/single-post/estacas-de-madeira>>. Acesso em: 2 Mai 2022

GUIA DA ENGENHARIA. Teresina, 2019. Disponível em: <<https://www.guiadaengenharia.com/dimensionamento-madeira-esforcos/>>. Acesso em: 4 Mai 2022

IPT – INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS. São Paulo, 1983.

LEROY MERLIN. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://www.leroymerlin.com.br>>. Acesso em: 14 Abr. 2022.

LOGSDON, Norman Barros – Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997. Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT. 2002.

MAPA DA OBRA. São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/negocios/telhas-de-concreto-sao-opcao-agil-e-eficiente/?doing_wp_cron=1656714622.2289600372314453125000>. Acesso em: 13 Abr 2022.

MOLITERNO, Antônio. Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira. 4. Ed. São Paulo: Blucher, 2010.

NAHUZ, Augusto Rabelo. Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil. São Paulo: IPT, 2013.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Estruturas de aço, concreto e madeira**: atendimento da expectativa dimensional. São Paulo, Zigurate Editora, 2005.

STIGLER, G. J. The nature and role of originality in scientific progress. *Econômica*, v. 22, n. 88, p. 293-302, nov. 1955.

TC SHINGLE DO BRASIL. São Paulo, 2004. Disponível em: <<https://www.tcshingle.com.br>>. Acesso em: 27 Nov. 2021.

TÉGULA. Catálogo de Produtos. Disponível em: <<https://www.tegula.com.br/2020/wpcontent/uploads/2020/02/catalogodeprodutos.pdf>>. Acesso em: 12 Out 2021.

TORA TORA MADEIRAS. Jundiaí, 2019. Disponível em: <<https://www.toratoramadeiras.com.br/tabua-caixaria.html>>. Acesso em: 4 Mai 2022

VIAPOL. Ficha técnica de produto. 2020. Disponível em: <<http://www.viapol.com.br/media/462055/ft-hexagonal.pdf>>. Acesso em: 12 Out 2021.

YAZIGI, W. A Técnica de Edificar. São Paulo, Editora Pini – SindusCon-SP, 1998.

APÊNDICE A: RESIDÊNCIA PEQUENA

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-5,615	-10,31	19,63	-1,52	-21,26	5,25	-23,39	-23,39	5,25
	BC	-4,615	-8,24	16,17	-1,51	-17,17	4,59	-19,29	-19,29	4,59
	CD	-3,563	-6,18	12,72	-1,51	-13,02	3,97	-15,14	-15,14	3,97
	DE	-3,563	-6,18	12,72	-1,51	-13,02	3,97	-15,14	-15,14	3,97
	EF	-4,616	-8,24	16,17	-1,52	-17,17	4,58	-19,30	-19,30	4,58
	FG	-5,619	-10,31	19,64	-1,52	-21,27	5,25	-23,40	-23,40	5,25
BANZO INFERIOR	AH	5,291	9,73	-18,13	1,43	20,06	-4,54	22,06	-4,54	22,06
	HI	5,291	9,73	-18,13	1,43	20,06	-4,54	22,06	-4,54	22,06
	IJ	4,344	7,77	-13,95	1,43	16,18	-2,97	18,18	-2,97	18,18
	JK	4,345	7,77	-13,96	1,43	16,18	-2,98	18,19	-2,98	18,19
	KL	5,295	9,74	-18,14	1,43	20,08	-4,54	22,08	-4,54	22,08
	LG	5,295	9,74	-18,14	1,43	20,08	-4,54	22,08	-4,54	22,08

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-1,224	-0,424	3,963	-1,52	-2,26	2,64	-4,39	-4,39	2,64
	BC	-1,001	-0,339	3,264	-1,51	-1,84	2,19	-3,96	-3,96	2,19
	CD	-0,76	-0,254	2,569	-1,51	-1,39	1,76	-3,51	-3,51	1,76
	DE	-0,76	-0,254	2,569	-1,51	-1,39	1,76	-3,51	-3,51	1,76
	EF	-1,001	-0,339	3,265	-1,52	-1,84	2,19	-3,97	-3,97	2,19
	FG	-1,224	-0,425	3,965	-1,52	-2,27	2,64	-4,39	-4,39	2,64
BANZO INFERIOR	AH	1,152	0,401	-3,661	1,43	2,13	-2,41	4,14	-2,41	4,14
	HI	1,152	0,401	-3,661	1,43	2,13	-2,41	4,14	-2,41	4,14
	IJ	0,94	0,32	-2,818	1,43	1,73	-1,79	3,73	-1,79	3,73
	JK	0,94	0,32	-2,819	1,43	1,73	-1,79	3,73	-1,79	3,73
	KL	1,152	0,401	-3,663	1,43	2,13	-2,41	4,14	-2,41	4,14
	LG	1,152	0,401	-3,663	1,43	2,13	-2,41	4,14	-2,41	4,14

Tabela 25: Carregamentos região 1 $i=35\%$.
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-5,42	-9,31	17,73	-1,5	-19,69	4,43	-21,79	-21,79	4,43
	BC	-4,497	-7,51	14,75	-1,51	-16,06	3,93	-18,17	-18,17	3,93
	CD	-3,461	-5,63	11,59	-1,51	-12,16	3,42	-14,28	-14,28	3,42
	DE	-3,461	-5,63	11,59	-1,51	-12,16	3,42	-14,28	-14,28	3,42
	EF	-4,497	-7,51	14,75	-1,51	-16,06	3,93	-18,17	-18,17	3,93
	FG	-5,42	-9,31	17,73	-1,5	-19,69	4,43	-21,79	-21,79	4,43
BANZO INFERIOR	AH	5,098	8,78	-16,35	1,41	18,55	-3,80	20,53	-3,80	20,53
	HI	5,098	8,78	-16,35	1,41	18,55	-3,80	20,53	-3,80	20,53
	IJ	4,236	7,01	-12,74	1,43	15,04	-2,55	17,05	-2,55	17,05
	JK	4,236	7,01	-12,74	1,43	15,04	-2,55	17,05	-2,55	17,05
	KL	5,098	8,78	-16,35	1,41	18,55	-3,80	20,53	-3,80	20,53
	LG	5,098	8,78	-16,35	1,41	18,55	-3,80	20,53	-3,80	20,53

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-1,252	-0,472	4,41	-1,5	-2,37	3,03	-4,47	-4,47	3,03
	BC	-1,036	-0,381	3,67	-1,51	-1,95	2,54	-4,06	-4,06	2,54
	CD	-0,787	-0,285	2,89	-1,51	-1,47	2,04	-3,59	-3,59	2,04
	DE	-0,787	-0,285	2,89	-1,51	-1,47	2,04	-3,59	-3,59	2,04
	EF	-1,036	-0,381	3,67	-1,51	-1,95	2,54	-4,06	-4,06	2,54
	FG	-2,252	-0,472	4,41	-1,5	-3,77	2,13	-5,87	-5,87	2,13
BANZO INFERIOR	AH	1,176	0,445	-4,07	1,41	2,22	-2,77	4,20	-2,77	4,20
	HI	1,177	0,445	-4,07	1,41	2,23	-2,77	4,20	-2,77	4,20
	IJ	0,975	0,36	-3,731	1,43	1,83	-2,09	3,84	-2,09	3,84
	JK	0,975	0,36	-3,731	1,43	1,83	-2,68	3,84	-2,68	3,84
	KL	1,177	0,445	-4,07	1,41	2,23	-2,77	4,20	-2,77	4,20
	LG	1,176	0,445	-4,07	1,41	2,22	-2,77	4,20	-2,77	4,20

Tabela 26: Carregamentos região 2 $i=35\%$.
Fonte: Autoria própria.

Dimensionamento das Tesouras Área 1			
Propriedades Mecânicas da Madeira			
Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)
59,8	75,5	8,8	12912

Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k
41,86	52,85	4,752

Valores Característicos			
fc	fcn	ywc	yw(t,v)
		1,4	1,8

Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod
0,7	1	0,8	0,56

Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d
7230,72	16,744	16,44222	1,4784

Dimensionamento das Tesouras Área 1	
Dimensionamento Bruto (cm)	
70	150

Condições de Segurança Banzo Inferior	
$\sigma_{td} \leq F_{td}$	
Ftd (MPa)	16,44222
σtd (MPa)	1,954781
	1

Condições de Segurança Banzo Superior Área 1			
Definição do índice de Esbeltez			
L01	1376	L02	1376
lmin 1	43,30127	lmin 2	20,20726
λ_1	31,77736	λ_2	68,09434

Ea	
	0,458667

Condição de Segurança quanto a Flexocompressão	
$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{c0,d}} \leq 1$	

E1 (cm)	
	0,458667

Fe (N)	
	161438,9
Fe (kN)	161,4389

Ed (cm)	
	0,525475

Md (kN.cm)	
	10,78548
Md (N.m)	107854,8

Verificação		
X	0,15	0
Logo, Passa na Verificação		

Dimensionamento das Tesouras Área 2			
Propriedades Mecânicas da Madeira			
Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)
59,8	75,5	8,8	12912

Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k
41,86	52,85	4,752

Valores Característicos			
fc	fcn	ywc	yw(t,v)
		1,4	1,8

Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod
0,7	1	0,8	0,56

Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d
7230,72	16,744	16,44222	1,4784

Dimensionamento das Tesouras Área 1	
Dimensionamento Bruto (cm)	
70	150

Condições de Segurança Banzo Inferior	
$\sigma_{td} \leq F_{td}$	
Ftd (MPa)	16,44222
σtd (MPa)	2,102571
	1

Condições de Segurança Banzo Superior Área 1			
Definição do índice de Esbeltez			
L01	1200	L02	1200
lmin 1	43,30127	lmin 2	20,20726
λ_1	27,71281	λ_2	59,3846

Ea	
	0,4

Condição de Segurança quanto a Flexocompressão	
$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{c0,d}} \leq 1$	

E1 (cm)	
	0,4

Fe (N)	
	212267
Fe (kN)	212,267

Ed (cm)	
	0,4

Md (kN.cm)	
	8,8308
Md (N.m)	88308

Verificação		
X	0,15	0
Logo, Passa na Verificação		

Tabela 27: Dimensionamento Telha Concreto i=35%.
Fonte: Autoria própria.

Dimensionamento das Tesouras Área 1				Dimensionamento das Tesouras Área 2			
Propriedades Mecânicas da Madeira				Propriedades Mecânicas da Madeira			
Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)	Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)
59,8	75,5	8,8	12912	59,8	75,5	8,8	12912
Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k		Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k	
41,86	52,85	4,752		41,86	52,85	4,752	
Valores Característicos				Valores Característicos			
fc	fcn	ywc	yw(t,v)	fc	fcn	ywc	yw(t,v)
		1,4	1,8			1,4	1,8
Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod	Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod
0,7	1	0,8	0,56	0,7	1	0,8	0,56
Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d	Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d
7230,72	16,744	16,44222	1,4784	7230,72	16,744	16,44222	1,4784
Dimensionamento das Tesouras Área 1				Dimensionamento das Tesouras Área 1			
Dimensionamento Bruto (cm)		50	70	Dimensionamento Bruto (cm)		50	70
Condições de Segurança Banzo Inferior				Condições de Segurança Banzo Inferior			
$\sigma_{td} \leq F_{td}$				$\sigma_{td} \leq F_{td}$			
Ftd (MPa)	16,44222			Ftd (MPa)	16,44222		
σtd (MPa)	1,199686	1		σtd (MPa)	1,181743	1	
Condições de Segurança Banzo Superior Área 1				Condições de Segurança Banzo Superior Área 1			
Definição do índice de Esbeltez				Definição do índice de Esbeltez			
L01	1376	L02	1376	L01	1200	L02	1200
lmin 1	20,20726	lmin 2	14,43376	lmin 1	20,20726	lmin 2	14,43376
λ_1	68,09434	λ_2	95,33208	λ_1	59,3846	λ_2	83,13844
Ea	0,458667	Ea	0,4				
Condição de Segurança quanto a Flexocompressão				Condição de Segurança quanto a Flexocompressão			
$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd,d}} \leq 1$				$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd,d}} \leq 1$			
E1 (cm)	2	E1 (cm)	0,4				
Fe (N)	27455,59	Fe (N)	36099,83				
Fe (kN)	27,45559	Fe (kN)	36,09983				
Ed (cm)	2,361092	Ed (cm)	0,45176				
Md (kN.cm)	9,913988	Md (kN.cm)	1,868524				
Md (N.m)	99139,88	Md (N.m)	18685,24				
Verificação				Verificação			
X	0,12	0		X	0,08	0	
Logo, Passa na Verificação				Logo, Passa na Verificação			

Tabela 28: Dimensionamento Telha Shingle i=35%
Fonte: Autoria própria.

TELA CONCRETO																
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS						COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS						COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO		
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	VENTO V-02 (kN)	VENTO V-03 (kN)	VENTO V-04 (kN)	SOBRREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + V-02 (kN)	PERM + V-03 (kN)	PERM + V-04 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-4,434	-6,555	14,440				-0,872	-14,73	4,62	-10,55	-14,73	-10,55	-15,95	-15,95	4,62
	BC	-3,928	-5,618	12,883				-0,872	-12,80	4,37	-9,15	-12,80	-9,15	-14,02	-14,02	4,37
	CD	-3,363	-4,682	11,325				-0,872	-10,79	4,18	-7,71	-10,79	-7,71	-12,02	-12,02	4,18
	DE	-2,749	-3,746	9,768				-0,872	-8,72	4,04	-6,22	-8,72	-6,22	-9,94	-9,94	4,04
	EF	-2,749	-3,746	9,768				-0,872	-8,72	4,04	-6,22	-8,72	-6,22	-9,94	-9,94	4,04
	FG	-3,363	-4,682	11,325				-0,872	-10,79	4,18	-7,71	-10,79	-7,71	-12,02	-12,02	4,18
	GH	-3,928	-5,618	12,883				-0,872	-12,80	4,37	-9,15	-12,80	-9,15	-14,02	-14,02	4,37
BANZO INFERIOR	HI	-4,434	-6,555	14,440				-0,872	-14,73	4,62	-10,55	-14,73	-10,55	-15,95	-15,95	4,62
	AJ	3,617	5,370	-11,463				0,734	12,04	-3,41	8,63	12,04	8,63	13,04	-3,41	13,04
	JK	3,617	5,370	-11,463				0,734	12,04	-3,41	8,63	12,04	8,63	13,04	-3,41	13,04
	KL	3,201	4,603	-9,359				0,734	10,47	-2,34	7,48	10,47	7,48	11,46	-2,34	11,46
	LM	2,739	3,836	-7,255				0,734	8,82	-1,32	6,30	8,82	6,30	9,82	-1,32	9,82
	MN	2,739	3,836	-7,255				0,734	8,82	-1,32	6,30	8,82	6,30	9,82	-1,32	9,82
	NO	3,201	4,603	-9,359				0,734	10,47	-2,34	7,48	10,47	7,48	11,46	-2,34	11,46
OP	3,617	5,370	-11,463				0,734	12,04	-3,41	8,63	12,04	8,63	13,04	-3,41	13,04	
PI	3,617	5,370	-11,463				0,734	12,04	-3,41	8,63	12,04	8,63	13,04	-3,41	13,04	

TELA CONCRETO																
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS						COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS						COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO		
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	VENTO V-02 (kN)	VENTO V-03 (kN)	VENTO V-04 (kN)	SOBRREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + V-02 (kN)	PERM + V-03 (kN)	PERM + V-04 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-1,055	-0,336	3,595				-0,872	-1,91	2,49	-1,29	-1,91	-1,29	-3,13	-3,13	2,49
	BC	-0,940	-0,288	3,207				-0,872	-1,69	2,23	-1,13	-1,69	-1,13	-2,91	-2,91	2,23
	CD	-0,806	-0,240	2,819				-0,872	-1,44	1,99	-0,97	-1,44	-0,97	-2,66	-2,66	1,99
	DE	-0,655	-0,192	2,431				-0,872	-1,17	1,77	-0,78	-1,17	-0,78	-2,39	-2,39	1,77
	EF	-0,655	-0,192	2,431				-0,872	-1,17	1,77	-0,78	-1,17	-0,78	-2,39	-2,39	1,77
	FG	-0,806	-0,240	2,819				-0,872	-1,44	1,99	-0,97	-1,44	-0,97	-2,66	-2,66	1,99
	GH	-0,940	-0,288	3,207				-0,872	-1,69	2,23	-1,13	-1,69	-1,13	-2,91	-2,91	2,23
BANZO INFERIOR	HI	-1,055	-0,336	3,595				-0,872	-1,91	2,49	-1,29	-1,91	-1,29	-3,13	-3,13	2,49
	AJ	0,859	0,275	-2,854				0,734	1,56	-1,95	1,05	1,56	1,05	2,56	-1,95	2,56
	JK	0,859	0,275	-2,854				0,734	1,56	-1,95	1,05	1,56	1,05	2,56	-1,95	2,56
	KL	0,764	0,236	-2,330				0,734	1,38	-1,52	0,92	1,38	0,92	2,38	-1,52	2,38
	LM	0,655	0,196	-1,807				0,734	1,17	-1,11	0,73	1,17	0,73	2,17	-1,11	2,17
	MN	0,655	0,196	-1,807				0,734	1,17	-1,11	0,73	1,17	0,73	2,17	-1,11	2,17
	NO	0,764	0,236	-2,330				0,734	1,38	-1,52	0,92	1,38	0,92	2,38	-1,52	2,38
OP	0,859	0,275	-2,854				0,734	1,56	-1,95	1,05	1,56	1,05	2,56	-1,95	2,56	
PI	0,859	0,275	-2,854				0,734	1,18	-1,19	0,81	1,18	0,81	2,18	-1,19	2,18	

Tabela 30: Carregamentos região 1 i=70%.
Fonte: Autoria própria.

TELA CONCRETO																
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS						COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS						COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO		
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	VENTO V-02 (kN)	VENTO V-03 (kN)	VENTO V-04 (kN)	SOBRREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + V-02 (kN)	PERM + V-03 (kN)	PERM + V-04 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-3,783	-6,870	11,398				-0,872	-14,23	1,69	-10,27	-14,23	-10,27	-15,45	-15,45	1,69
	BC	-3,143	-5,507	9,693				-0,872	-11,56	1,84	-8,34	-11,56	-8,34	-12,78	-12,78	1,84
	CD	-2,438	-4,135	7,971				-0,872	-8,79	2,04	-6,31	-8,79	-6,31	-10,01	-10,01	2,04
	DE	-2,437	-4,135	7,971				-0,872	-8,79	2,04	-6,33	-8,79	-6,33	-10,01	-10,01	2,04
	EF	-3,141	-5,522	9,725				-0,872	-11,58	1,86	-8,35	-11,58	-8,35	-12,80	-12,80	1,86
	FG	-3,741	-6,766	11,183				-0,872	-14,03	1,61	-10,13	-14,03	-10,13	-15,25	-15,25	1,61
	GH	-3,141	-5,522	9,725				-0,872	-11,58	1,86	-8,35	-11,58	-8,35	-12,80	-12,80	1,86
BANZO INFERIOR	HI	-3,783	-6,870	11,398				-0,872	-14,23	1,69	-10,27	-14,23	-10,27	-15,45	-15,45	1,69
	AJ	3,081	5,628	-8,943				0,734	11,63	-0,99	8,40	11,63	8,40	12,63	-0,99	12,63
	JK	3,081	5,628	-8,943				0,734	11,63	-0,99	8,40	11,63	8,40	12,63	-0,99	12,63
	KL	2,555	4,511	-6,640				0,734	9,44	-0,36	6,81	9,44	6,81	10,44	-0,36	10,44
	LM	2,556	4,528	-6,666				0,734	9,86	-0,17	6,82	9,86	6,82	10,46	-0,17	10,46
	NO	3,081	5,628	-8,943				0,734	11,63	-0,99	8,40	11,63	8,40	12,63	-0,99	12,63
	OP	3,081	5,628	-8,943				0,734	11,63	-0,99	8,40	11,63	8,40	12,63	-0,99	12,63
PI	3,081	5,628	-8,943				0,734	11,63	-0,99	8,40	11,63	8,40	12,63	-0,99	12,63	

TELA CONCRETO																
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS						COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS						COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO		
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	VENTO V-02 (kN)	VENTO V-03 (kN)	VENTO V-04 (kN)	SOBRREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + V-02 (kN)	PERM + V-03 (kN)	PERM + V-04 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-0,849	-0,286	2,302				-0,872	-1,56	1,37	-1,05	-1,56	-1,05	-2,76	-2,76	-
	BC	-0,706	-0,229	1,957				-0,872	-1,29	1,19	-0,86	-1,29	-0,86	-2,51	-2,51	-
	CD	-0,542	-0,172	1,610				-0,872	-0,98	1,03	-0,66	-0,98	-0,66	-2,20	-2,20	-
	DE	-0,542	-0,172	1,610				-0,872	-0,98	1,03	-0,66	-0,98	-0,66	-2,20	-2,20	-
	EF	-0,704	-0,229	1,964				-0,872	-1,28	1,20	-0,86	-1,28	-0,86	-2,50	-2,50	-
	FG	-0,840	-0,281	2,358				-0,872	-1,54	1,33	-1,04	-1,54	-1,04	-2,76	-2,76	-
	GH	-0,849	-0,286	2,302				-0,872	-1,56	1,37	-1,05	-1,56	-1,05	-2,76	-2,76	-
BANZO INFERIOR	AJ	0,689	0,244	-1,806				0,734	1,27	-1,04	0,85	1,27	0,85	2,27	-	2,27
	JK	0,689	0,244	-1,806				0,734	1,27	-1,04	0,85	1,27	0,85	2,27	-	2,27
	IL	0,572	0,187	-1,341				0,734	1,04	-0,71	0,70	1,04	0,70	2,04	-	2,04
	JL	0,571	0,188	-1,346				0,734	1,04	-0,71	0,70	1,04	0,70	2,04	-	2,04
	KL	0,571	0,188	-1,346				0,734	1,04	-0,71	0,70	1,04	0,70	2,04	-	2,04
	LM	0,681	0,230	-1,770				0,734	1,25	-1,03	0,84	1,25	0,84	2,25	-	2,25
	LN	0,681	0,230	-1,770				0,734	1,25	-1,03	0,84	1,25	0,84	2,25	-	2,25

Tabela 29: Carregamentos região 2 i=70%.
Fonte: Autoria própria.

Dimensionamento das Tesouras Área 1			
Propriedades Mecânicas da Madeira			
Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)
59,8	75,5	8,8	12912

Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k
41,86	52,85	4,752

Valores Característicos			
fc	fcn	ywc	yw(t,v)
		1,4	1,8

Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod
0,7	1	0,8	0,56

Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d
7230,72	16,744	16,442222	1,4784

Dimensionamento das Tesouras Área 1	
Dimensionamento Bruto (cm)	
70	150

Condições de Segurança Banzo Inferior	
$\sigma_{td} \leq F_{td}$	
Ftd (MPa)	16,44222
σ_{td} (MPa)	1,242324

Condições de Segurança Banzo Superior Área 1			
Definição do índice de Esbeltez			
L01	1190	L02	1190
lmin 1	43,30127	lmin 2	20,20726
λ_1	27,48187	λ_2	58,88973

Ea	0,396667
----	----------

Condição de Segurança quanto a Flexocompressão	
$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{c0,d}} \leq 1$	

E1 (cm)	0,396667
---------	----------

Fe (N)	215849,5
Fe (kN)	215,8495

Ed (cm)	0,42218
---------	---------

Md (kN.cm)	5,507088
Md (N.m)	55070,88

Verificação	
X	0,09

Logo, Passa na Verificação

Dimensionamento das Tesouras Área 2			
Propriedades Mecânicas da Madeira			
Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)
59,8	75,5	8,8	12912

Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k
41,86	52,85	4,752

Valores Característicos			
fc	fcn	ywc	yw(t,v)
		1,4	1,8

Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod
0,7	1	0,8	0,56

Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d
7230,72	16,744	16,442222	1,4784

Dimensionamento das Tesouras Área 1	
Dimensionamento Bruto (cm)	
70	150

Condições de Segurança Banzo Inferior	
$\sigma_{td} \leq F_{td}$	
Ftd (MPa)	16,44222
σ_{td} (MPa)	1,2028

Condições de Segurança Banzo Superior Área 1			
Definição do índice de Esbeltez			
L01	1380	L02	1380
lmin 1	43,30127	lmin 2	20,20726
λ_1	31,86973	λ_2	68,29229

Ea	0,46
----	------

Condição de Segurança quanto a Flexocompressão	
$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{c0,d}} \leq 1$	

E1 (cm)	0,46
---------	------

Fe (N)	160504,3
Fe (kN)	160,5043

Ed (cm)	0,499287
---------	----------

Md (kN.cm)	6,305692
Md (N.m)	63056,92

Verificação	
X	0,06

Logo, Passa na Verificação

Tabela 31: Dimensionamento Telha Concreto i=70%.
Fonte: Autoria própria.

Dimensionamento das Tesouras Área 1			
Propriedades Mecânicas da Madeira			
Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)
59,8	75,5	8,8	12912

Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k
41,86	52,85	4,752

Valores Característicos			
fc	fcn	ywc	yw(t,v)
		1,4	1,8

Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod
0,7	1	0,8	0,56

Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d
7230,72	16,744	16,44222	1,4784

Dimensionamento das Tesouras Área 1	
Dimensionamento Bruto (cm)	50 70
Condições de Segurança Banzo Inferior	
$\sigma_{td} \leq F_{td}$	
Ftd (MPa)	16,44222
σtd (MPa)	#VALOR! #VALOR!

Condições de Segurança Banzo Superior Área 1			
Definição do índice de Esbeltez			
L01	1190	L02	1190
lmin 1	20,20726	lmin 2	14,43376
λ_1	58,88973	λ_2	82,44562

Ea	0,396667
----	----------

Condição de Segurança quanto a Flexocompressão	
$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{t0,d}} \leq 1$	

E1 (cm)	0,396667
---------	----------

Fe (N)	36709,1
Fe (kN)	36,7091

Ed (cm)	0,426399
---------	----------

Md (kN.cm)	1,091454
Md (N.m)	10914,54

Verificação		
X	0,05	0
Logo, Passa na Verificação		

Dimensionamento das Tesouras Área 2			
Propriedades Mecânicas da Madeira			
Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)
59,8	75,5	8,8	12912

Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k
41,86	52,85	4,752

Valores Característicos			
fc	fcn	ywc	yw(t,v)
		1,4	1,8

Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod
0,7	1	0,8	0,56

Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d
7230,72	16,744	16,44222	1,4784

Dimensionamento das Tesouras Área 1	
Dimensionamento Bruto (cm)	50 150
Condições de Segurança Banzo Inferior	
$\sigma_{td} \leq F_{td}$	
Ftd (MPa)	16,44222
σtd (MPa)	0,302453 1

Condições de Segurança Banzo Superior Área 1			
Definição do índice de Esbeltez			
L01	1380	L02	1380
lmin 1	43,30127	lmin 2	14,43376
λ_1	31,86973	λ_2	95,6092

Ea	0,46
----	------

Condição de Segurança quanto a Flexocompressão	
$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{t0,d}} \leq 1$	

E1 (cm)	0,46
---------	------

Fe (N)	58492,84
Fe (kN)	58,49284

Ed (cm)	0,478559
---------	----------

Md (kN.cm)	1,085563
Md (N.m)	10855,63

Verificação		
X	0,02	0
Logo, Passa na Verificação		

**Tabela 32: Dimensionamento Telha Shingle i=70%.
Fonte: Autoria própria.**

DIMENSIONAMENTO DA TERÇA DE PIOR SITUAÇÃO		
Levantamento de Cargas		
Peso Proprio da Terça	7,02	
Caibro	5,22	
Ripa	2,42	
Telha	48,67	
Instalação Elétrica	24,37	
Total de Cargas Permanentes	87,70	
Análise Estrutural		
Qx	50,30	
Qy	71,84	
Eixo Y		
Vmax	80,82	
Mmax	45,46	
Eixo x		
Vmax	56,59	
Mmax	31,83	
Carga Variável/Manutenção		
P (kgf)	100,00	
Qx	57,36	
Qy	81,92	
Eixo Y		
Vmax	81,92	
Mmax	46,08	
Eixo x		
Vmax	57,36	
Mmax	32,26	
combinação de ações		
Eixo Y		
Vmax	199,16	
Mmax	112,03	
Eixo x		
Vmax	139,45	
Mmax	78,44	
Verificação do Momento Fleter		
Mdy	4,38	
Mdx	8,17	
Condição de Segurança		
I	8,46	ok
II	10,36	ok

**Tabela 33: Dimensionamento terça.
Fonte: Autoria própria.**

APÊNDICE B: RESIDÊNCIA MÉDIA

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-6,983	-14,505	25,128	-1,468	-28,63	5,59	-30,69	-30,69	5,59
	BC	-5,930	-12,001	21,429	-1,514	-23,90	5,16	-26,02	-26,02	5,16
	CD	-4,570	-9,005	16,869	-1,515	-18,10	4,59	-20,23	-20,23	4,59
	DE	-4,570	-9,005	16,869	-1,515	-18,10	4,59	-20,23	-20,23	4,59
	EF	-5,930	-12,002	21,430	-1,514	-23,90	5,16	-26,02	-26,02	5,16
	FG	-6,983	-14,504	25,128	-1,468	-28,63	5,60	-30,69	-30,69	5,60
BANZO INFERIOR	AH	6,567	13,668	-23,678	1,383	26,96	-5,28	28,90	-5,28	28,90
	HI	6,597	13,720	-23,755	1,397	27,07	-5,29	29,03	-5,29	29,03
	IJ	5,552	11,263	-18,913	1,427	22,41	-3,60	24,41	-3,60	24,41
	JK	5,553	11,264	-18,915	1,427	22,42	-3,60	24,42	-3,60	24,42
	KL	6,597	13,720	-23,755	1,397	27,07	-5,29	29,03	-5,29	29,03
	LG	6,566	13,667	-23,677	1,383	26,96	-5,28	28,90	-5,28	28,90

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-1,441	-0,579	4,863	-1,468	-2,77	3,23	-4,83	-4,83	3,23
	BC	-1,222	-0,479	4,146	-1,514	-2,33	2,77	-4,45	-4,45	2,77
	CD	-0,93	-0,36	3,264	-1,515	-1,77	2,23	-3,89	-3,89	2,23
	DE	-0,93	-0,36	3,264	-1,515	-1,77	2,23	-3,89	-3,89	2,23
	EF	-1,222	-0,479	4,146	-1,514	-2,33	2,77	-4,45	-4,45	2,77
	FG	-1,441	-0,579	4,863	-1,468	-2,77	3,23	-4,83	-4,83	3,23
BANZO INFERIOR	AH	1,353	0,546	-4,478	1,383	2,60	-2,94	4,54	-2,94	4,54
	HI	1,359	0,548	-4,493	1,397	2,62	-2,95	4,57	-2,95	4,57
	IJ	1,142	0,45	-3,554	1,427	2,18	-2,25	4,18	-2,25	4,18
	JK	1,142	0,45	-3,555	1,427	2,18	-2,25	4,18	-2,25	4,18
	KL	1,359	0,548	-4,493	1,397	2,62	-2,95	4,57	-2,95	4,57
	LG	1,353	0,546	-4,478	1,383	2,60	-2,94	4,54	-2,94	4,54

Tabela 35: Carregamentos região 1 i=35%.
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-8,192	-9,915	28,507	-1,449	-24,36	12,64	-26,39	-26,39	12,64
	BC	-7,484	-9,077	26,019	-1,508	-22,28	11,51	-24,39	-24,39	11,51
	CD	-6,363	-7,718	22,321	-1,509	-18,94	9,99	-21,05	-21,05	9,99
	DE	-5,186	-6,283	18,600	-1,511	-15,43	8,58	-17,54	-17,54	8,58
	EF	-5,186	-6,281	18,596	-1,510	-15,43	8,58	-17,54	-17,54	8,58
	FG	-6,369	-7,726	22,337	-1,509	-18,96	10,00	-21,07	-21,07	10,00
	GH	-7,498	-9,095	26,072	-1,507	-22,32	11,53	-24,43	-24,43	11,53
	HI	-8,203	-9,930	28,557	-1,446	-24,39	12,67	-26,42	-26,42	12,67
BANZO INFERIOR	AJ	7,699	9,342	-26,342	1,364	22,92	-11,39	24,83	-11,39	24,83
	JK	7,761	9,417	-26,532	1,382	23,11	-11,46	25,04	-11,46	25,04
	KL	7,016	8,529	-22,959	1,420	20,91	-9,26	22,90	-9,26	22,90
	LM	5,977	7,272	-18,552	1,424	17,82	-6,83	19,82	-6,83	19,82
	MN	5,982	7,277	-18,563	1,424	17,83	-6,83	19,83	-6,83	19,83
	NO	7,030	8,546	-23,008	1,420	20,95	-9,29	22,94	-9,29	22,94
	OP	7,772	9,431	-26,580	1,381	23,14	-11,48	25,07	-11,48	25,07
	PI	7,711	9,355	-26,393	1,364	22,96	-11,42	24,87	-11,42	24,87

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-6,672	-3,076	28,507	-1,449	-13,34	20,85	-15,37	-15,37	20,85
	BC	-6,085	-2,754	26,019	-1,508	-12,10	19,09	-14,21	-14,21	19,09
	CD	-5,149	-2,297	22,321	-1,509	-10,19	16,51	-12,31	-12,31	16,51
	DE	-4,159	-1,840	18,600	-1,511	-8,21	13,95	-10,33	-10,33	13,95
	EF	-4,158	-1,839	18,596	-1,510	-8,21	13,94	-10,33	-10,33	13,94
	FG	-5,155	-2,299	22,337	-1,509	-10,21	16,52	-12,32	-12,32	16,52
	GH	-6,097	-2,759	26,072	-1,507	-12,12	19,13	-14,23	-14,23	19,13
	HI	-6,680	-3,083	28,557	-1,446	-13,36	20,89	-15,38	-15,38	20,89
BANZO INFERIOR	AJ	6,268	2,897	-26,342	1,364	12,54	-19,12	14,45	-19,12	14,45
	JK	6,317	2,919	-26,532	1,382	12,64	-19,25	14,57	-19,25	14,57
	KL	5,702	2,586	-22,959	1,420	11,34	-16,39	13,33	-16,39	13,33
	LM	4,835	2,163	-18,552	1,424	9,58	-12,97	11,57	-12,97	11,57
	MN	4,838	2,164	-18,563	1,424	9,59	-12,97	11,58	-12,97	11,58
	NO	5,713	2,591	-23,008	1,420	11,37	-16,43	13,35	-16,43	13,35
	OP	6,327	2,924	-26,580	1,381	12,66	-19,29	14,59	-19,29	14,59
	PI	6,277	2,902	-26,393	1,364	12,56	-19,16	14,47	-19,16	14,47

Tabela 34: Carregamentos região 2 i=35%.
Fonte: Autoria própria.

Dimensionamento das Tesouras Área 1				Dimensionamento das Tesouras Área 2			
Propriedades Mecânicas da Madeira				Propriedades Mecânicas da Madeira			
Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)	Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)
59,8	75,5	8,8	12912	59,8	75,5	8,8	12912
Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k		Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k	
41,86	52,85	4,752		41,86	52,85	4,752	
Valores Característicos				Valores Característicos			
fc	fcn	ywc	yw(t,v)	fc	fcn	ywc	yw(t,v)
		1,4	1,8			1,4	1,8
Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod	Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod
0,7	1	0,8	0,56	0,7	1	0,8	0,56
Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d	Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d
7230,72	16,744	16,442222	1,4784	7230,72	16,744	16,44222	1,4784
Dimensionamento das Tesouras Área 1				Dimensionamento das Tesouras Área 1			
Dimensionamento Bruto (cm)		70	150	Dimensionamento Bruto (cm)		70	150
Condições de Segurança Banzo Inferior				Condições de Segurança Banzo Inferior			
$\sigma_{td} \leq F_{td}$				$\sigma_{td} \leq F_{td}$			
Ftd (MPa)	16,44222			Ftd (MPa)	16,44222		
σtd (MPa)	2,764533	1		σtd (MPa)	2,184743	1	
Condições de Segurança Banzo Superior Área 1				Condições de Segurança Banzo Superior Área 1			
Definição do índice de Esbeltez				Definição do índice de Esbeltez			
L01	1590	L02	1590	L01	1390	L02	1390
lmin 1	43,30127	lmin 2	20,20726	lmin 1	43,30127	lmin 2	20,20726
λ_1	36,71948	λ_2	78,68459	λ_1	32,10067	λ_2	68,78716
Ea	0,53			Ea	0,463333		
Condição de Segurança quanto a Flexocompressão				Condição de Segurança quanto a Flexocompressão			
$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{c0,d}} \leq 1$				$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{c0,d}} \leq 1$			
E1 (cm)	0,53			E1 (cm)	0,463333		
Fe (N)	120906,8			Fe (N)	158203,2		
Fe (kN)	120,9068			Fe (kN)	158,2032		
Ed (cm)	0,697444			Ed (cm)	0,541912		
Md (kN.cm)	20,24513			Md (kN.cm)	12,43134		
Md (N.m)	202451,3			Md (N.m)	124313,4		
Verificação				Verificação			
X	0,25	0		X	0,18	0	
Logo, Passa na Verificação				Logo, Passa na Verificação			

Tabela 36: Dimensionamento Telha Concreto i=35%.
Fonte: Autoria própria.

Dimensionamento das Tesouras Área 1				Dimensionamento das Tesouras Área 2			
Propriedades Mecânicas da Madeira				Propriedades Mecânicas da Madeira			
Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)	Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)
59,8	75,5	8,8	12912	59,8	75,5	8,8	12912
Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k		Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k	
41,86	52,85	4,752		41,86	52,85	4,752	
Valores Característicos				Valores Característicos			
fc	fcn	ywc	yw(t,v)	fc	fcn	ywc	yw(t,v)
		1,4	1,8			1,4	1,8
Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod	Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod
0,7	1	0,8	0,56	0,7	1	0,8	0,56
Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d	Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d
7230,72	16,744	16,44222	1,4784	7230,72	16,744	16,44222	1,4784
Dimensionamento das Tesouras Área 1				Dimensionamento das Tesouras Área 1			
Dimensionamento Bruto (cm)		50	70	Dimensionamento Bruto (cm)		50	150
Condições de Segurança Banzo Inferior				Condições de Segurança Banzo Inferior			
$\sigma_{td} \leq F_{td}$				$\sigma_{td} \leq F_{td}$			
Ftd (MPa)	16,44222			Ftd (MPa)	16,44222		
σtd (MPa)	0,922929	1		σtd (MPa)	2,785313	1	
Condições de Segurança Banzo Superior Área 1				Condições de Segurança Banzo Superior Área 1			
Definição do índice de Esbeltez				Definição do índice de Esbeltez			
L01	1590	L02	1590	L01	1390	L02	1390
lmin 1	20,20726	lmin 2	14,43376	lmin 1	43,30127	lmin 2	14,43376
λ_1	78,68459	λ_2	110,1584	λ_1	32,10067	λ_2	96,30202
Ea	0,53	Ea	0,463333				
Condição de Segurança quanto a Flexocompressão				Condição de Segurança quanto a Flexocompressão			
$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd}} \leq 1$				$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd}} \leq 1$			
E1 (cm)	0,53	E1 (cm)	0,463333				
Fe (N)	20562,38	Fe (N)	57654,24				
Fe (kN)	20,56238	Fe (kN)	57,65424				
Ed (cm)	0,628778	Ed (cm)	0,726603				
Md (kN.cm)	2,03111	Md (kN.cm)	15,17864				
Md (N.m)	20311,1	Md (N.m)	151786,4				
Verificação				Verificação			
X	0,06	0		X	0,28	0	
Logo, Passa na Verificação				Logo, Passa na Verificação			

Tabela 37: Dimensionamento Telha Shingle i=35%.

Fonte: Autoria própria.

DIMENSIONAMENTO DA TERÇA DE PIOR SITUAÇÃO		
Levantamento de Cargas		
Peso Proprio da Terça	7,02	
Caibro	6,98	
Ripa	3,23	
Telha	65,03	
Instalação Elétrica	37,52	
Total de Cargas Permanentes	119,78	
Análise Estrutural		
Qx	39,55	
Qy	113,06	
Eixo Y		
Vmax	175,24	
Mmax	135,81	
Eixo x		
Vmax	61,30	
Mmax	47,51	
Carga Variável/Manutenção		
P (kgf)	100,00	
Qx	33,02	
Qy	94,39	
Eixo Y		
Vmax	94,39	
Mmax	73,15	
Eixo x		
Vmax	33,02	
Mmax	25,59	
combinação de ações		
Eixo Y		
Vmax	344,45	
Mmax	266,95	
Eixo x		
Vmax	120,49	
Mmax	93,38	
Verificação do Momento Fleitor		
Mdy	10,43	
Mdx	9,73	
Condição de Segurança		
I	15,29	ok
II	14,94	ok

Tabela 38: Dimensionamento terça

Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-6,582	-10,640	18,236	-0,872	-23,05	2,58	-24,27	-24,27	2,58
	BC	-6,009	-9,458	16,706	-0,872	-20,71	2,68	-21,93	-21,93	2,68
	CD	-5,382	-8,276	15,176	-0,872	-18,29	2,82	-19,51	-19,51	2,82
	DE	-4,704	-7,094	13,646	-0,872	-15,81	3,00	-17,03	-17,03	3,00
	EF	-3,981	-5,911	12,116	-0,872	-13,26	3,23	-14,48	-14,48	3,23
	FG	-3,981	-5,911	12,116	-0,872	-13,26	3,23	-14,48	-14,48	3,23
	GH	-4,704	-7,094	13,646	-0,872	-15,81	3,00	-17,03	-17,03	3,00
	HI	-5,382	-8,276	15,176	-0,872	-18,29	2,82	-19,51	-19,51	2,82
	IJ	-6,009	-9,458	16,706	-0,872	-20,71	2,68	-21,93	-21,93	2,68
	JK	-6,582	-10,640	18,236	-0,872	-23,05	2,58	-24,27	-24,27	2,58
BANZO INFERIOR	AL	5,378	8,717	-14,598	0,714	18,86	-1,77	19,86	-1,77	19,86
	LM	5,378	8,717	-14,598	0,714	18,86	-1,77	19,86	-1,77	19,86
	MN	4,907	7,749	-12,531	0,714	16,94	-0,99	17,94	-0,99	17,94
	NO	4,395	6,780	-10,465	0,714	14,97	-0,25	15,97	-0,25	15,97
	OP	3,841	5,811	-8,398	0,714	12,93	0,45	13,93	0,45	13,93
	PQ	3,841	5,811	-8,398	0,714	12,93	0,45	13,93	0,45	13,93
	QR	4,395	6,780	-10,465	0,714	14,97	-0,25	15,97	-0,25	15,97
	RS	4,907	7,749	-12,531	0,714	16,94	-0,99	17,94	-0,99	17,94
	ST	5,378	8,717	-14,598	0,714	18,86	-1,77	19,86	-1,77	19,86
	TK	5,378	8,717	-14,598	0,714	18,86	-1,77	19,86	-1,77	19,86

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-4,804	-2,181	18,236	-0,872	-9,56	12,64	-10,78	-10,78	12,64
	BC	-4,407	-1,939	16,706	-0,872	-8,69	11,64	-9,91	-9,91	11,64
	CD	-3,958	-1,697	15,176	-0,872	-7,75	10,68	-8,97	-8,97	10,68
	DE	-3,456	-1,454	13,646	-0,872	-6,73	9,76	-7,95	-7,95	9,76
	EF	-2,911	-1,212	12,116	-0,872	-5,65	8,89	-6,87	-6,87	8,89
	FG	-2,911	-1,212	12,116	-0,872	-5,65	8,89	-6,87	-6,87	8,89
	GH	-3,456	-1,454	13,646	-0,872	-6,73	9,76	-7,95	-7,95	9,76
	HI	-3,958	-1,697	15,176	-0,872	-7,75	10,68	-8,97	-8,97	10,68
	IJ	-4,407	-1,939	16,706	-0,872	-8,69	11,64	-9,91	-9,91	11,64
	JK	-4,804	-2,181	18,236	-0,872	-9,56	12,64	-10,78	-10,78	12,64
BANZO INFERIOR	AL	3,921	1,787	-14,598	0,714	7,81	-10,01	8,81	-10,01	8,81
	LM	3,921	1,787	-14,598	0,714	7,81	-10,01	8,81	-10,01	8,81
	MN	3,595	1,589	-12,531	0,714	7,10	-8,33	8,10	-8,33	8,10
	NO	3,228	1,390	-10,465	0,714	6,33	-6,69	7,33	-6,69	7,33
	OP	2,819	1,191	-8,398	0,714	5,49	-5,09	6,49	-5,09	6,49
	PQ	2,819	1,191	-8,398	0,714	5,49	-5,09	6,49	-5,09	6,49
	QR	3,228	1,390	-10,465	0,714	6,33	-6,69	7,33	-6,69	7,33
	RS	3,595	1,589	-12,531	0,714	7,10	-8,33	8,10	-8,33	8,10
	ST	3,921	1,787	-14,598	0,714	7,81	-10,01	8,81	-10,01	8,81
	TK	3,921	1,787	-14,598	0,714	7,81	-10,01	8,81	-10,01	8,81

Tabela 40: Carregamentos região 1 i=70%.
Fonte: Autoria própria.

ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-6,838	-10,675	20,330	-0,871	-23,45	4,52	-24,67	-24,67	4,52
	BC	-6,256	-9,489	18,625	-0,871	-21,09	4,44	-22,31	-22,31	4,44
	CD	-5,611	-8,303	16,920	-0,871	-18,65	4,41	-19,87	-19,87	4,41
	DE	-4,907	-7,117	15,215	-0,871	-16,12	4,44	-17,34	-17,34	4,44
	EF	-4,150	-5,930	13,509	-0,871	-13,52	4,52	-14,74	-14,74	4,52
	FG	-4,150	-5,930	13,509	-0,871	-13,52	4,52	-14,74	-14,74	4,52
	GH	-4,907	-7,117	15,215	-0,871	-16,12	4,44	-17,34	-17,34	4,44
	HI	-5,611	-8,303	16,920	-0,871	-18,65	4,41	-19,87	-19,87	4,41
	IJ	-6,256	-9,489	18,625	-0,871	-21,09	4,44	-22,31	-22,31	4,44
	JK	-6,838	-10,675	20,330	-0,871	-23,45	4,52	-24,67	-24,67	4,52
BANZO INFERIOR	AL	5,584	8,743	-16,198	0,714	19,18	-3,24	20,18	-3,24	20,18
	LM	5,584	8,743	-16,198	0,714	19,18	-3,24	20,18	-3,24	20,18
	MN	5,105	7,772	-13,895	0,714	17,25	-2,22	18,25	-2,22	18,25
	NO	4,579	6,800	-11,591	0,714	15,25	-1,25	16,25	-1,25	16,25
	OP	4,004	5,829	-9,287	0,714	13,18	-0,32	14,18	-0,32	14,18
	PQ	4,004	5,829	-9,287	0,714	13,18	-0,32	14,18	-0,32	14,18
	QR	4,579	6,800	-11,591	0,714	15,25	-1,25	16,25	-1,25	16,25
	RS	5,105	7,772	-13,895	0,714	17,25	-2,22	18,25	-2,22	18,25
	ST	5,584	8,743	-16,198	0,714	19,18	-3,24	20,18	-3,24	20,18
	TK	5,584	8,743	-16,198	0,714	19,18	-3,24	20,18	-3,24	20,18

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-5,668	-1,631	20,330	-0,871	-10,06	14,61	-11,27	-11,27	14,61
	BC	-5,198	-1,450	18,625	-0,871	-9,16	13,43	-10,38	-10,38	13,43
	CD	-4,665	-1,269	16,920	-0,871	-8,18	12,30	-9,40	-9,40	12,30
	DE	-4,074	-1,088	15,215	-0,871	-7,12	11,22	-8,34	-8,34	11,22
	EF	-3,430	-0,906	13,509	-0,871	-5,98	10,19	-7,20	-7,20	10,19
	FG	-3,430	-0,906	13,509	-0,871	-5,98	10,19	-7,20	-7,20	10,19
	GH	-4,074	-1,088	15,215	-0,871	-7,12	11,22	-8,34	-8,34	11,22
	HI	-4,665	-1,269	16,920	-0,871	-8,18	12,30	-9,40	-9,40	12,30
	IJ	-5,198	-1,450	18,625	-0,871	-9,16	13,43	-10,38	-10,38	13,43
	JK	-5,668	-1,631	20,330	-0,871	-10,08	14,60	-11,30	-11,30	14,60
BANZO INFERIOR	AL	4,625	1,336	-16,198	0,714	8,21	-11,51	9,21	-11,51	9,21
	LM	4,626	1,336	-16,198	0,714	8,21	-11,51	9,21	-11,51	9,21
	MN	4,239	1,188	-13,895	0,714	7,48	-9,59	8,48	-9,59	8,48
	NO	3,804	1,039	-11,591	0,714	6,68	-7,71	7,68	-7,71	7,68
	OP	3,322	0,891	-9,287	0,714	5,81	-5,87	6,81	-5,87	6,81
	PQ	3,322	0,891	-9,287	0,714	5,81	-5,87	6,81	-5,87	6,81
	QR	3,804	1,039	-11,591	0,714	6,68	-7,71	7,68	-7,71	7,68
	RS	4,239	1,188	-13,895	0,714	7,48	-9,59	8,48	-9,59	8,48

Tabela 39: Carregamentos região 1 i=70%.
Fonte: Autoria própria.

Dimensionamento das Tesouras Área 1			
Propriedades Mecânicas da Madeira			
Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)
59,8	75,5	8,8	12912

Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k
41,86	52,85	4,752

Valores Característicos			
fc	fcn	ywc	yw(t,v)
		1,4	1,8

Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod
0,7	1	0,8	0,56

Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d
7230,72	16,744	16,442222	1,4784

Dimensionamento das Tesouras Área 1	
Dimensionamento Bruto (cm)	70 150
Condições de Segurança Banzo Inferior	
$\sigma_{td} \leq F_{td}$	
Ftd (MPa)	16,44222
σtd (MPa)	1,891514 1

Condições de Segurança Banzo Superior Área 1			
Definição do índice de Esbeltez			
L01	1090	L02	1090
lmin 1	43,30127	lmin 2	20,20726
λ_1	25,17247	λ_2	53,94101

Ea	0,363333
----	----------

Condição de Segurança quanto a Flexocompressão	
$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{c0,d}} \leq 1$	

E1 (cm)	0,363333
---------	----------

Fe (N)	257271,7
Fe (kN)	257,2717

Ed (cm)	0,393728
---------	----------

Md (kN.cm)	7,819801
Md (N.m)	78198,01

Verificação		
X	0,14	0
Logo, Passa na Verificação		

Dimensionamento das Tesouras Área 2			
Propriedades Mecânicas da Madeira			
Fc0 (MPa)	Ft0 (MPa)	Fv0 (MPa)	Ec0 (MPa)
59,8	75,5	8,8	12912

Fc0,k	Ft0,k	Fv0,k
41,86	52,85	4,752

Valores Característicos			
fc	fcn	ywc	yw(t,v)
		1,4	1,8

Kmod1	Kmod2	Kmod3	Kmod
0,7	1	0,8	0,56

Ec0,ef	fc0,d	ft0,d	fv0,d
7230,72	16,744	16,44222	1,4784

Dimensionamento das Tesouras Área 1	
Dimensionamento Bruto (cm)	70 150
Condições de Segurança Banzo Inferior	
$\sigma_{td} \leq F_{td}$	
Ftd (MPa)	16,44222
σtd (MPa)	1,547638 1

Condições de Segurança Banzo Superior Área 1			
Definição do índice de Esbeltez			
L01	1280	L02	1280
lmin 1	43,30127	lmin 2	20,20726
λ_1	29,56033	λ_2	63,34357

Ea	0,426667
----	----------

Condição de Segurança quanto a Flexocompressão	
$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{c0,d}} \leq 1$	

E1 (cm)	0,426667
---------	----------

Fe (N)	186562,8
Fe (kN)	186,5628

Ed (cm)	0,467377
---------	----------

Md (kN.cm)	7,594964
Md (N.m)	75949,64

Verificação		
X	0,11	0
Logo, Passa na Verificação		

Tabela 41: Dimensionamento Telha Concreto i=70%.
Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE C: RESIDÊNCIA GRANDE

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-10,702	-16,955	28,704	-1,514	-37,02	3,55	-39,14	-39,14	3,55
	BC	-9,718	-15,078	26,199	-1,514	-33,21	3,68	-35,33	-35,33	3,68
	CD	-8,653	-13,185	23,666	-1,514	-29,25	3,88	-31,37	-31,37	3,88
	DE	-7,523	-11,294	21,135	-1,514	-25,21	4,13	-27,33	-27,33	4,13
	EF	-6,35	-9,426	18,646	-1,514	-22,82	3,36	-24,94	-24,94	3,36
	FG	-3,349	-9,425	18,643	-1,514	-24,42	2,33	-26,54	-26,54	2,33
	GH	-7,544	-11,325	21,188	-1,514	-28,37	2,15	-30,49	-30,49	2,15
	HI	-8,69	-13,251	23,778	-1,514	-29,75	3,98	-31,87	-31,87	3,98
	IJ	-9,747	-15,135	26,294	-1,514	-31,10	23,44	-5,22	-5,22	23,44
	JK	-10,736	-17,032	28,834	-1,514	-5,55	24,22	-7,67	-7,67	24,22
BANZO INFERIOR	AL	10,089	16,002	-26,76	1,429	34,93	-3,02	36,93	-3,02	36,93
	LM	10,088	16,003	-26,76	1,429	34,93	-3,02	36,93	-3,02	36,93
	MN	9,157	14,23	-23,728	1,429	31,32	-2,44	33,32	-2,44	33,32
	NO	8,153	12,445	-20,675	1,429	27,59	-1,93	29,59	-1,93	29,59
	OP	7,086	10,659	-17,62	1,429	23,78	-1,46	25,78	-1,46	25,78
	PQ	7,108	10,659	-17,674	1,429	23,81	-1,50	25,81	-1,50	25,81
	QR	8,19	10,691	-20,784	1,429	25,36	-3,76	27,36	-3,76	27,36
	RS	9,187	12,509	-23,825	1,429	29,12	-4,24	31,12	-4,24	31,12
	ST	10,124	14,288	-26,887	1,429	32,75	-4,83	34,75	-4,83	34,75
	TK	10,122	16,078	-26,887	1,429	35,07	-3,04	37,07	-3,04	37,07

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-2,765	-0,993	7,381	-1,514	-5,16	4,27	-7,28	-7,28	4,27
	BC	-2,518	-0,883	6,665	-1,514	-4,67	3,85	-6,79	-6,79	3,85
	CD	-2,244	-0,772	5,941	-1,514	-4,15	3,45	-6,26	-6,26	3,45
	DE	-1,949	-0,661	5,218	-1,514	-3,59	3,06	-5,71	-5,71	3,06
	EF	-1,638	-0,552	4,506	-1,514	-3,01	2,71	-5,13	-5,13	2,71
	FG	-1,638	-0,552	4,506	-1,514	-3,01	2,71	-5,13	-5,13	2,71
	GH	-1,955	-0,663	5,233	-1,514	-3,60	3,07	-5,72	-5,72	3,07
	HI	-2,254	-0,776	5,973	-1,514	-4,16	3,47	-6,28	-6,28	3,47
	IJ	-2,525	-0,886	6,692	-1,514	-4,69	3,87	-6,81	-6,81	3,87
	JK	-2,773	-0,997	7,418	-1,514	-5,18	4,30	-7,30	-7,30	4,30
BANZO INFERIOR	AL	2,606	0,937	-6,871	1,429	4,87	-3,93	6,87	-3,93	6,87
	LM	2,605	0,937	-6,872	1,429	4,87	-3,93	6,87	-3,93	6,87
	MN	2,371	0,833	-6,005	1,429	4,40	-3,34	6,40	-3,34	6,40
	NO	2,113	0,729	-5,132	1,429	3,91	-2,76	5,91	-2,76	5,91
	OP	1,835	0,624	-4,259	1,429	3,38	-2,20	5,38	-2,20	5,38
	PQ	1,841	0,626	-4,275	1,429	3,39	-2,21	5,39	-2,21	5,39
	QR	2,123	0,732	-5,164	1,429	3,92	-2,78	5,92	-2,78	5,92
	RS	2,379	0,836	-6,033	1,429	4,42	-3,36	6,42	-3,36	6,42
	ST	2,614	0,941	-6,908	1,429	4,88	-3,96	6,88	-3,96	6,88
	TK	2,614	0,941	-6,908	1,429	4,88	-3,96	6,88	-3,96	6,88

Tabela 43: Carregamentos região 1 i=35%
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO											
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO		
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)	
BANZO SUPERIOR	AB	-5,305	-8,422	15,391	-1,515	-18,38	2,96	-20,50	-20,50	2,96	
	BC	-4,371	-6,743	13,147	-1,515	-14,89	3,13	-17,01	-17,01	3,13	
	CD	-3,359	-5,052	10,882	-1,515	-11,27	3,35	-13,39	-13,39	3,35	
	DE	-3,358	-5,052	10,882	-1,515	-11,27	3,35	-13,39	-13,39	3,35	
	EF	-4,352	-6,715	13,099	-1,515	-14,82	3,12	-16,94	-16,94	3,12	
	FG	-5,283	-8,375	15,31	-1,515	-18,28	2,95	-20,40	-20,40	2,95	
	BANZO INFERIOR	AH	4,995	7,95	-14,234	1,43	17,33	-2,50	19,33	-2,50	19,33
HI		4,995	7,95	-14,234	1,43	17,33	-2,50	19,33	-2,50	19,33	
IJ		4,112	6,366	-11,525	1,43	14,03	-2,03	16,03	-2,03	16,03	
JK		4,093	6,338	-11,478	1,43	13,97	-2,03	15,97	-2,03	15,97	
KL		4,973	7,905	-14,157	1,43	17,24	-2,48	19,24	-2,48	19,24	
BANZO INFERIOR		LG	4,974	7,905	-14,157	1,43	17,24	-2,48	19,24	-2,48	19,24

TELHA SHINGLE											
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE		
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)	
BANZO SUPERIOR	AB	-1,414	-0,494	4,374	-1,515	-2,62	2,83	-4,74	-4,74	2,83	
	BC	-1,16	-0,395	3,73	-1,515	-2,14	2,48	-4,26	-4,26	2,48	
	CD	-0,881	-0,296	3,079	-1,515	-1,62	2,14	-3,74	-3,74	2,14	
	DE	-0,881	-0,296	3,079	-1,515	-1,62	2,14	-3,74	-3,74	2,14	
	EF	-1,155	-0,394	3,761	-1,515	-2,13	2,52	-4,25	-4,25	2,52	
	FG	-1,409	-0,491	4,441	-1,515	-2,61	2,90	-4,73	-4,73	2,90	
BANZO INFERIOR	AH	1,331	-0,466	-4,214	1,43	1,26	-3,69	3,26	-3,69	3,26	
	HI	1,331	-0,466	-4,214	1,43	1,26	-3,69	3,26	-3,69	3,26	
	IJ	1,091	0,373	-3,436	1,43	2,01	-2,25	4,01	-2,25	4,01	
	JK	1,085	0,371	-3,38	1,43	2,00	-2,20	4,00	-2,20	4,00	
	KL	1,325	0,463	-4,107	1,43	2,46	-2,66	4,46	-2,66	4,46	
	BANZO INFERIOR	LG	1,325	0,463	-4,107	1,43	2,46	-2,66	4,46	-2,66	4,46

Tabela 42: Carregamentos região 2 i=35%
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-3,071	-5,861	9,515	-1,512	-11,92	1,37	-14,04	-14,04	1,37
	BC	-2,109	-3,903	6,243	-1,512	-8,03	0,75	-10,14	-10,14	0,75
	CD	-1,091	-1,945	2,971	-0,502	-4,06	0,19	-4,76	-4,76	0,19
	DE	0	0	-0,273	0	0,00	-0,29	0,00	-0,29	0,00
BANZO INFERIOR	AF	2,889	5,533	-11,824	1,428	11,24	-4,28	13,24	-4,28	13,24
	FG	2,89	5,533	-11,823	1,428	11,24	-4,28	13,24	-4,28	13,24
	GH	1,98	3,685	-7,874	1,428	7,56	-2,80	9,56	-2,80	9,56
	HI	1,022	1,836	-3,923	0,474	3,82	-1,36	4,48	-1,36	4,48
	DI	-1,517	-2,673	5,711	-0,69	-5,60	1,96	-6,56	-6,56	1,96

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-2,681	-0,295	-1,993	-1,512	-4,14	-4,80	-6,25	-6,25	-4,14
	BC	-1,807	-0,196	-1,464	-1,512	-2,78	-3,36	-4,90	-4,90	-2,78
	CD	-0,914	0,098	-0,675	-0,502	-1,15	-1,43	-1,86	-1,86	-1,15
	DE	0	0	-0,057	0	0,00	-0,06	0,00	-0,06	0,00
BANZO INFERIOR	AF	2,528	0,278	1,428	1,428	3,90	4,05	5,90	3,90	5,90
	FG	2,528	0,278	1,428	1,428	3,90	4,05	5,90	3,90	5,90
	GH	1,702	0,185	1,038	1,428	2,62	2,81	4,62	2,62	4,62
	HI	0,86	0,092	0,474	0,474	1,32	1,36	1,99	1,32	1,99
	DI	-1,261	-0,134	-0,69	-0,69	-1,94	-1,99	-2,91	-2,91	-1,94

Tabela 45: Carregamentos região 3 i=35%
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-3,579	-7,577	12,416	-1,515	-14,86	2,24	-16,98	-16,98	2,24
	BC	-2,784	-5,686	9,254	-1,532	-11,29	1,53	-13,43	-13,43	1,53
	CD	-1,924	-3,795	6,09	-1,3	-7,63	0,87	-9,45	-9,45	0,87
	DE	-1,001	-1,904	2,926	-0,383	-3,88	0,27	-4,41	-4,41	0,27
	EF	0	0	-0,264	0	0,00	-0,28	0,00	-0,28	0,00
	AG	3,248	7,154	-15,295	1,429	13,85	-5,98	15,85	-5,98	15,85
BANZO INFERIOR	GH	3,249	7,154	-15,295	1,411	13,85	-1,97	15,82	-1,97	15,82
	HI	2,523	5,368	-11,478	1,553	10,51	-0,40	12,68	-0,40	12,68
	IJ	1,738	3,583	-7,66	1,017	7,09	12,04	8,51	7,09	12,04
	JK	0,902	1,797	-3,843	0,353	3,60		4,09		
	EK	-1,941	-3,071	6,566	-0,604	-6,71	-4,82	-7,56	-7,56	-4,82

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-0,891	-0,301	1,034	-1,515	-1,64	-0,02	-3,76	-3,76	-0,02
	BC	-0,702	-0,226	0,792	-1,532	-1,28	-0,03	-3,42	-3,42	-0,03
	CD	-0,491	-0,151	0,549	-1,3	-0,88	-0,02	-2,70	-2,70	-0,02
	DE	-0,259	-0,075	0,306	-0,383	-0,46	0,01	-1,00	-1,00	0,01
	EF	0,808	0	0,66	0	1,13	1,42	1,13	1,13	1,42
	AG	0,808	0,275	-0,642	1,429	1,49	0,33	3,49	0,33	3,49
BANZO INFERIOR	GH	0,635	0,275	-0,642	1,411	1,25	0,34	3,22	0,34	3,22
	HI	0,442	0,206	-0,482	1,553	0,89	0,27	3,06	0,27	3,06
	IJ	0,232	0,137	-0,321	1,017	0,50	0,69	1,93	0,50	1,93
	JK				0,353	0,00		0,49		
	EK	-0,505	-0,142	0,331	-0,604	-0,89	-0,60	-1,74	-1,74	-0,60

Tabela 44: Carregamentos região 4 i=35%
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-7,522	-12,222	21,278	-1,512	-26,42	3,35	-28,54	-28,54	3,35
	BC	-6,593	-10,468	18,931	-1,512	-22,84	3,48	-24,96	-24,96	3,48
	CD	-5,603	-8,728	16,608	-1,512	-19,19	3,67	-21,31	-21,31	3,67
	DE	-4,56	-6,983	14,278	-1,512	-15,46	3,90	-17,58	-17,58	3,90
	EF	-4,56	-6,983	14,278	-1,512	-15,46	3,90	-17,58	-17,58	3,90
	FG	-5,61	-8,739	16,627	-1,512	-19,21	3,67	-21,33	-21,33	3,67
	GH	-6,601	-10,481	18,955	-1,512	-22,87	3,48	-24,98	-24,98	3,48
	HI	-7,53	-12,241	21,312	-1,512	-26,46	3,36	-28,57	-28,57	3,36
BANZO INFERIOR	AJ	7,087	11,534	-19,772	1,426	24,92	-2,85	26,91	-2,85	26,91
	JK	7,088	11,534	-19,772	1,426	24,92	-2,85	26,91	-2,85	26,91
	KL	6,209	9,878	-16,941	1,426	21,53	-2,32	23,53	-2,32	23,53
	LM	5,275	8,237	-14,134	1,426	18,09	-1,86	20,09	-1,86	20,09
	MN	5,281	8,246	-14,15	1,426	18,11	-1,86	20,11	-1,86	20,11
	NO	6,216	9,891	-16,963	1,426	21,56	-2,33	23,56	-2,33	23,56
	OP	7,097	11,552	-19,804	1,426	24,95	-2,85	26,95	-2,85	26,95
	PI	7,095	11,552	-19,804	1,426	24,95	-2,86	26,95	-2,86	26,95

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-1,89	-0,634	5,342	-1,512	-3,47	3,27	-5,59	-5,59	3,27
	BC	-1,658	-0,543	4,753	-1,512	-3,03	2,96	-5,14	-5,14	2,96
	CD	-1,405	-0,453	4,171	-1,512	-2,56	2,66	-4,67	-4,67	2,66
	DE	-1,135	-0,362	3,586	-1,512	-2,06	2,38	-4,18	-4,18	2,38
	EF	-1,135	-0,362	3,586	-1,512	-2,06	2,38	-4,18	-4,18	2,38
	FG	-1,407	-0,454	4,175	-1,512	-2,56	2,66	-4,68	-4,68	2,66
	GH	-1,66	-0,544	4,759	-1,512	-3,03	2,96	-5,15	-5,15	2,96
	HI	-1,892	-0,635	5,351	-1,512	-1,87	4,51	-3,99	-3,99	4,51
	BANZO INFERIOR	AJ	1,78	0,599	-4,964	1,426	3,27	-3,01	5,27	-3,01
JK		1,78	0,599	-4,964	1,426	3,16	-3,10	5,16	-3,10	5,16
KL		1,561	0,513	-4,254	1,426	2,74	-2,63	4,74	-2,63	4,74
LM		1,322	0,428	-3,549	1,426	2,41	-2,11	4,40	-2,11	4,40
MN		1,322	0,428	-3,553	1,426	2,52	-2,03	4,51	-2,03	4,51
NO		1,562	0,513	-4,259	1,426	2,97	-2,47	4,96	-2,47	4,96
OP		1,782	0,6	-4,972	1,426	3,27	-3,02	5,27	-3,02	5,27
PI		1,782	0,6	-4,972	1,426	2,49	-3,62	4,49	-3,62	4,49

Tabela 47: Carregamentos região 5 i=35%
Fonte: Autoria própria.

ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-1,162	-2,401	2,829	-1,51	-4,75	-0,48	-6,86	-6,86	-0,48
	BC	0		-0,46	0	0,00	-0,48	0,00	-0,48	0,00
	CE					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BANZO INFERIOR	AD	1,085	2,265	-3,971	1,425	4,46	-0,93	6,46	-0,93	6,46
	DE	1,094	2,265	-3,971	1,425	4,48	-0,92	6,47	-0,92	6,47
	BE	-1,117	-2,4	4,209	-1,51	-4,68	1,01	-6,80	-6,80	1,01

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-0,256	-0,104	0,98	-1,51	-0,49	0,69	-2,61	-2,61	0,69
	BC	0,014	0	0,096	0	0,02	0,11	0,02	0,02	0,11
	CE	-0,09	-0,069	0,229		0,24	0,39	0,24	0,24	0,39
BANZO INFERIOR	AD	0,238	0,098	-0,651	1,425	0,46	-0,37	2,46	-0,37	2,46
	DE	0,241	0,098	-0,651	1,425	-0,23	-0,81	1,77	-0,81	1,77
	BE	-0,253	-0,104	0,69	-1,51	-0,14	0,62	-2,25	-2,25	0,62

Tabela 46: Carregamentos região 7 i=35%
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-5,278	-8,823	16,165	-1,516	-18,86	3,40	-20,98	-20,98	3,40
	BC	-3,315	-7,013	13,743	-1,516	-13,76	4,43	-15,88	-15,88	4,43
	CD	-3,241	-5,317	11,517	-1,516	-11,45	3,86	-13,57	-13,57	3,86
	DE	-3,247	-5,317	11,517	-1,516	-11,46	3,85	-13,58	-13,58	3,85
	EF	-3,315	-7,288	14,213	-1,516	-14,12	4,65	-16,24	-16,24	4,65
	FG	-5,278	-9,281	16,948	-1,516	-19,45	3,76	-21,58	-21,58	3,76
BANZO INFERIOR	AH	4,975	8,33	-14,943	1,432	17,79	-2,88	19,80	-2,88	19,80
	HI	4,992	8,33	-14,943	1,432	17,82	-2,87	19,82	-2,87	19,82
	IJ	4,066	6,621	-12,02	1,432	14,30	-2,34	16,30	-2,34	16,30
	JK	4,066	6,88	-12,463	1,432	14,64	-2,55	16,64	-2,55	16,64
	KL	4,992	8,762	-15,682	1,432	18,38	-3,21	20,38	-3,21	20,38
	LG	4,975	8,762	-15,682	1,432	18,36	-3,23	20,36	-3,23	20,36

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-1,114	-0,377	3,345	-1,516	-2,05	2,13	-4,17	-4,17	2,13
	BC	-0,906	-0,3	2,84	-1,516	-1,66	1,87	-3,78	-3,78	1,87
	CD	-0,697	-0,227	2,375	-1,516	-1,27	1,64	-3,39	-3,39	1,64
	DE	-0,699	-0,227	2,375	-1,516	-1,27	1,64	-3,40	-3,40	1,64
	EF	-0,945	-0,311	2,97	-1,516	-1,73	1,96	-3,85	-3,85	1,96
	FG	-1,154	0,396	3,572	-1,516	-1,15	3,07	-3,28	-3,28	3,07
BANZO INFERIOR	AH	1,048	0,356	-3,223	1,432	1,93	-2,08	3,93	-2,08	3,93
	HI	1,049	0,356	-3,223	1,432	1,84	-2,16	3,84	-2,16	3,84
	IJ	0,85	0,283	-2,613	1,432	1,57	-1,68	3,58	-1,68	3,58
	JK	0,889	0,294	-2,67	1,432	1,73	-1,63	3,74	-1,63	3,74
	KL	1,092	0,374	-3,305	1,432	2,02	-2,11	4,02	-2,11	4,02
	LG	1,086	0,374	-3,305	1,432	1,52	-2,49	3,53	-2,49	3,53

Tabela 48: Carregamentos região 6 i=35%
Fonte: Autoria própria.

<p>Dimensionamento das Tesouras Area 1</p> <p>Propriedades Mecânicas da Madeira</p> <p>Fc0 (MPa) F00 (MPa) Fv0 (MPa) E00 (MPa)</p> <p>59,8 75,5 8,8 12912</p> <p>Fc0.k F00.k Fv0.k</p> <p>41,86 52,85 4,752</p> <p>Valores Característicos</p> <p>fc fcn ywc kw(t,v)</p> <p>1,4 1,4 1,8</p> <p>Kmod1 Kmod2 Kmod3 Kmod</p> <p>0,7 1 0,8 0,56</p> <p>E00.ef f00.d f00.d f00.d</p> <p>7230,72 16,744 16,44222 1,4784</p> <p>Dimensionamento das Tesouras Area 1</p> <p>Dimensionamento Bruto (cm) 50 70</p> <p>Condições de Segurança Banzo Inferior</p> <p>$\sigma_{t,d} \leq F_{t,d}$</p> <p>Ftd (MPa) 16,44222</p> <p>std (MPa) 1,966714 1</p> <p>Condições de Segurança Banzo Superior Area 1</p> <p>Definição do índice de Esbeltez</p> <p>U01 3489 102</p> <p>imin.1 20,20726 14,43376</p> <p>lambda.1 73,24101 lambda.2 79,67434</p> <p>Ea 0,493333</p> <p>Condição de Segurança quanto a Flexocompressão</p> <p>EI (cm) 0,493333</p> <p>Fe (N) 23732,54</p> <p>Fe (kN) 23,73254</p> <p>Ed (cm) 0,69408</p> <p>Md (kN.cm) 4,783208</p> <p>Md (N.m) 4783,208</p> <p>Verificação</p> <p>X 0,15 0</p> <p>Logo, Passa na Verificação</p>	<p>Dimensionamento das Tesouras Area 2</p> <p>Propriedades Mecânicas da Madeira</p> <p>Fc0 (MPa) F00 (MPa) Fv0 (MPa) E00 (MPa)</p> <p>59,8 75,5 8,8 12912</p> <p>Fc0.k F00.k Fv0.k</p> <p>41,86 52,85 4,752</p> <p>Valores Característicos</p> <p>fc fcn ywc kw(t,v)</p> <p>1,4 1,4 1,8</p> <p>Kmod1 Kmod2 Kmod3 Kmod</p> <p>0,7 1 0,8 0,56</p> <p>E00.ef f00.d f00.d f00.d</p> <p>7230,72 16,744 16,44222 1,4784</p> <p>Dimensionamento das Tesouras Area 1</p> <p>Dimensionamento Bruto (cm) 50 70</p> <p>Condições de Segurança Banzo Inferior</p> <p>$\sigma_{t,d} \leq F_{t,d}$</p> <p>Ftd (MPa) 16,44222</p> <p>std (MPa) 1,966714 1</p> <p>Condições de Segurança Banzo Superior Area 1</p> <p>Definição do índice de Esbeltez</p> <p>U01 3489 102</p> <p>imin.1 20,20726 14,43376</p> <p>lambda.1 73,24101 lambda.2 79,67434</p> <p>Ea 0,493333</p> <p>Condição de Segurança quanto a Flexocompressão</p> <p>EI (cm) 0,493333</p> <p>Fe (N) 23732,54</p> <p>Fe (kN) 23,73254</p> <p>Ed (cm) 0,69408</p> <p>Md (kN.cm) 4,783208</p> <p>Md (N.m) 4783,208</p> <p>Verificação</p> <p>X 0,15 0</p> <p>Logo, Passa na Verificação</p>	<p>Dimensionamento das Tesouras Area 1</p> <p>Propriedades Mecânicas da Madeira</p> <p>Fc0 (MPa) F00 (MPa) Fv0 (MPa) E00 (MPa)</p> <p>59,8 75,5 8,8 12912</p> <p>Fc0.k F00.k Fv0.k</p> <p>41,86 52,85 4,752</p> <p>Valores Característicos</p> <p>fc fcn ywc kw(t,v)</p> <p>1,4 1,4 1,8</p> <p>Kmod1 Kmod2 Kmod3 Kmod</p> <p>0,7 1 0,8 0,56</p> <p>E00.ef f00.d f00.d f00.d</p> <p>7230,72 16,744 16,44222 1,4784</p> <p>Dimensionamento das Tesouras Area 1</p> <p>Dimensionamento Bruto (cm) 50 70</p> <p>Condições de Segurança Banzo Inferior</p> <p>$\sigma_{t,d} \leq F_{t,d}$</p> <p>Ftd (MPa) 16,44222</p> <p>std (MPa) 1,96657 1</p> <p>Condições de Segurança Banzo Superior Area 1</p> <p>Definição do índice de Esbeltez</p> <p>U01 3490 102</p> <p>imin.1 20,20726 14,43376</p> <p>lambda.1 68,8844 lambda.2 92,83792</p> <p>Ea 0,46667</p> <p>Condição de Segurança quanto a Flexocompressão</p> <p>EI (cm) 0,46667</p> <p>Fe (N) 28500,63</p> <p>Fe (kN) 28,50063</p> <p>Ed (cm) 0,546098</p> <p>Md (kN.cm) 2,878959</p> <p>Md (N.m) 2878,959</p> <p>Verificação</p> <p>X 0,10 0</p> <p>Logo, Passa na Verificação</p>	<p>Dimensionamento das Tesouras Area 2</p> <p>Propriedades Mecânicas da Madeira</p> <p>Fc0 (MPa) F00 (MPa) Fv0 (MPa) E00 (MPa)</p> <p>59,8 75,5 8,8 12912</p> <p>Fc0.k F00.k Fv0.k</p> <p>41,86 52,85 4,752</p> <p>Valores Característicos</p> <p>fc fcn ywc kw(t,v)</p> <p>1,4 1,4 1,8</p> <p>Kmod1 Kmod2 Kmod3 Kmod</p> <p>0,7 1 0,8 0,56</p> <p>E00.ef f00.d f00.d f00.d</p> <p>7230,72 16,744 16,44222 1,4784</p> <p>Dimensionamento das Tesouras Area 1</p> <p>Dimensionamento Bruto (cm) 50 70</p> <p>Condições de Segurança Banzo Inferior</p> <p>$\sigma_{t,d} \leq F_{t,d}$</p> <p>Ftd (MPa) 16,44222</p> <p>std (MPa) 0,998943 1</p> <p>Condições de Segurança Banzo Superior Area 1</p> <p>Definição do índice de Esbeltez</p> <p>U01 3490 102</p> <p>imin.1 20,20726 14,43376</p> <p>lambda.1 68,8844 lambda.2 89,37382</p> <p>Ea 0,43</p> <p>Condição de Segurança quanto a Flexocompressão</p> <p>EI (cm) 0,43</p> <p>Fe (N) 31298,36</p> <p>Fe (kN) 31,29836</p> <p>Ed (cm) 0,48407</p> <p>Md (kN.cm) 1,689066</p> <p>Md (N.m) 1689,066</p> <p>Verificação</p> <p>X 0,06 0</p> <p>Logo, Passa na Verificação</p>	<p>Dimensionamento das Tesouras Area 1</p> <p>Propriedades Mecânicas da Madeira</p> <p>Fc0 (MPa) F00 (MPa) Fv0 (MPa) E00 (MPa)</p> <p>59,8 75,5 8,8 12912</p> <p>Fc0.k F00.k Fv0.k</p> <p>41,86 52,85 4,752</p> <p>Valores Característicos</p> <p>fc fcn ywc kw(t,v)</p> <p>1,4 1,4 1,8</p> <p>Kmod1 Kmod2 Kmod3 Kmod</p> <p>0,7 1 0,8 0,56</p> <p>E00.ef f00.d f00.d f00.d</p> <p>7230,72 16,744 16,44222 1,4784</p> <p>Dimensionamento das Tesouras Area 1</p> <p>Dimensionamento Bruto (cm) 50 70</p> <p>Condições de Segurança Banzo Inferior</p> <p>$\sigma_{t,d} \leq F_{t,d}$</p> <p>Ftd (MPa) 16,44222</p> <p>std (MPa) 1,68557 1</p> <p>Condições de Segurança Banzo Superior Area 1</p> <p>Definição do índice de Esbeltez</p> <p>U01 3490 102</p> <p>imin.1 20,20726 14,43376</p> <p>lambda.1 56,30224 lambda.2 79,67434</p> <p>Ea 0,383333</p> <p>Condição de Segurança quanto a Flexocompressão</p> <p>EI (cm) 0,383333</p> <p>Fe (N) 39207,19</p> <p>Fe (kN) 39,20719</p> <p>Ed (cm) 0,45031</p> <p>Md (kN.cm) 2,660991</p> <p>Md (N.m) 2660,991</p> <p>Verificação</p> <p>X 0,11 0</p> <p>Logo, Passa na Verificação</p>	<p>Dimensionamento das Tesouras Area 2</p> <p>Propriedades Mecânicas da Madeira</p> <p>Fc0 (MPa) F00 (MPa) Fv0 (MPa) E00 (MPa)</p> <p>59,8 75,5 8,8 12912</p> <p>Fc0.k F00.k Fv0.k</p> <p>41,86 52,85 4,752</p> <p>Valores Característicos</p> <p>fc fcn ywc kw(t,v)</p> <p>1,4 1,4 1,8</p> <p>Kmod1 Kmod2 Kmod3 Kmod</p> <p>0,7 1 0,8 0,56</p> <p>E00.ef f00.d f00.d f00.d</p> <p>7230,72 16,744 16,44222 1,4784</p> <p>Dimensionamento das Tesouras Area 1</p> <p>Dimensionamento Bruto (cm) 50 70</p> <p>Condições de Segurança Banzo Inferior</p> <p>$\sigma_{t,d} \leq F_{t,d}$</p> <p>Ftd (MPa) 16,44222</p> <p>std (MPa) 1,273971 1</p> <p>Condições de Segurança Banzo Superior Area 1</p> <p>Definição do índice de Esbeltez</p> <p>U01 3490 102</p> <p>imin.1 20,20726 14,43376</p> <p>lambda.1 72,4613 lambda.2 101,8446</p> <p>Ea 0,49</p> <p>Condição de Segurança quanto a Flexocompressão</p> <p>EI (cm) 0,49</p> <p>Fe (N) 24056,53</p> <p>Fe (kN) 24,05653</p> <p>Ed (cm) 0,601486</p> <p>Md (kN.cm) 2,681966</p> <p>Md (N.m) 2681,966</p> <p>Verificação</p> <p>X 0,09 0</p> <p>Logo, Passa na Verificação</p>	<p>Dimensionamento das Tesouras Area 2</p> <p>Propriedades Mecânicas da Madeira</p> <p>Fc0 (MPa) F00 (MPa) Fv0 (MPa) E00 (MPa)</p> <p>59,8 75,5 8,8 12912</p> <p>Fc0.k F00.k Fv0.k</p> <p>41,86 52,85 4,752</p> <p>Valores Característicos</p> <p>fc fcn ywc kw(t,v)</p> <p>1,4 1,4 1,8</p> <p>Kmod1 Kmod2 Kmod3 Kmod</p> <p>0,7 1 0,8 0,56</p> <p>E00.ef f00.d f00.d f00.d</p> <p>7230,72 16,744 16,44222 1,4784</p> <p>Dimensionamento das Tesouras Area 1</p> <p>Dimensionamento Bruto (cm) 50 70</p> <p>Condições de Segurança Banzo Inferior</p> <p>$\sigma_{t,d} \leq F_{t,d}$</p> <p>Ftd (MPa) 16,44222</p> <p>std (MPa) 1,448314 1</p> <p>Condições de Segurança Banzo Superior Area 1</p> <p>Definição do índice de Esbeltez</p> <p>U01 3490 102</p> <p>imin.1 20,20726 14,43376</p> <p>lambda.1 60,37434 lambda.2 84,52408</p> <p>Ea 0,406667</p> <p>Condição de Segurança quanto a Flexocompressão</p> <p>EI (cm) 0,406667</p> <p>Fe (N) 34925,93</p> <p>Fe (kN) 34,92593</p> <p>Ed (cm) 0,45956</p> <p>Md (kN.cm) 1,897338</p> <p>Md (N.m) 1897,338</p> <p>Verificação</p> <p>X 0,07 0</p> <p>Logo, Passa na Verificação</p>
---	---	--	--	--	---	---

Tabela 50: Dimensionamento Telha Shingle i=35%.
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-8,787	-11,489	19,103	-0,873	-27,24	0,66	-28,46	-28,46	0,66
	BC	-8,22	-10,433	17,88	-0,872	-25,07	0,94	-26,29	-26,29	0,94
	CD	-7,589	-9,388	16,677	-0,872	-22,83	1,29	-24,05	-24,05	1,29
	DE	-6,907	-8,358	15,5	-0,873	-20,54	1,70	-21,76	-21,76	1,70
	EF	-6,114	-7,276	14,227	-0,869	-18,02	2,16	-19,24	-19,24	2,16
	FG	-5,316	-6,259	13,076	-0,872	-15,58	2,69	-16,80	-16,80	2,69
	GH	-5,331	-6,276	13,113	-1,744	-15,62	2,69	-18,06	-18,06	2,69
	HI	-6,115	-7,278	14,231	-0,874	-18,02	2,16	-19,25	-19,25	2,16
	IJ	-6,908	-8,36	15,505	-0,874	-20,54	1,70	-21,76	-21,76	1,70
	JK	-7,59	-9,39	16,682	-0,873	-22,83	1,30	-24,06	-24,06	1,30
	KL	-8,222	-10,435	17,884	-0,873	-25,08	0,94	-26,30	-26,30	0,94
	LM	-8,788	-11,49	19,107	-0,874	-27,24	0,66	-28,46	-28,46	0,66
	BANZO INFERIOR	NA	7,185	9,42	-15,343	0,716	22,31	-0,22	23,31	-0,22
NO		7,189	9,42	-15,343	0,716	22,31	-0,22	23,31	-0,22	23,31
OP		6,711	8,544	-13,685	0,714	20,50	0,21	21,50	0,21	21,50
PQ		6,203	7,697	-12,079	0,715	18,69	0,60	19,69	0,60	19,69
QR		5,623	6,825	-10,424	0,713	16,74	0,94	17,74	0,94	17,74
RS		5,013	5,982	-8,826	0,714	14,79	1,23	15,79	1,23	15,79
ST		5,014	5,984	-8,83	0,715	14,80	1,23	15,80	1,23	15,80
TU		5,624	6,826	-10,428	0,714	16,75	0,94	17,75	0,94	17,75
UV		6,204	7,699	-12,082	0,716	18,69	0,60	19,70	0,60	19,70
VX		6,712	8,545	-13,689	0,715	20,51	0,21	21,51	0,21	21,51
XZ		7,187	9,421	-15,347	0,717	22,31	-0,23	23,31	-0,23	23,31
ZM		7,187	9,421	-15,347	0,717	22,31	-0,23	23,31	-0,23	23,31
ZM						0,00	0,00	0,00	-28,46	23,31
TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-7,741	-2,363	19,103	-0,873	-13,91	10,73	-15,13	-15,13	10,73
	BC	-7,275	-2,146	17,88	-0,872	-12,97	10,08	-14,20	-14,20	10,08
	CD	-6,737	-1,931	16,677	-0,872	-11,94	9,52	-13,16	-13,16	9,52
	DE	-6,144	-1,719	15,5	-0,873	-10,84	9,03	-12,06	-12,06	9,03
	EF	-5,44	-1,497	14,227	-0,869	-9,56	8,55	-10,78	-10,78	8,55
	FG	-4,721	-1,287	13,076	-0,872	-8,28	8,19	-9,50	-9,50	8,19
	GH	-4,734	-1,291	13,113	-1,744	-8,31	8,22	-10,75	-10,75	8,22
	HI	-5,441	-1,497	14,231	-0,874	-9,56	8,55	-10,79	-10,79	8,55
	IJ	-6,145	-1,719	15,505	-0,874	-10,84	9,03	-12,06	-12,06	9,03
	JK	-6,738	-1,931	16,682	-0,873	-11,94	9,52	-13,17	-13,17	9,52
	KL	-7,276	-2,146	17,884	-0,873	-12,98	10,08	-14,20	-14,20	10,08
	LM	-7,743	-2,363	19,107	-0,874	-13,91	10,73	-15,14	-15,14	10,73
	BANZO INFERIOR	NA	6,327	1,937	-15,343	0,716	11,38	-8,48	12,38	-8,48
NO		3,328	1,937	-15,343	0,716	7,18	-11,18	8,18	-11,18	8,18
OP		5,935	1,757	-13,685	0,714	10,59	-7,27	11,59	-7,27	11,59
PQ		5,504	1,583	-12,079	0,715	9,76	-6,15	10,76	-6,15	10,76
QR		4,999	1,404	-10,424	0,713	8,82	-5,04	9,82	-5,04	9,82
RS		4,457	1,23	-8,826	0,714	7,84	-4,03	8,84	-4,03	8,84
ST		4,458	1,23	-8,83	0,715	7,84	-4,03	8,84	-4,03	8,84
TU		5	1,404	-10,428	0,714	8,83	-5,05	9,82	-5,05	9,82
UV		5,505	1,583	-12,082	0,716	9,76	-6,15	10,77	-6,15	10,77
VX		5,936	1,758	-13,689	0,715	10,60	-7,27	11,60	-7,27	11,60
XY		6,329	1,938	-15,347	0,717	11,38	-8,48	12,38	-8,48	12,38
YZ		6,328	1,938	-15,347	0,717	11,38	-8,48	12,38	-8,48	12,38
ZM						0,00	0,00	0,00	-15,14	12,38

Tabela 51: Carregamentos região 1 i=70%
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-4,341	-5,922	10,304	-0,875	-13,78	0,99	-15,00	-15,00	0,99
	BC	-3,85	-5,075	9,329	-0,873	-11,99	1,26	-13,21	-13,21	1,26
	CD	-3,294	-4,219	8,337	-0,87	-10,10	1,57	-11,31	-11,31	1,57
	DE	-2,674	-3,346	7,31	-0,87	-8,09	1,92	-9,31	-9,31	1,92
	EF	-2,682	-3,346	7,332	-0,873	-8,10	1,94	-9,33	-9,33	1,94
	FG	-3,295	-4,221	8,343	-0,873	-10,10	1,57	-11,32	-11,32	1,57
	GH	-3,852	-5,077	9,336	-0,875	-11,99	1,26	-13,22	-13,22	1,26
	HI	-4,343	-5,924	10,311	-0,877	-13,78	0,99	-15,01	-15,01	0,99
BANZO INFERIOR	AJ	3,547	4,862	-8,204	0,718	11,29	-0,56	12,29	-0,56	12,29
	JK	3,547	4,862	-8,204	0,718	11,29	-0,56	12,29	-0,56	12,29
	KL	3,127	4,156	-6,85	0,713	9,78	-0,22	10,78	-0,22	10,78
	LM	2,684	3,458	-5,546	0,713	8,25	0,05	9,25	0,05	9,25
	MN	2,685	3,46	-5,551	0,715	8,26	0,05	9,26	0,05	9,26
	NO	3,129	4,148	-6,855	0,715	9,77	-0,23	10,77	-0,23	10,77
	OP	3,548	4,864	-8,209	0,72	11,29	-0,56	12,30	-0,56	12,30
	PI	3,549	4,864	-8,209	0,72	11,29	-0,56	12,30	-0,56	12,30

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-3,67	-1,214	10,304	-0,875	-6,72	6,30	-7,94	-7,94	6,30
	BC	-3,259	-1,04	9,329	-0,873	-5,91	5,82	-7,14	-7,14	5,82
	CD	-2,783	-0,885	8,337	-0,87	-5,05	5,36	-6,26	-6,26	5,36
	DE	-2,245	-0,686	7,31	-0,87	-4,03	4,97	-5,25	-5,25	4,97
	EF	-2,252	-0,688	7,332	-0,873	-4,05	4,98	-5,27	-5,27	4,98
	FG	-2,784	-0,865	8,343	-0,873	-5,02	5,39	-6,24	-6,24	5,39
	GH	-3,26	-1,041	9,336	-0,875	-5,92	5,83	-7,14	-7,14	5,83
	HI	-3,671	-1,214	10,311	-0,877	-6,72	6,31	-7,95	-7,95	6,31
BANZO INFERIOR	AJ	2,996	0,997	-8,204	0,718	5,49	-4,92	6,50	-4,92	6,50
	JK	2,995	0,997	-8,204	0,718	5,49	-4,92	6,49	-4,92	6,49
	KL	2,644	0,85	-6,85	0,713	4,81	-3,96	5,80	-3,96	5,80
	LM	2,265	0,709	-5,546	0,713	4,09	-3,08	5,09	-3,08	5,09
	MN	2,266	0,709	-5,551	0,715	4,09	-3,08	5,10	-3,08	5,10
	NO	2,2645	0,85	-6,855	0,715	4,28	-4,31	5,28	-4,31	5,28
	OP	2,996	0,997	-8,209	0,72	5,49	-4,93	6,50	-4,93	6,50
	PI	2,997	0,997	-8,209	0,72	5,49	-4,93	6,50	-4,93	6,50

Tabela 52: Carregamentos região 2 i=70%
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-2,577	-4,872	6,017	-1,213	-9,94	-0,87	-11,64	-11,64	-0,87
	BC	-1,789	-3,257	3,89	-1,217	-6,74	-0,78	-8,44	-8,44	-0,78
	CD	-0,944	-1,642	1,788	-0,41	-3,46	-0,61	-4,03	-4,03	-0,61
	DE	0	0	-0,4	0	0,00	-0,42	0,00	-0,42	0,00
BANZO INFERIOR	AF	2,335	4,437	-8,034	1,105	9,04	-1,90	10,58	-1,90	10,58
	FG	2,336	4,437	-8,034	1,105	9,04	-1,90	10,59	-1,90	10,59
	GH	1,617	2,971	-5,373	1,11	6,13	-1,22	7,68	-1,22	7,68
	HI	0,849	1,495	-2,705	0,373	3,13	-0,58	3,65	-0,58	3,65
	DI	-1,46	-2,495	4,515	-0,623	-5,29	0,93	-6,16	-6,16	0,93

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-2,067	-1,002	6,017	-1,213	-4,20	3,46	-5,89	-5,89	3,46
	BC	-1,448	-0,67	3,89	-1,217	-2,90	2,11	-4,60	-4,60	2,11
	CD	-0,772	-0,338	1,788	-0,41	-1,52	0,84	-2,09	-2,09	0,84
	DE	-0,025	0	-0,4	0	-0,04	-0,44	-0,04	-0,44	-0,04
BANZO INFERIOR	AF	1,87	0,913	-8,034	1,105	3,80	-5,84	5,35	-5,84	5,35
	FG	1,871	0,913	-8,034	1,105	3,81	-5,84	5,35	-5,84	5,35
	GH	1,306	0,611	-5,373	1,11	2,62	-3,86	4,18	-3,86	4,18
	HI	0,693	0,307	-2,705	0,373	1,37	-1,91	1,89	-1,91	1,89
	DI	-1,19	-0,513	4,515	-0,623	-2,33	3,16	-3,21	-3,21	3,16

Tabela 53: Carregamentos região 3 i=70%
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO											
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO		
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)	
BANZO SUPERIOR	AB	-4,23	-6,301	7,895	-1,207	-14,11	-1,82	-15,80	-15,80	-1,82	
	BC	-3,272	-4,725	5,822	-1,216	-10,72	-1,56	-12,43	-12,43	-1,56	
	CD	-2,248	-3,148	3,749	-1,11	-7,24	-1,23	-8,79	-8,79	-1,23	
	DE	-1,172	-1,563	1,66	-0,312	-3,67	-0,87	-4,11	-4,11	-0,87	
	EF	0	0	-0,389	0	0,00	-0,41	0,00	-0,41	0,00	
	FK	-1,296	-1,173	1,173	0	-1,68	-12,20	-1,68	-12,20	-1,68	
BANZO INFERIOR	AG	3,983	5,745	-10,383	1,098	13,04	-1,57	14,58	-1,57	14,58	
	GH	3,983	5,745	-10,383	1,083	13,04	1,15	14,56	1,15	14,56	
	HI	3,077	4,307	-7,786	1,191	9,91	1,63	11,57	1,63	11,57	
	IJ	2,11	2,87	-5,188	0,792	6,69	2,06	7,79	2,06	7,79	
	JK	1,098	1,427	-2,577	0,27	3,39	2,42	3,77	2,42	3,77	

TELHA SHINGLE											
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE		
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)	
BANZO SUPERIOR	AB	-3,519	-1,293	7,895	-1,207	-6,61	3,83	-8,30	-8,30	3,83	
	BC	-2,738	-0,97	5,822	-1,216	-5,09	2,68	-6,80	-6,80	2,68	
	CD	-1,892	-0,646	3,749	-1,11	-3,49	1,59	-5,04	-5,04	1,59	
	DE	-0,99	-0,321	1,66	-0,312	-1,80	0,53	-2,24	-2,24	0,53	
	EF	0	0	-0,389	0	0,00	-0,41	0,00	-0,41	0,00	
	FK	-0,266	-1,173	1,173	0	-0,35	0,97	-0,35	-0,35	0,97	
BANZO INFERIOR	AG	3,311	1,179	-10,383	1,098	6,17	-6,74	7,71	-6,74	7,71	
	GH	3,312	1,179	-10,383	1,083	6,17	-6,74	7,69	-6,74	7,69	
	HI	2,573	0,884	-7,786	1,191	4,75	-4,98	6,42	-4,98	6,42	
	IJ	1,774	0,589	-5,188	0,792	3,25	-3,26	4,36	-3,26	4,36	
	JK	0,929	0,293	-2,577	0,27	1,68	-1,58	2,06	-1,58	2,06	

Tabela 55: Carregamentos região 4 i=70%
Fonte: Autoria própria.

ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-6,185	-8,724	14,772	-0,869	-20,00	1,22	-21,22	-21,22	1,22
	BC	-5,673	-7,766	13,677	-0,87	-18,04	1,49	-19,26	-19,26	1,49
	CD	-5,097	-6,795	12,561	-0,871	-15,97	1,81	-17,19	-17,19	1,81
	DE	-4,452	-5,814	11,423	-0,869	-13,79	2,17	-15,01	-15,01	2,17
	EF	-3,777	-4,856	10,333	-0,873	-11,60	2,59	-12,82	-12,82	2,59
	FG	-3,777	-4,856	10,333	-0,873	-11,60	2,59	-12,82	-12,82	2,59
	GH	-4,452	-5,814	11,423	-0,869	-13,79	2,17	-15,01	-15,01	2,17
	HI	-5,097	-6,795	12,561	-0,871	-15,97	1,81	-17,19	-17,19	1,81
	IJ	-5,673	-7,766	13,677	-0,87	-18,04	1,49	-19,26	-19,26	1,49
	JK	-6,185	-8,724	14,772	-0,869	-20,00	1,22	-21,22	-21,22	1,22
	BANZO INFERIOR	AL	5,043	7,137	-11,788	0,711	16,34	-0,70	17,33	-0,70
LM		5,043	7,137	-11,788	0,711	16,34	-0,70	17,33	-0,70	17,33
MN		4,63	6,362	-10,314	0,713	14,75	-0,30	15,75	-0,30	15,75
NO		4,153	5,559	-8,791	0,712	13,04	0,07	14,04	0,07	14,04
OP		3,645	4,778	-7,31	0,715	11,31	0,38	12,32	0,38	12,32
PQ		3,645	4,778	-7,31	0,715	11,31	0,38	12,32	0,38	12,32
QR		4,153	5,559	-8,791	0,712	13,04	0,07	14,04	0,07	14,04
RS		4,63	6,362	-10,314	0,713	14,75	-0,30	15,75	-0,30	15,75
ST		5,043	7,137	-11,788	0,711	16,34	-0,70	17,33	-0,70	17,33
TK		5,043	7,137	-11,788	0,711	16,34	-0,70	17,33	-0,70	17,33

TELHA SHINGLE											
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE		
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)	
BANZO SUPERIOR	AB	-5,181	-1,792	14,772	-0,869	-9,58	9,06	-10,80	-10,80	9,06	
	BC	-4,764	-1,595	13,677	-0,87	-8,74	8,48	-9,96	-9,96	8,48	
	CD	-4,284	-1,396	12,561	-0,871	-7,81	7,94	-9,03	-9,03	7,94	
	DE	-3,738	-1,194	11,423	-0,869	-6,79	7,44	-8,00	-8,00	7,44	
	EF	-3,157	-0,997	10,333	-0,873	-5,72	7,01	-6,94	-6,94	7,01	
	FG	-3,157	-0,997	10,333	-0,873	-5,72	7,01	-6,94	-6,94	7,01	
	GH	-3,738	-1,194	11,423	-0,869	-6,79	7,44	-8,00	-8,00	7,44	
	HI	-4,284	-1,396	12,561	-0,871	-7,81	7,94	-9,03	-9,03	7,94	
	IJ	-4,764	-1,595	13,677	-0,87	-8,74	8,48	-9,96	-9,96	8,48	
	JK	-5,181	-1,792	14,772	-0,869	-9,58	9,06	-10,80	-10,80	9,06	
	BANZO INFERIOR	AL	4,222	1,466	-11,788	0,711	7,82	-7,11	8,81	-7,11	8,81
LM		4,222	1,466	-11,788	0,711	7,82	-7,11	8,81	-7,11	8,81	
MN		3,885	1,307	-10,314	0,713	7,14	-6,03	8,14	-6,03	8,14	
NO		3,488	1,142	-8,791	0,712	6,37	-4,95	7,36	-4,95	7,36	
OP		3,058	0,981	-7,31	0,715	5,56	-3,94	6,56	-3,94	6,56	
PQ		3,058	0,981	-7,31	0,715	5,56	-3,94	6,56	-3,94	6,56	
QR		3,488	1,142	-8,791	0,712	6,37	-4,95	7,36	-4,95	7,36	
RS		3,885	1,307	-10,314	0,713	7,14	-6,03	8,14	-6,03	8,14	
ST		4,222	1,466	-11,788	0,711	7,82	-7,11	8,81	-7,11	8,81	
TK		4,222	1,466	-11,788	0,711	7,82	-7,11	8,81	-7,11	8,81	

Tabela 54: Carregamentos região 5 i=70%
Fonte: Autoria própria.

TELHA CONCRETO										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-1,071	-2,24	2,524	-1,361	-4,41	-0,55	-6,32	-6,32	-0,55
	BC	0	0	-0,481	0	0,00	-0,51	0,00	-0,51	0,00
	CE		-1,646	1,454	0	-2,14	-0,12	-2,14	-2,14	-0,12
BANZO INFERIOR	AD	0,988	2,095	-3,708	1,273	4,11	-0,91	5,89	-0,91	5,89
	DE	0,99	2,094	-3,708	1,272	4,11	-0,91	5,89	-0,91	5,89
	BE	-1,028	-2,261	4,003	-1,373	-4,38	1,02	-6,30	-6,30	1,02

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-0,869	-0,46	2,524	-1,361	-1,81	1,41	-3,72	-3,72	1,41
	BC	0	0	-0,481	0	0,00	-0,51	0,00	-0,51	0,00
	CE		-0,338	1,454	0	0,68	1,91	0,68	0,68	1,91
BANZO INFERIOR	AD	0,799	0,43	-3,708	1,273	1,68	-2,74	3,46	-2,74	3,46
	DE	0,801	0,43	-3,708	1,272	-0,59	-4,20	1,19	-4,20	1,19
	BE	-0,823	-0,464	4,003	-1,373	-0,60	3,74	-2,53	-2,53	3,74

Tabela 57: Carregamentos região 6 i=70%
Fonte: Autoria própria.

ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO		
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)	
BANZO SUPERIOR	AB	-3,449	-5,78	10,572	-0,871	-12,34	2,22	-13,56	-13,56	2,22	
	BC	-2,864	-4,621	9,239	-0,871	-10,02	2,50	-11,24	-11,24	2,50	
	CD	-2,222	-3,47	7,919	-0,871	-7,62	2,85	-8,84	-8,84	2,85	
	DE	-2,223	-3,47	7,919	-0,871	-7,62	2,84	-8,84	-8,84	2,84	
	EF	-2,873	-4,369	9,272	-0,871	-9,70	2,78	-10,92	-10,92	2,78	
	FG	-3,459	-5,808	10,625	-0,871	-12,39	2,24	-13,61	-13,61	2,24	
BANZO INFERIOR	AH	2,805	4,732	-8,3	0,713	10,08	-1,46	11,08	-1,46	11,08	
	HI	2,806	4,732	-8,3	0,713	10,08	-1,46	11,08	-1,46	11,08	
	IJ	2,324	3,783	-6,499	0,713	8,17	-0,95	9,17	-0,95	9,17	
	JK	2,332	3,798	-6,526	0,713	8,20	-0,96	9,20	-0,96	9,20	
	KL	2,815	4,755	-8,343	0,713	10,12	-1,47	11,12	-1,47	11,12	
	LG		2,814	4,755	-8,343	0,713	10,12	-1,47	11,12	-1,47	11,12

TELHA SHINGLE										
ELEMENTOS	BARRA	ESFORÇOS				COMBINAÇÕES DE ESFORÇOS			COMPOSIÇÃO CRÍTICA DE ESFORÇOS - VALORES DE CÁLCULO	
		PERMANENTES GR. VAR. (kN)	PERMANENTES DE PEQ. VAR. (kN)	VENTO V-01 (kN)	SOBREC. MAN. (kN)	PERM (kN)	PERM + V-01 (kN)	PERM + MAN. (kN)	COMPRESSÃO (-) (kN)	TRAÇÃO (+) (kN)
BANZO SUPERIOR	AB	-2,803	-1,186	10,572	-0,871	-5,47	7,39	-6,69	-6,69	7,39
	BC	-2,318	-0,948	9,239	-0,871	-4,48	6,67	-5,70	-5,70	6,67
	CD	-1,777	-0,712	7,919	-0,871	-3,41	6,00	-4,63	-4,63	6,00
	DE	-1,777	-0,712	7,919	-0,871	-3,41	6,00	-4,63	-4,63	6,00
	EF	-2,326	-0,951	9,272	-0,871	-4,49	6,69	-5,71	-5,71	6,69
	FG	-2,811	-1,191	10,625	-0,871	-5,48	7,44	-6,70	-6,70	7,44
BANZO INFERIOR	AH	2,276	0,971	-8,3	0,713	4,45	-5,70	5,45	-5,70	5,45
	HI	2,277	0,971	-8,3	0,713	4,45	-5,69	5,45	-5,69	5,45
	IJ	1,878	0,776	-6,499	0,713	3,64	-4,36	4,64	-4,36	4,64
	JK	1,885	0,779	-6,526	0,713	3,65	-4,38	4,65	-4,38	4,65
	KL	2,285	0,975	-8,343	0,713	4,47	-5,73	5,46	-5,73	5,46
	LG	2,283	0,975	-8,343	0,713	4,46	-5,73	5,46	-5,73	5,46

Tabela 56: Carregamentos região 7 i=70%
Fonte: Autoria própria.

