

TELHADO VERDE EM HABITAÇÃO UNIFAMILIAR: DIRETRIZES PARA ESCOLHA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS LAJE X IMPERMEABILIZAÇÃO

SILVA, Deusielly Renata¹; CAMPOS, Igor Aureliano Miranda Silva².

doi: <https://doi.org/10.17648/1678-0795.momentum-v19n19-335>

RESUMO

Devido a expansão urbana, as cidades estão passando por dificuldades de comportar a sociedade de forma digna, esse fato causa transtornos ao meio ambiente e à humanidade. Este trabalho apresenta a importância do telhado verde, como forma de amenizar os problemas citados, mostrando seus benefícios. O objetivo principal é avaliar qual dos sistemas de laje maciça ou nervurada e impermeabilização rígida ou flexível são mais viáveis tecnicamente e economicamente em se tratando da implantação do telhado verde. Fez-se o estudo da implementação do sistema em uma edificação residencial unifamiliar de dois pavimentos com a cobertura verde do tipo extensiva e acessível localizada na cidade de Barra do Garças - MT. conclui-se que o sistema com melhor viabilidade técnica e econômica foi quando se utilizou laje nervurada com impermeabilização flexível e camada de proteção.

Palavras-Chave: Telhado verde. Construção sustentável. Custo. Laje. Impermeabilização

ABSTRACT

Due to urban expansion, cities are experiencing difficulties to settle society in a dignified manner, and this fact causes disturbances to the environment and humanity. This work presents the importance of the green roof as a way to alleviate the mentioned problems, showing its benefits. The main objective is to evaluate which of the solid or ribbed slab systems and rigid or flexible waterproofing are more technically and economically viable when it comes to the implementation of a green roof. A system implementation study was carried out in a single-family residential building with two floors with an extensive and accessible green roof located in the city of Barra do Garças - MT. It was concluded that the system with the best technical and economic feasibility was the one that uses ribbed slab with flexible waterproofing and protection layer.

Keywords: Green roof. Sustainable construction. Cost. Slab. Waterproofing

¹ Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Mato Grosso, Barra do Garças, Mato Grosso.

² Bacharel em Engenheiro civil, especialista em Estruturas de Concreto Armado e Fundações. Mestrando em Construção Civil.

INTRODUÇÃO

Na sociedade atual fica clara a necessidade de se criar uma consciência socioambiental, considerando os problemas urbanos como poluição, falta de saneamento básico, miséria, desperdício, entre outros, tão graves quanto à destruição dos ecossistemas. Contudo, sabe-se da dificuldade de se mudar a forma de pensar de uma sociedade, principalmente no que se refere ao meio ambiente, pelo fato da sociedade ainda possuir uma visão antropocentrista (FREITAS; FRANÇA; FRANÇA, 2015).

Para conseguir uma harmonia entre construções e sustentabilidade tem-se um amplo leque de opções, tais como: Energia renovável, o reuso de águas pluviais, cinzas e negras, telhados verdes e reuso de resíduos da construção civil (RCD). Cada uma das alternativas deve seguir suas respectivas especificações para serem executadas de forma correta e trazer bem-estar aos usuários das edificações e amenizar os problemas ambientais.

Vale destacar que o uso das coberturas verdes visa amenizar o desgaste ambiental. Neste sentido, o telhado verde pode ser projetado e instalado em edificações tanto residenciais quanto comerciais. A estrutura, declividade e material utilizado para fabricação da cobertura vão depender do tipo de telhado verde que será implantado, podendo ser espécies de plantas mais altas ou mais baixas. Desse modo, conhecendo informações da edificação, da estrutura, do tipo de impermeabilização e da vegetação que será instalada é possível começar os projetos e a futura execução. Com isso, o problema da pesquisa gira em torno da escolha dos sistemas estruturais de laje maciça ou laje nervurada e dos tipos de impermeabilização, seja do tipo flexível ou rígida, quais seriam mais adequados e vantajosos para a utilização em telhados verdes, sob aspectos de custos e viabilidade técnica e econômica?

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é analisar dentre os sistemas construtivos - Tipo de laje e tipo de impermeabilização – qual é mais viável de forma econômica e técnica para receber a instalação do telhado verde. Para tanto, o campo de análise foi baseado na realidade das construções no município de Barra do Garças – MT.

Para saber quais sistemas de lajes e impermeabilização terão maior eficácia técnica e econômica para receber a instalação do telhado verde foi feito um estudo dos tipos de lajes, reduzindo o plano de pesquisa em apenas duas: lajes maciças e nervuradas, observando as características de cada, fazendo o mesmo para os tipos de impermeabilização podendo ser rígida ou flexível observando os apontamentos de normas e estudiosos que entendem do assunto, fazendo sempre um contraponto com as formas de instalação, vegetação, solo e outras características do telhado verde, fazendo junções entre os sistemas pontuando custo e técnica para chegar em uma uniformidade entre esses pontos.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Telhados Verdes

O teto verde pode ser definido como uma técnica na qual se produz vegetações diversas sendo intensivas ou extensivas sobre superfícies, fachadas ou coberturas. É uma opção provinda dos ancestrais, que utiliza grama ou jardim em detrimento das habituais lajes ou telhas (FERREIRA, 2007).

Como uma das alternativas que busca uma melhora para os recursos naturais, privilegiando o bem-estar social, é a implantação dos telhados verdes, buscando um contato maior entre natureza e o homem, para que possam ver a real importância do meio ambiente. Telhado verde, cobertura verde, telha ecológica e jardim suspenso são alguns dos nomes dados a esse tipo de cobertura.

1.2 Estrutura das coberturas verdes

As coberturas verdes podem ser instaladas sobre telhados inclinados ou sobre as lajes, com a cobertura vegetal de gramas ou plantas maiores, proporcionando um melhor conforto térmico e visual aos moradores e vizinhos da edificação. Para construção do telhado ecológico é necessário fazer alguns processos de impermeabilização e sistemas de drenagem nas coberturas para que não possa ocorrer problemas com infiltrações. Na maioria dos casos o telhado verde segue a estrutura da Figura 1.



Figura 1 - Estruturas do telhado verde

Fonte: Ecotelhado (2019)

Na Figura 1 consegue-se observar a estrutura mais usual para o telhado ecológico, iniciando de baixo para cima tem-se na imagem o suporte, que pode ser de vários tipos, sendo telhas cerâmicas, telhas de concreto, lajes, entre essas, suas variações que são lajes maciças, nervuradas, nervurada bidirecional, entre outras. A impermeabilização pode ser do tipo rígida

ou flexível. A drenagem é a quarta camada juntamente com uma membrana anti- raízes que evita que as raízes atrapalhem a função estrutural do suporte. O filtro geotêxtil, representado na figura pelo tecido permeável auxiliará na drenagem pois esse, retém parte das partículas sólidas levadas pelas águas pluviais. Por último, tem-se o substrato e a vegetação que varia com a escolha do tipo de cobertura, se será extensiva, semiextensiva ou intensiva.

Os telhados verdes são classificados em dois grupos, os extensivos e os intensivos, a diferença mais nítida entre os dois é a estatura da vegetação utilizada.

A vegetação do tipo extensiva, comumente é aplicada onde o ambiente será visitado, isto é, funciona como um terraço, e tem sua beleza comparada a um parque gramado. As características das plantas são: rasteiras de pequeno porte e necessitam de um volume de água menor e pouca manutenção, em relação a intensiva.

Na vegetação intensiva, são instaladas pequenas plantas e árvores frutíferas. A manutenção exige cuidados específicos, similares aos empregados num jardim comum, porém agora com um cuidado maior por estar em cima da edificação, com isso deve-se atentar às cargas que são transmitidas para toda a estrutura. Neste tipo de vegetação, o telhado verde também protege a cobertura, consequentemente a parte interna da edificação, contra radiação ultravioleta aumentando sua vida útil (SILVA, 2011).

1.3 Impermeabilização

A norma ABNT NBR 9575:2010 apresenta o tipo de impermeabilização adequado para cada atividade e local que será empregado o material, tendo em vista que o solo dos telhados verdes tem que estar úmidos para conseguir abastecer a vegetação, a impermeabilização mais adequada segundo a norma para esse caso é contra a umidade do solo.

Os tipos de impermeabilização que devem ser empregados nas partes construtivas sob ação da umidade do solo, são os seguintes:

Flexível:

- Membrana de polímero modificado com cimento;
- Membrana de asfalto modificado sem adição de polímero;
- Membrana de asfalto modificado com adição de polímero elastomérico;
- Membrana de poliuretano;
- Membrana de poliuretano modificado com asfalto;
- Membrana de emulsão asfáltica;
- Membrana elastomérica de poliisobutileno-isopreno (I.I.R), em solução;
- Membrana de asfalto elastomérico em solução;
- Membrana poliuréia;
- Manta asfáltica;
- Manta elastomérica de etilenopropilenodieno-monômero (E.P.D.M.);
- Manta elastomérica de poliisobutileno-isopreno (I.I.R);
- Manta de policloreto de vinila (P.V.C.);
- Manta de polietileno de alta densidade (P.E.A.D.) (ABNT, 2010, p.8).

Como exemplos para impermeabilização, o quadro 1 demonstra os tipos de locais, a classificação do sistema e o tipo de material a ser utilizado.

Quadro 1 – Exemplo para impermeabilização contra água de percolação

LOCAL	CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA	MATERIAL
TERRAÇOS / MARQUISES	Flexível	membrana asfáltica, de polímero e elastômeros
JARDINS SUSPENSOS	Flexível	membranas de polímeros
PISO DE BANHEIROS / COZINHAS	Semi-flexível	argamassa polimérica / epoxi flexibilizado

Fonte: Freire UFRJ (2007)

Uma medida que pode ser tomada para evitar que as raízes danifiquem a impermeabilização é a camada de proteção mecânica. Segundo a ABNT NBR 9575:2010 – Impermeabilização – Seleção e Projeto, no item 3.25, (p.3), “Camada de proteção mecânica: estrato com a função de absorver e dissipar os esforços estáticos ou dinâmicos atuantes por sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra a ação deletéria destes esforços.”

1.4 Características das lajes

Existe uma infinidade de tipos de lajes, podem ser maciças ou nervuradas, essas opções podem ser diferenciadas quanto a serem fabricadas no local ou pré-fabricadas. O que irá afetar na escolha do tipo de laje é o tipo de construção, o vão a ser vencido, o capital destinado a construção, análise dos carregamentos e melhores condições para os usuários da edificação. As lajes são as responsáveis por receber parte das ações aplicadas numa construção, normalmente de pessoas, móveis, pisos, paredes, e os mais variados tipos de carga que podem existir em função da finalidade arquitetônica do espaço que a laje faz parte. As ações são na maioria das vezes perpendiculares ao plano da laje, podendo ser divididas em distribuídas na área, distribuídas linearmente ou forças pontuais. Podem ocorrer também ações externas na forma de momentos fletores, normalmente aplicados nas bordas das lajes (BASTOS, 2015).

As lajes que serão abordadas nesse documento afim de compará-las são as lajes maciças e nervuradas. A ABNT NBR 6118:2014 no item 14.7.7 (p. 97) traz como definição de lajes nervuradas “Lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte”. A figura 2, apresenta a estrutura da laje nervurada, verifica-se o

uso de lajotas cerâmicas como material inerte entre os trilhos, esse material serve para diminuir os espaços ocupados por concreto tornando a laje mais leve.

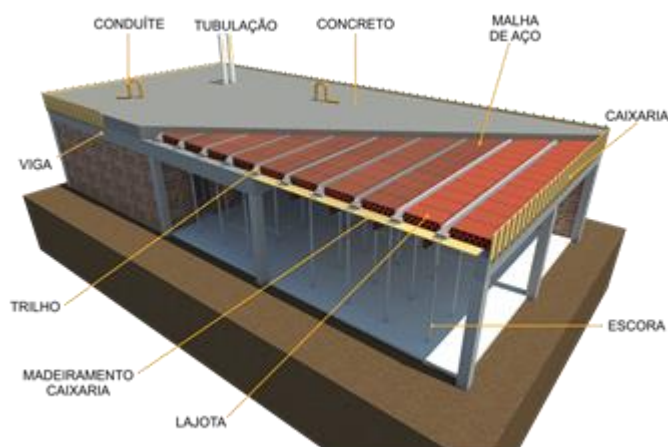


Figura 2 – Laje Nervurada

Fonte: Retondo (2021)

Para Bastos, 2015 (p.1) “Laje maciça é aquela onde toda a espessura é composta por concreto, contendo armaduras longitudinais de flexão e eventualmente armaduras transversais, e apoiada em vigas ou paredes ao longo das bordas. Laje com borda ou bordas livres é um caso particular de laje apoiada nas bordas.” Diferentemente da nervurada tem-se a laje maciça apresentada na figura 3, que necessita de um grande volume de concreto para preencher a laje por não haver material inerte, ter apenas armaduras longitudinais e transversais.



Figura 3 – Laje Maciça

Fonte: Retondo (2021)

Há muitos estudos em relação às diferenças quanto à viabilidade técnica e econômica referentes às lajes maciças e nervuradas. As lajes maciças tiveram seu uso mais expandido ao

longo do tempo devido a sua praticidade, enquanto que as lajes nervuradas surgiram na construção civil apenas a partir de 1854, patenteadas por William Boutland Wilkinson. Dessa forma, deve-se comparar esses dois tipos de laje, que são eficazes e que possuem características próprias e singulares (SILVA, 2010).

1.5 Orçamento

Uma composição de custos não pode ser criada como uma fria coleção de números que pode ser retirada de um livro ou de um manual. Oposto a isso, ainda que o processo de elaboração dos custos seja regido por conceitos fundamentais de orçamentação, deve-se ser capaz de retratar o mais próximo da realidade do projeto que será executado. Por se tratar de um estudo feito anteriormente à sua execução, há sempre uma margem de incerteza incrustada no orçamento.

O orçamento envolve o estudo do projeto que, a partir desse faz-se o levantamento quantitativo, fator que aponta os serviços a serem executados e inseridos na composição dos custos que é o fechamento do orçamento.

Para realizar um orçamento deve-se seguir algumas etapas para conseguir um resultado satisfatório e com valores mais próximos da realidade. Os passos para um bom orçamento segundo Silva (2015), incluem:

A) Análise das características: Serão os projetos que serão executados, consiste em analisar o local da obra, o acesso para entrada e armazenamento de materiais, disponibilidade de água e energia, segurança e demais características.

B) Levantamento de quantitativos: É uma das etapas mais importantes para elaborar um orçamento, a qual envolve a coletada no projeto das atividades necessárias para executar na obra.

C) Composição de custos unitários: Se trata da montagem do custo direto de cada serviço que será executado por uma unidade básica. Para se conseguir um bom orçamento tem-se que levar em consideração os índices de produtividade de mão de obra para cada serviço bem como quantidade de insumos de materiais e equipamentos necessários para se executar esta atividade.

D) Aplicação do BDI (Bonificação e Despesas Indiretas): Se trata de uma taxa correspondente às despesas indiretas e lucro, para a execução de serviços, incidentes sobre a soma dos custos de materiais, mão-de-obra, equipamentos, etc. Esta taxa tanto pode ser inserida na composição dos custos unitários, como pode ser aplicada diretamente ao final do orçamento, sobre o custo total, objetivando conseguir-se o preço de execução da obra.

A fim de conseguir montar uma composição de custos pode ser utilizada a Tabela de Composição de Preços para Orçamento (TCPO), o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e comparando preços com os fornecedores. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram coletados os dados para composição dos custos unitários da estrutura que receberá a cobertura ecológica na tabela SINAPI.

É importante destacar que, de acordo com o Decreto 7983 de abril de 2013 e com a Lei 13.303/2016, a SINAPI é indicada como fonte oficial de referência de preços de insumos e de custos de composições de serviços pelo (BRASIL, 2013; 2016).

Para o uso adequado das informações das tabelas é fundamental o conhecimento das composições na sua forma analítica, da origem do preço dos insumos e dos critérios de quantificação dos serviços que se encontram disponíveis nos Cadernos Técnicos dos Grupos de Serviços.

O referencial teórico apresentou informações dos tipos de vegetação utilizadas no telhado verde a depender da estrutura da cobertura da residência que pode ser laje maciça ou nervurada, depende também do tipo e espessura do solo, esses pontos influenciam no orçamento da obra. Para ter um resultado mais preciso foi utilizado local de análise com dados mensuráveis, por meio de um estudo de campo descrito a seguir.

2 METODOLOGIA

2.1 Características da pesquisa

A pesquisa tem um caráter explicativo, ou seja, aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê, esse caráter explicativo é descrito por Braga (2013; 2015). A pesquisa do tipo explicativa pode estar integrada aos estudos de uma pesquisa exploratória e descritiva e mais algumas particularidades que se revestem de elevado grau de controle e que, em alguns casos, podem ser classificadas como experimentais.

O campo de análise desse trabalho foi baseado na realidade das construções no município de Barra do Garças - MT, considerando as normas estabelecidas pela prefeitura, que regem as obras. Portanto, na elaboração do projeto arquitetônico e estrutural comentados neste artigo foram norteados pelo código de obra e plano diretor do Município.

Para a parte do dimensionamento estrutural foi usado como base de referência o autor Professor Dr. Paulo Sérgio dos Santos Bastos da faculdade UNESP (BASTOS, 2015). Também foi utilizada a norma ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto –

Procedimento, a tabela SINAPI referência 12/2019 Desonerada e o programa de dimensionamento estrutural Eberick V8 Gold para verificação dos resultados.

2.2 Definindo o projeto

Para obter os resultados, primeiramente foi feito o projeto de uma residência unifamiliar de dois pavimentos para o município de Barra do Garças – MT, um projeto compatível à realidade e normas do município.

Definida a planta da edificação, foram realizados cálculos de dimensionamento com os carregamentos adequados considerando um telhado verde com vegetação extensiva, que servirá como um terraço, ou seja, os usuários da edificação terão acesso a cobertura.

Assim, foi elaborada, conforme o quadro 2, a comparação entre as duas opções de laje e impermeabilização, apresentando como resultado satisfatório a estrutura que for mais resistente e mais viável economicamente, ou seja, será feita uma análise do custo benefício da implantação do sistema de telhado verde em ambas as lajes, com os diferentes tipos de impermeabilização.

Quadro 2 - Comparação entre os projetos

TELHADO VERDE			
MODELO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS PARA LAJES E IMPERMEABILIZAÇÕES x CUSTO			
MODELO 01: LAJE MACIÇA + IMPERMEABILIZAÇÃO FLEXÍVEL	MODELO 02: LAJE MACIÇA + IMPERMEABILIZAÇÃ O RÍGIDA	MODELO 03: LAJE NERVURA + IMPERMEABILIZAÇÃ O FLEXÍVEL	MODELO 04: LAJE NERVURA + IMPERMEABILIZAÇÃ O RÍGIDA
R\$ 202.401,92	R\$ 194.810,78	R\$ 193.685,97	R\$ 190.157,92

Fonte: Os autores.

Com os modelos de análise definidos e levantamento de pontos positivos e negativos de cada sistema, foram realizados cálculos estruturais e com os resultados elaboradas planilhas orçamentárias. O que pretendeu-se obter como resultado foi uma compatibilidade entre preço e qualidade do sistema, por isso foi feita uma análise utilizando uma residência em um local que se consegue medir parâmetros influenciáveis na instalação da cobertura verde.

3 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Características da edificação

A edificação foi projetada na cidade de Barra do Garças – MT, uma residência unifamiliar de dois pavimentos, térreo e primeiro andar. O lote tem uma área de 262,00 m² e área construída de 92,54 m².

No andar térreo tem-se os seguintes cômodos: Sala de estar/jantar, cozinha, dormitório e banheiro. No 1º andar tem-se: uma suíte com closet e varanda e uma suíte. A construção foi projetada para ser executada com o tipo convencional, com tijolo cerâmico ou blocos de concreto.

De acordo com as características do relevo e orientação solar, que favorece na instalação do telhado verde essa edificação foi projetada na seguinte localização (Figura 4), Rua Senador Filinto Muller, Lote N° 23 Quadra 181, Jardim Nova Barra Do Garças, Barra Do Garças – MT. O mapa abaixo mostra a localização.



Figura 4 - Mapa de Barra do Garças

Fonte – Google Maps (2020)

Com a localização do terreno é necessário analisar outros fatores que podem influenciar no momento da construção de uma residência com o telhado verde, fatores como temperatura, índice pluviométrico, entre outros fatores ambientais influenciáveis em uma construção.

3.2 Fatores Influenciáveis em Barra do Garças

Correlacionando o tema, telhado ecológico, com os dados da cidade tem-se algumas informações fornecidas pelo IBGE no ano de 2017 que aponta alguns pontos que influenciam na escolha de instalar ou não uma cobertura verde, informações como as do gráfico abaixo:

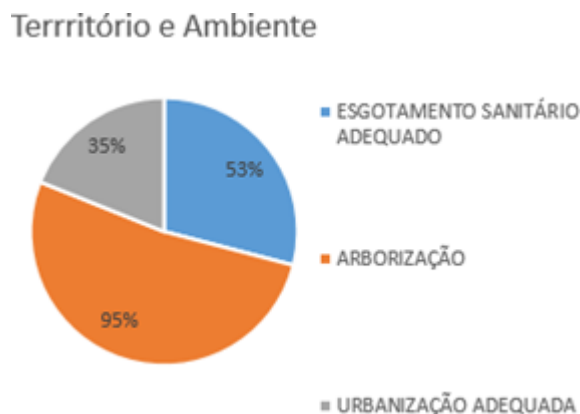


Gráfico 1 - Território e Ambiente

Fonte: IBGE (2017)

O gráfico exibe as porcentagens das atividades realizadas até o ano de 2010 em Barra do Garças. No esquema, Urbanização Adequada, se enquadra atividades básicas como, a presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio, o fato do índice estar baixo, mostra uma cidade com poucos incentivos para melhorias arquitetônicas e sustentáveis.

O fator Arborização auxilia bastante no momento da instalação e manutenção dos telhados ecológicos, pois significa que se tem uma grande quantidade e variedade de plantas que são favoráveis ao clima da região.

Com o propósito de apresentar os pontos positivos para instalação da cobertura verde pode-se encontrar o índice pluviométrico e temperatura média na cidade, com esses dados pode-se observar se as plantas devem suportar muito calor ou não e se é possível fazer a coleta de água pluvial juntamente com o sistema sustentável do telhado verde.

As informações foram coletadas no site Instituto Nacional de Meteorologia - INMET fornecidas pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, informações como: A precipitação (mm) e a temperatura média (°C) dos anos de 2018 e 2019 até o mês de novembro. Não foi possível encontrar dados conclusivos da cidade de Barra do Garças portanto, as informações descritas são da cidade de Aragarças (GO) que fica a 1,5 Km da cidade estudada, segundo Google Maps.

Pode-se analisar entre os dois anos (2018 e 2019), uma temperatura média anual de 34 a 35 °C, acerca da umidade do ar tem-se de acordo com as informações do BDMEP, de cinco a seis meses de seca com poucas chuvas durante cada ano analisado. Portanto, conclui-se que as plantas cultivadas no telhado verde devem ser resistentes a altas temperaturas e a seca. Esses fatores influenciam na irrigação da vegetação e na espessura do substrato pois, se for uma camada de solo espessa pode-se ter um maior tempo com o solo úmido, por outro lado passa a ficar mais pesado para a estrutura, caso seja fina a camada de solo, a necessidade de irrigação será maior por perder água mais rápido para o ambiente.

Uma outra condição que interfere na instalação da cobertura verde, é a precipitação, esta apresenta-se com oscilações. Abaixo pode-se observar a precipitação anual dos anos de 2017, 2018 e 2019 até o mês de novembro:

- 2017 precipitação de 1380,9 mm
- 2018 precipitação de 1816,2 mm
- 2019 precipitação de 812,4 mm

A quantidade de chuva influencia na possibilidade de instalar ou não, um sistema de reuso de água pluvial. De acordo com Ferreira (2007) a retenção de água pluvial na cobertura verde tanto colabora com a regulação da umidade do ambiente, permitindo a evaporação de uma considerável quantidade de água e o consequente aumento da umidade do ar, como contribui para redução do problema de drenagem da água pluvial.

3.3 Dados do projeto

Realizadas as alterações necessárias no projeto, como alturas e dimensões definidas, foi feita a separação de cada pavimento para facilitar no momento de importar o projeto do AutoCad para o Eberick, a separação consiste nos seguintes pavimentos:

- Baldrame
- 1º Andar
- Cobertura
- Caixa d'água

O pavimento baldrame apresenta vigas e fundações do tipo sapatas. Este pavimento será responsável por suportar a carga direta do térreo. No 1º andar tem-se pilares, vigas e lajes, sendo uma laje em balanço que é a varanda de uma das suítes. Esse pavimento receberá carga direta do 1º andar, que são as duas suítes. O pavimento cobertura tem pilar, vigas e lajes. Esse andar receberá cargas da cobertura que é o telhado verde e uma das lajes receberá a carga da

caixa d'água. Sabendo-se que essa cobertura será acessível portanto, é preciso considerar a carga da movimentação de pessoas. O último andar é a caixa d'água que também apresenta pilares, vigas e laje, o pavimento foi criado para ser a torre do reservatório.

A partir dessa divisão dos pavimentos foram elaboradas planilhas para cada elemento estrutural como, as lajes, estas divididas em maciças e nervuradas, pilares e vigas. Dentro dessa primeira divisão, houve uma subdivisão para cada pavimento. As planilhas envolveram:

- Pré-dimensionamento de lajes nervuradas
- Pré-dimensionamento de lajes maciças
- Pré-dimensionamento de vigas
- Pré-dimensionamento de pilares
- Carga nas lajes nervuradas
- Carga nas lajes maciças

3.4 Lajes

Para o pré-dimensionamento de ambas as lajes se coletou dados do projeto a partir do programa AutoCad, informações como os números de lajes e suas dimensões em X e Y, ou seja, Lx e Ly. As lajes foram enumeradas da esquerda para direita de cima para baixo, iniciando pelas centenas, ou seja:

- 1º andar → Laje 101 até 106
- Cobertura → Laje 201 até 205
- Caixa d'água → Laje 301

Para a planilha de Pré-dimensionamento de lajes tanto nervuradas quanto maciças foram necessários dados como a classe de agressividade ambiental (CAA), pois com este dado coletado foi possível adotar um cobrimento nominal (Cnom), tem-se como auxílio para coletar esses dados a ABNT NBR 6118:2014, p.17, Tabela 6.1.

Fez-se necessário analisar o nível da agressividade ambiental, os fatores que interferem nesse dado e o local que a obra será construída e o risco de deterioração, com isso é obtido a CAA II.

Adotada a CAA pode-se passar para o próximo passo que é adotar um cobrimento nominal, ou seja, uma espessura de concreto que cobre o suficiente para proteger uma armadura, para encontrar esse fator usou-se a ABNT NBR 6118:2014, na página 20, tabela 7.2 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal, adotando Cnom de 30mm.

Na mesma planilha do Excel (Microsoft®) de pré-dimensionamento de lajes adotou-se um valor inicial de bitola do aço para ambos os tipos de lajes, foi adotado um valor inicial para armadura longitudinal de 8mm ($\varnothing$ L 8 mm). Compreendendo que esse valor pode variar, podendo ser de 6,3 mm ou 5 mm nos casos de armaduras positivas. Durante o lançamento no programa esse valor pode variar de acordo com os avisos.

A norma 6118:2014 traz algumas prescrições sobre o diâmetro da armadura e o espaçamento entre essas, no item 20.1, p.169.

- “Qualquer barra da armadura de flexão deve ter diâmetro no máximo igual a $h/8$.”
- “As barras da armadura principal de flexão devem apresentar espaçamento no máximo igual a $2h$ ou 20 cm, prevalecendo o menor desses dois valores na região dos maiores momentos fletores.”

3.5 Vigas

As vigas são elementos estruturais na horizontal, são enumerados pelas centenas, começando de cima para baixo e da esquerda para direita.

- Baldrame → 101 até 110
- 1º pavimento → 201 até 209
- Cobertura → 301 até 309
- Caixa d'água → 401 até 404

Os dados necessários para pré-dimensionamento do elemento estrutural viga são: O diâmetro da armadura longitudinal de 12,5 mm ($\varnothing$ L 12,5). Adota-se também uma espessura de cobrimento nominal de concreto para proteção da armadura, essa espessura é a mesma que a usada nos pilares, ou seja, cobrimento nominal (C_{nom}) de 30 mm.

3.6 Pilares

O elemento estrutural pilar, é um elemento vertical que tem como função receber as cargas das lajes e vigas e transportar até as fundações que irá descarregar no solo. Os pilares são enumerados do baldrame até a caixa d'água seguindo a sequência de P1 até P49.

No projeto em estudo a partir de análises pode-se afirmar que de acordo com a escolha do pé direito de 3 metros os pilares teriam essa mesma altura. Portanto, a altura do pilar é de 3 metros.

Foram definidas as dimensões iniciais para os pilares de 15X30 (cm), pelo motivo da parede ter espessura de 15 cm, as dimensões podem ser alteradas no programa Eberick de acordo com os avisos. Com a altura e dimensões pré-determinadas segue-se para os próximos dados.

Seguindo recomendações dos estudiosos, Professor Dr. Paulo Sérgio dos Santos Bastos da faculdade UNESP e Professor José Milton de Araújo da faculdade FURG, pode-se adotar o diâmetro da barra da armadura longitudinal de 10 mm ($\varnothing 10\text{mm}$). Para proteger a armadura determina-se um cobrimento nominal seguindo a ABNT NBR 6118:2014, na página 20, tabela 7.2 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal, CAAII e C_{nom} de 30mm.

3.7 Considerações das cargas

As cargas a ser contabilizadas na estrutura de uma edificação devem ser cautelosamente identificadas. Tem-se as cargas permanentes e as acidentais, podem ser consultadas na ABNT NBR 6120:2019 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações ou seguir recomendações de alguns autores.

Os valores utilizados para as cargas acidentais seguindo a NBR 6120:2019 são os seguintes:

- Para os dormitórios, sala, copa, cozinha e sanitários: $1,5 \text{ KN/m}^2$.
- Para as lavanderias, dispensa e área de serviço: 2 KN/m^2 .

Nas cargas permanentes, utilizou-se valores adotados por alguns autores, como o Prof. Eduardo Giugliani da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Faculdade de Engenharia (2014). Os carregamentos permanentes para a estrutura foram:

- O peso específico dos tijolos cerâmicos de 6 furos é de 13 KN/m^3 , tem-se 5,9m de alvenaria sobre a laje, com isso obtêm-se $76,7 \text{ KN/m}^2$ para o peso de alvenaria.
- Peso específico da argamassa de regularização 24 KN/m^3 , adotando-se uma espessura para a argamassa com 0,03 m, obtêm-se a regularização de $0,72 \text{ KN/m}^2$.
- Peso específico do porcelanato 25 KN/m^3 (NBR 6120:2019), considerando uma espessura de 0,01m. portanto, tem-se $0,25 \text{ KN/m}^2$ para o peso do revestimento porcelanato.
- Forro de madeira $0,16 \text{ KN/m}^2$.

A carga da caixa d'água foi definida a partir de informações do fabricante e da ABNT NBR 5626:1998 – Instalação predial de água fria. Foi calculado um reservatório de 1500 litros e a partir de cálculos e recomendações dos fabricantes tem-se tensão de 13 KN/m^2 .

A carga considerada para o telhado verde seguiu recomendações do autor Silva (2011), “a vegetação extensiva, tem maiores aplicações. O solo varia de 25 mm a 127 mm de espessura e a carga necessária para a estrutura varia de 50kg/m^2 a 250kg/m^2 .” Portanto, utilizou – se o valor de $2,5\text{ KN/m}^2$ para a cobertura verde.

4 RESULTADOS

4.1 Projeto

O software estrutural Eberick, após o processamento da estrutura gera as pranchas dos elementos estruturais. Apresentando de forma detalhada os materiais necessários e as quantidades de cada um com a respectiva unidade de medida, os detalhamentos das armaduras, a seção de cada elemento, a legenda dos pilares que mostra de acordo com os pavimentos o local que cada pilar nasce ou morre, essas e outras características podem ser coletadas pelo programa e isso ajuda o calculista e o engenheiro que irá executar a obra.

O programa mostra também o pórtico 3D da estrutura, com isso consegue-se uma visualização melhor do que está sendo projetado, podendo ver todos os pavimentos e os elementos estruturais.

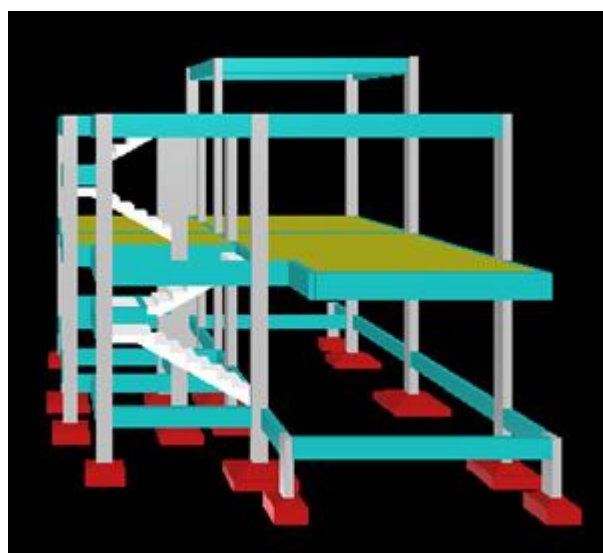


Figura 7 – Vista frontal
Fonte: Os autores (2020)

4.2 Resultado do orçamento

Esta etapa foi dividida em quatro situações, combinando os tipos de laje e impermeabilização, as planilhas desenvolvidas no Excel (Microsoft®) estão considerando os

serviços de armaduras, formas, concretagem e impermeabilização, segue valores totais e com BDI de 20% para cada modelo.

- Laje maciça + impermeabilização flexível → Modelo 01
Total: R\$168.668,27
Total com BDI: R\$202.401,92
- Laje maciça + impermeabilização rígida → Modelo 02
Total: R\$162.342,32
Total com BDI: R\$194.810,78
- Laje nervurada + impermeabilização flexível → Modelo 03
Total: R\$161.404,98
Total com BDI: R\$193.685,97
- Laje nervurada + impermeabilização rígida → Modelo 04
Total: R\$158.464,94
Total com BDI: R\$190.157,93

Os dados da armadura, tanto no resumo de materiais quanto nas planilhas SINAPI, foram coletados separadamente para cada elemento, como por exemplo nas lajes tem-se os seguintes diâmetros de armadura CA-50 de 6,3 mm e CA-60 de 5,0 mm, já nas fundações tem-se CA-50 de 8,0mm e CA-50 de 10,0 mm.

Para as formas também foi necessário fazer essa divisão dos elementos estruturais pois, a tabela que fornece os valores unitários apresenta o madeiramento das fôrmas separadamente. Foi definido um concreto usinado de 25 Mpa e não bombeável, essas informações foram definidas e depois coletadas na tabela SINAPI com as mesmas características.

Por último, para a determinação da impermeabilização foram definidos dois tipos: flexível com manta asfáltica e rígida com argamassa polimérica, ambas com proteção com argamassa de regularização.

4.2.1 Análise do orçamento

Feito o orçamento a partir dos projetos e resumo de materiais gerados no Eberick é possível analisar qual das opções de laje e impermeabilização são mais viáveis, do ponto de

vista econômico e estrutural. Os gráficos abaixo foram elaborados pela relação entre atividades (descrição) e valores (R\$).

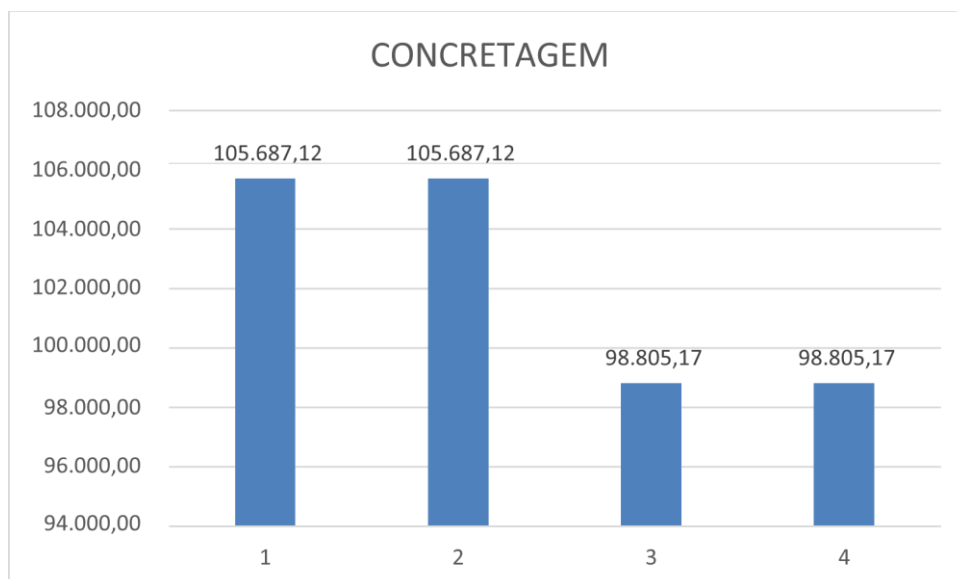


Gráfico 2 – Concretagem

Fonte: Os autores (2020)

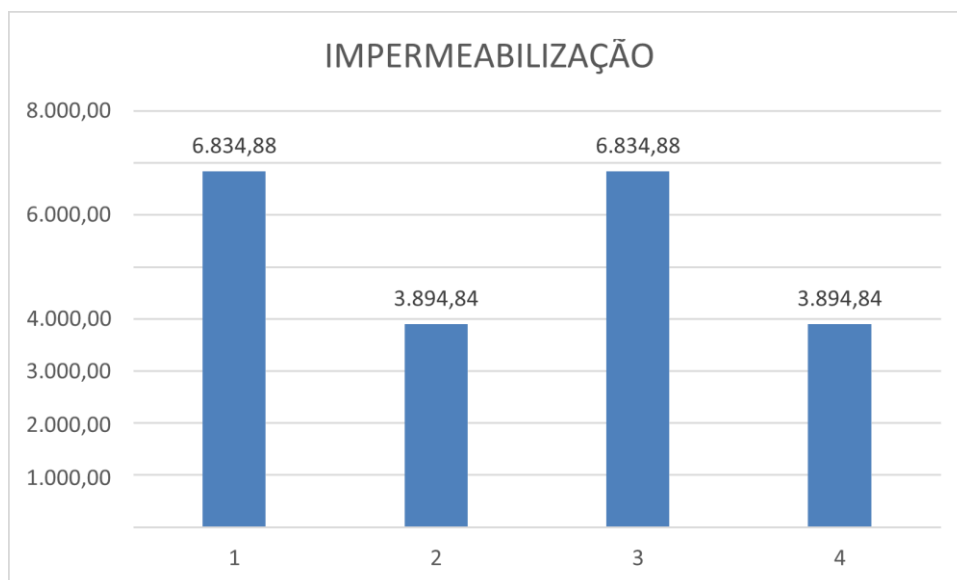


Gráfico 3 – Impermeabilização

Fonte: Os autores (2020)

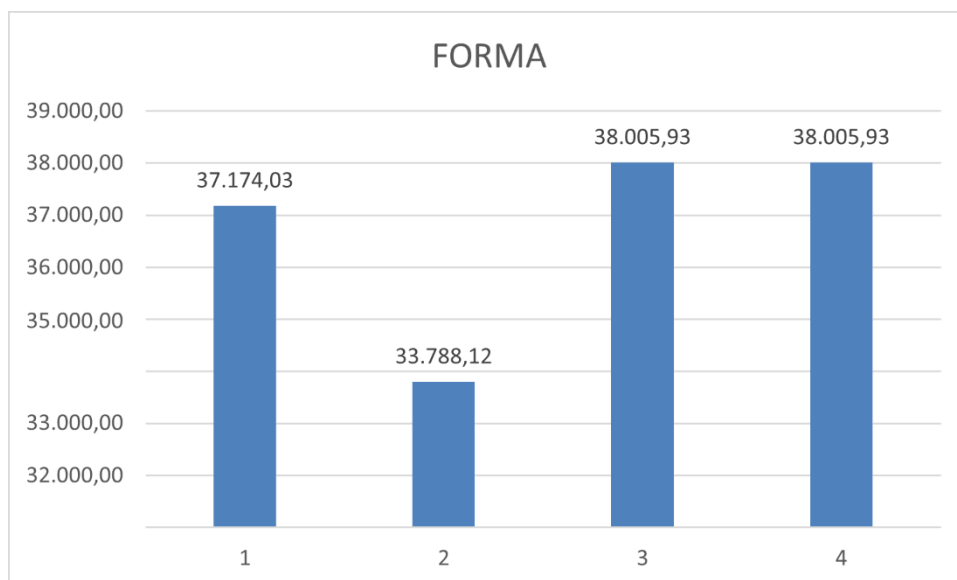


Gráfico 4 – Forma
Fonte: Os autores (2020)

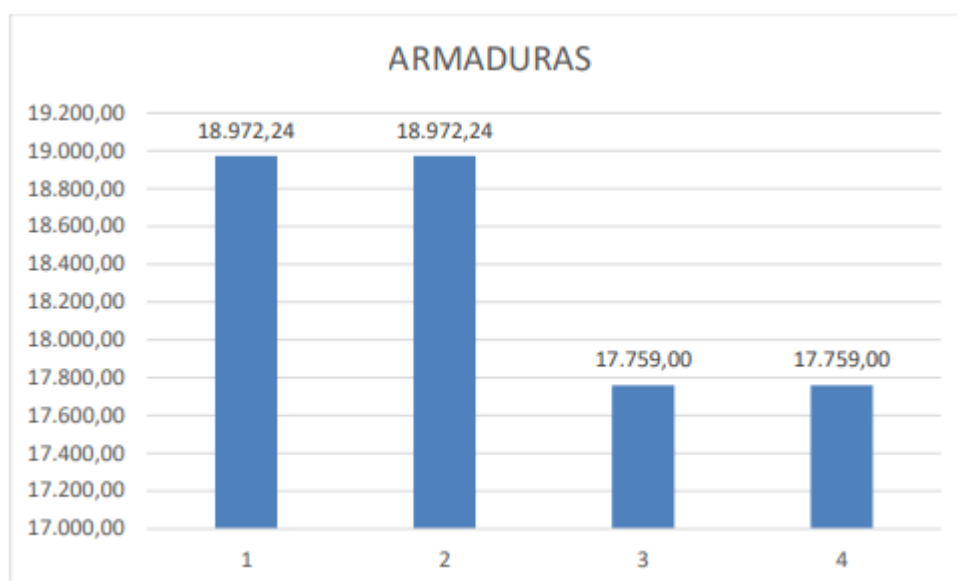


Gráfico 5 – Modelo 4
Fonte: Os autores (2020)

Os materiais especificados nesses gráficos são: armaduras, formas, concreto e impermeabilização. A diferença entre os modelos são os tipos de lajes e a impermeabilização. Sendo as lajes maciças e nervuras, a primeira opção tem mais gasto com concreto por não ter um material inerte de preenchimento como o isopor, a segunda é mais leve, com menos gasto na concretagem por ter um material como o isopor utilizado entre as armaduras. A respeito da impermeabilização ambos os tipos terão uma camada de proteção com argamassa de

regularização, o material utilizado na impermeabilização rígida não acompanha as dilatações da estrutura, já a do tipo flexível é mais vantajosa neste aspecto.

O gráfico 6 apresenta a relação de cada modelo com o valor final, contabilizando todos os serviços e o BDI de 20% sobre o custo final.

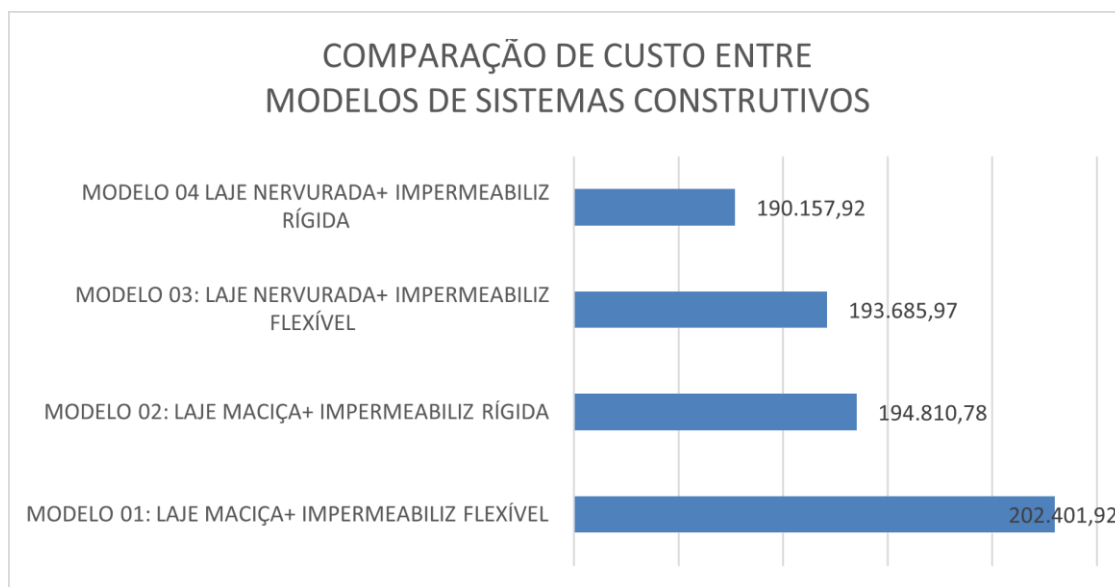


Gráfico 6 – Modelo x Custo

Fonte: Os autores (2020)

Portanto, pode-se afirmar que o sistema de menor custo não condiz ao sistema de maior eficácia, pois, o de menor custo é a laje nervurada com impermeabilização rígida e do ponto de vista estrutural a melhor impermeabilização é a flexível pelo fato dela conseguir acompanhar as dilatações de um elemento estrutural.

Tendo em vista a viabilidade técnica e econômicas pode-se definir como a melhor opção o modelo 03 que tem a laje nervurada e impermeabilização do tipo flexível com a camada de proteção com argamassa de regularização, o custo dessa estrutura é de R\$ 193.685,97.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho em questão buscou analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação da cobertura ecológica do tipo extensiva e acessível em uma edificação residencial unifamiliar de dois pavimentos com área construída de 92,54 m². Foi possível concluir que a melhor estrutura e impermeabilização é a laje nervurada com impermeabilização flexível e camada de proteção com argamassa de regularização, totalizando em um custo de R\$ 193.685,97.

Portanto, considerando que o valor desse sistema é elevado, porém, necessário visto que as cidades estão enfrentando catástrofes e a falta de estrutura urbana, tem-se que considerar que o custo dessa implantação é viável pensando que trará benefícios a sociedade e a natureza a longo prazo.

A comparação entre as tipologias de sistemas construtivos laje x impermeabilização demonstrou que o modelo 04 é o que atingiu o menor custo, porém a literatura técnica recomenda para situações em que a estrutura está sujeita a deformações que se utilize um tipo de impermeabilização que acompanhe as referidas deformações indicando que o sistema flexível é o mais adequado, desse modo indica-se que o modelo 03 é mais adequado tecnicamente e está na 2ª opção quanto ao custo.

A realização da pesquisa permitiu enfatizar a necessidade de mais estudos de estimativas de custos sempre que se optar pela utilização do telhado verde, visto que uma decisão tomada sem nenhuma simulação de custos com variação dos sistemas construtivos, optando-se pelos modelos convencionais, poderá encarecer o custo da obra e até mesmo inviabilizar o emprego dessa solução favorável a sustentabilidade e ao meio ambiente.

Como uma forma de dar continuidade ao trabalho pode-se aprofundar mais nos diferentes sistemas construtivos do telhado verde, podendo ser do tipo alveolar, modular e laminar, adotar um desses sistemas na cobertura do tipo extensiva e intensiva, fazer um orçamento estrutural comparando esses sistemas e ver qual é mais viável tecnicamente e economicamente.

REFERÊNCIAS

ADMINKS. **Curiosidades sobre o teto verde, 2019.** Blog K.S Construtora. Disponível em: <https://construtoraks.com.br/blog/curiosidades-sobre-o-teto-verde/>. Acesso em: 03 nov. 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9575:** Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120:** Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, ABNT, 2019.

BASTOS, Paulo Sergio. **Estruturas de Concreto I.** Universidade Estadual Paulista UNESP, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil. Bauru, 2015. Disponível em <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Lajes.pdf>. Acesso em: 05 de set. 2019.

BARRA DO GARÇAS (Município). **Lei complementar nº124 de 04 de novembro de 2009.** Código de obras do Município de Barra do garças – MT. Disponível em: <https://sic.tce.mt.gov.br>. Acesso em : 04 nov. 2019.

BARRA DO GARÇAS (Município). **Lei complementar nº102 de 02 de janeiro de 2007.** Plano Diretor do Município de Barra do garças – MT. Disponível em: <https://www.barradogarcas.mt.leg.br/leis/plano-diretor/lei-102-plano-diretor.pdf/view>. Acesso em: 04 nov. 2019.

BRAGA, Hilda Maria Cordeiro Barroso. **Metodologia do trabalho científico:** procedimentos básicos de investigação, elaboração de trabalhos acadêmicos e publicações científicas. São Paulo: Laços, 2015.

BRAGA, Hilda Maria Cordeiro Barroso. **Trabalho acadêmico:** guia prático para elaboração. São Paulo: Laços, 2013.

BRASIL. Decreto nº 7.983, de 8 de abril de 2013. Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/d7983.htm. Acesso em: 01 nov. 2021.

BRASIL. Lei nº 13.303, de 30 de junho de 2016. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/113303.htm. Acesso em: 01 nov. 2021.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. Referências de Preços e Custos. Disponível em https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_650. Acesso em: 16 dez. 2019.

FERREIRA, Manoela de Freitas. **Teto Verde:** o Uso de Coberturas Vegetais em Edificações. Relatório PIBIC, PUC. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2007/relatorios/art/art_manoela_de_freitas_ferreira.pdf. Acesso em: 06 set. 2019.

FREITAS, Antônio Henrique Correia de; FRANÇA, Poliana Miranda; FRANÇA Tamiris Miranda. Construção Sustentável: Benefícios e Desafios. **Revista Pensar Engenharia** [online], v. 3, n. 1, p. 1-15, jan. 2015 Disponível em: <http://revistapensar1.hospedagemdesites.ws/engenharia/artigo/no=a149.pdf>. Acesso em: 06 set. de 2019.

FREIRE, Mônica Athayde. **Métodos Executivos de Impermeabilização de um Empreendimento Comercial de Grande Porte**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Departamento de Construção Civil. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011036.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.

GIUGLIANE, Eduardo. **Sistemas Estruturais II – Cargas Atuantes nas Estruturas – Tipologia e Valores**. Politécnica PUCRS, 2014. Disponível em: https://www.politecnica.pucrs.br/professores/giugliani/ARQUITETURA_-_Sistemas_Estruturais_II/02_Cargas_Atuanes_sobre_Estruturas_-_2a_parte.pdf. Acesso em: 10 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Território e Ambiente, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/barra-dogarcas/panorama>. Acesso em: 15 jan. de 2020.

PEREIRA, Caio. Dimensionamento de caixa d'água, Escola Engenharia. **Escola Engenharia** 06 jun. 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/dimensionamento-caixa-dagua/>. Acesso em: 15 jan. 2020.

RETONDO, Lucas. Estrutura de concreto armado: lajes. **Blog construindo casas**. Disponível em: <https://construindocasas.com.br/blog/construcao/laje/>. Acesso em: 01 nov. 2021.

SILVA, Kássio; CAMPOS, Glaudson; SILVA, Ricardo Marques; SANTOS, Angélica Cidália Gouveia dos. Orçamento: A composição de custos na construção civil. **Revista Pensar Engenharia**, v.3, n.1, p. 1-18, jan. 2015. Disponível em: http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a143.pdf. Acesso em: 20 jan. 2020.

SILVA, Lucas Pergher. **Estudo comparativo entre lajes nervuradas e maciças em função dos vãos entre apoios**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, 2010. Disponível em lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28581/000769185.pdf?sequence=1. Acesso em: 14 set. 2019.

SILVA, Neusiane da Costa Silva. **Telhado Verde: Sistema Construtivo de Maior Eficiência e Menor Impacto Ambiental**. Dissertação (Especialização em Construção Civil), Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Engenharia - Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9AEGBV>. Acesso em: 10 set. 2019.