



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Ana Clara Leal Godoy

AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE TELHADO VERDE E VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA NA UTILIZAÇÃO EM EDIFICAÇÕES DE BAIXA RENDA CONSTRUÍDAS EM MUTIRÃO

Palmas – TO

2017

Ana Clara Leal Godoy

AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE TELHADO VERDE E
VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA NA UTILIZAÇÃO EM EDIFICAÇÕES
DE BAIXA RENDA CONSTRUÍDAS EM MUTIRÃO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira.

Palmas – TO

2017

Ana Clara Leal Godoy

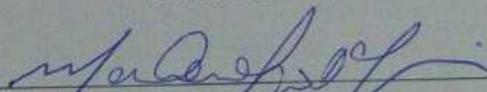
AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE TELHADO VERDE E
VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA NA UTILIZAÇÃO EM EDIFICAÇÕES
DE BAIXA RENDA CONSTRUÍDAS EM MUTIRÃO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

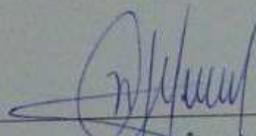
Orientador: Prof. M.Sc. Maria Carolina de Paula
Estevam D'Oliveira.

Aprovado em: 17/05/2017

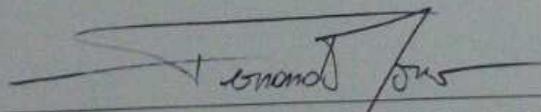
BANCA EXAMINADORA



Prof. M.Sc. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Dr. Ângela Ruriko Sakamoto
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas - TO

2017

Dedico este trabalho a Deus, por sempre me manter de pé, aos meus Pais e Avós, e a todos que de alguma forma contribuíram, torceram e me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, por sempre me dar forças e colocar pessoas maravilhosas em minha vida.

Agradeço a minha orientadora Prof. M.Sc. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira, por todo conhecimento e valiosa colaboração para o desenvolvimento desse trabalho, pelas conversas e paciência que muito contribuiu.

Agradeço ao meu namorado Gabriel por todo apoio, paciência, conselhos e incentivos para o desenvolvimento dessa pesquisa, e por ter me acompanhado desde o início da graduação, sempre me auxiliando e aconselhando.

Agradeço a minha cunhada e amiga, Prof. Dr. Glêndara Aparecida de Souza Martins, por toda disposição, conhecimento passado e pelas contribuições de extrema importância para a concretização deste trabalho.

Agradeço aos meus pais Adilson José de Godoy e Nilvanir Leal da Silva e avós Maria José de Godoy e Joaquina Leal de Jesus, por todo apoio, suporte e sabedoria compartilhada.

Agradeço a minha irmã Isabela Leal Godoy por todo companheirismo e cumplicidade.

Agradeço aos meus familiares, em especial a minhas primas Keila e Nívia, por se fazerem presentes e sempre me ajudando, mesmo sem saber.

Agradeço aos meus amigos que a faculdade me presenteou, Tabita Holanda e Melk Zedeck, em especial a minha “chefa” Wanessa Rolim, e aos amigos de longa data, em especial a Alliny Cristina que sempre esteve disposta a escutar minhas reclamações com aquela paciência, vocês contribuíram de maneira exemplar e ímpar nessa etapa.

Aos demais amigos e familiares que me apoiaram e torceram por mim, obrigada.

Que os vossos esforços desafiem as
impossibilidades, lembrai-vos de que as
grandes coisas do homem foram conquistadas
do que parecia impossível.

Charles Chaplin

RESUMO

GODOY, Ana Clara Leal. **Avaliação dos Métodos Construtivos de Telhado Verde e Verificação da Viabilidade Técnica na Utilização em Edificações de Baixa Renda Construídas em Mutirão**. 2017. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

A construção civil se tornou uns dos maiores consumidores de recursos naturais, o uso destes recursos de maneira inapropriada ocasiona impactos ambientais diversos. Com o objetivo de minimizar os impactos, a construção sustentável disponibiliza alternativas com técnicas construtivas, e o telhado verde ou cobertura verde representa uma técnica que está solucionando problemas corriqueiros do cotidiano. A técnica de telhado verde vem sendo utilizada e aperfeiçoada ao longo da história, mas foi em países Europeus que esta técnica foi ganhando espaço e se tornou popular com valores construtivos semelhantes aos sistemas convencionais. No Brasil, a prática do emprego do telhado verde não é recorrente, há a necessidade de incentivo, em sua maioria de cunho teórico. Sendo assim, este estudo visa avaliar a viabilidade técnica de três sistemas de telhado verde, no intuito de emprega-lo numa construção de baixa renda em Palmas – TO. Primeiramente foi desenvolvido três projetos, um de cada sistema específico para melhor visualização e elaboração correta dos custos e pesos. Para uma análise mais concreta foi elaborado levantamentos de custos e cargas/peso de casa sistema separadamente, e por fim houve uma comparação entre custos de execução, manutenção e carga/peso dos sistemas. Afim de facilitar e mitigar erros, foi elaborado um guia construtivo desde a etapa de regularização da base a manutenção dos sistemas. Conclui-se que os sistemas de telhado verde analisados obtiveram resultados satisfatórios, além dos benefícios proporcionados pela técnica ao usuário e ao meio ambiente.

Palavras chaves: Telhado Verde; Cobertura Verde; Construção Sustentável; Sustentabilidade.

ABSTRACT

GODOY, Ana Clara Leal. Evaluation of Green Roof Construction Methods and Technical Viability Verification in the Use in Low-Income Buildings Built in Mutirão. 2017. 102 P. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas / TO, 2017.

Civil construction has become the largest of the largest resources of natural resources, the use of these resources of adaptation of various environmental impacts. In order to minimize impacts, the construction of availability of solutions with constructive technologies, and the green roof or green roof represent a technique that is solving everyday problems of everyday life. The green roof technique has been used and perfected throughout history, but it has been in European countries that this technique has been gaining ground and has become popular with constructive values similar to conventional systems. In Brazil, an employment practice is not recurrent, a need for encouragement, mostly theoretical. Therefore, this study aims to evaluate a technical feasibility of three green roof systems, no intention of using it in a low income construction in Palmas - TO. Firstly, three projects were developed, one of each specific system for better visualization and correct elaboration of costs and weights. For a more concrete analysis was drawn up cost and weight / house weight calculations separately, and finally had a price between execution, maintenance and payload / weight of the systems. In order to facilitate and minimize errors, a constructive guide has been developed from a stage of regularization of the system maintenance base. Get to know the roof systems in green and analyze the results satisfying, from one environment and the other environment.

Keywords: Green Roof; Green Coverage; Sustainable construction; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Edificação Primitiva	17
Figura 2 - Dados do impacto ambiental causados pela construção civil (%)	19
Figura 3- Protótipo Concluído - Casa 1.0 em Palmas-TO	20
Figura 4 - Conjunto Bananal B - Guarulhos - SP	21
Figura 5 - Fase de concretagem do "piso zero" - Casa 1.0 Palmas – TO	22
Figura 6 - Levantamento da alvenaria - Casa 1.0 Palmas - TO	22
Figura 7 - Jardim Suspenso - Estacionamento do Edifício Rochaverá Corporate Towers - São Paulo - SP	24
Figura 8 - Jardim Suspenso - Shopping Cidade Jardim - São Paulo – SP	24
Figura 9 - Representação gráfica das camadas do telhado verde	25
Figura 10 - Drenagem e Reservatório de água - Sistema Modular	28
Figura 11 - Exemplo de SodHouse	30
Figura 12 - Sistema Hidromodular – Ecotelhado	31
Figura 13 – Instalação do Sistema Revestimento Vivo Flat - Instituto Jardim	32
Figura 14 - Custos do telhado verde na Alemanha e EUA	36
Figura 15 - Planta Baixa do Projeto Arquitetônico	38
Figura 16 - Grama Esmeralda e Grama Batatais	44
Figura 17 – Representação do Detalhe Esquemático do Sistema Vernacular	44
Figura 18 - Representação do Detalhe Esquemático do Sistema Revestimento Vivo Flat – Inst. Cid. Jardim	46
Figura 19 - Representação do Detalhe Esquemático do Sistema Hidromodular - Ecotelhado	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios para a escolha do telhado verde.....	27
Tabela 2 - Espécies de vegetação para telhado verde.....	29
Tabela 3 - Levantamento de Quantitativo	40
Tabela 4 - Planilha Orçamentária	40
Tabela 5 - Levantamento de Carga/Peso	41
Tabela 6- Resumo do custo - Sistema Vernacular.....	45
Tabela 7 - Carga/Peso do Sistema Vernacular	45
Tabela 8: Resumo do custo - Sistema Revestimento Vivo Flat - Inst. Cidade Jardim.....	46
Tabela 9: Carga/Peso - Sistema Revestimento Vivo Flat – Inst. Cidade Jardim.....	47
Tabela 10: Resumo de custos - Sistema Hidromodular – Ecotelhado.....	48
Tabela 11: Carga/Peso - Sistema Hidromodular – Ecotelhado	48
Tabela 12 - Planilha de Previsão Orçamentária de Manutenção - Sistema Vernacular	51
Tabela 13 - Planilha de Previsão Orçamentária de Manutenção - Sistema Rev. Vivo Flat - Inst. Cidade Jardim	51
Tabela 14 - Planilha de Previsão Orçamentária de Manutenção – Sistema Hidromodular - Ecotelhado	52

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Emissões de CO ₂ no Brasil por setores	34
Gráfico 2: Custo (R\$/m ²) X Sistemas.....	49
Gráfico 3: Sistema x Peso/Carga (kg/m ²).....	52
Gráfico 4 - Custos X Cargas/Pesos dos Sistemas.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CEULP/ULBRA	Centro Universitário Luterano de Palmas
CUOS	Certidão de Uso e Ocupação do Solo
IGRA	<i>International Green Roof Association</i>
MCT	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
NEI	Núcleo de Empreendedorismo e Inovação
ONU	Organização das Nações Unidas
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

LISTA DE SÍMBOLOS

CO ₂	Dióxido de carbono
°C	Grau Celsius
l/m ²	Litro por metro quadrado
m ³	Metro cúbico
kg/m ²	Quilograma por metro quadrado
R\$/m ²	Reais por metro quadrado

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	Problema de Pesquisa	15
1.2.	Hipóteses.....	15
1.3.	Objetivos.....	15
1.3.1.	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>15</i>
1.3.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>15</i>
1.4.	Justificativa	15
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1.	Origem dos telhados	17
2.2.	Impacto da construção civil no uso de recursos naturais.....	17
2.3.	Construção em mutirão.....	20
2.3.1.	<i>Casa 1.0 Palmas/TO.....</i>	<i>21</i>
2.4.	Construção Verde	22
2.5.	Telhado Verde	23
2.5.1.	<i>Tipos de telhado verde</i>	<i>26</i>
2.5.2.	<i>Técnicas de telhado verde</i>	<i>27</i>
2.6.	Telhado verde: benefícios.....	32
2.6.1.	<i>Redução das Ilhas de Calor</i>	<i>32</i>
2.6.2.	<i>Isolamento térmico.....</i>	<i>33</i>
2.6.3.	<i>Redução do escoamento superficial.....</i>	<i>33</i>
2.6.4.	<i>Absorção de CO₂.....</i>	<i>34</i>
2.6.5.	<i>Isolamento acústico.....</i>	<i>35</i>
2.7.	Emprego do Telhado Verde.....	35
2.7.1.	<i>Suporte Estrutural.....</i>	<i>35</i>
2.8.	Vida útil e Custo dos Telhados Verdes	36
2.9.	Orçamento.....	37
3.	METODOLOGIA	38
3.1.	Objeto de estudo	38
3.2.	Definição dos métodos	39
3.2.1.	<i>1ª Etapa – Definição de Técnicas Construtivas</i>	<i>39</i>
3.2.2.	<i>2ª Etapa – Elaboração de planilhas analíticas.....</i>	<i>40</i>
3.2.3.	<i>3ª Etapa – Cargas/Peso dos sistemas</i>	<i>41</i>
3.2.4.	<i>4ª Etapa – Guia Construtivo</i>	<i>42</i>

4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1.	Análise dos sistemas de telhado verde.....	43
4.1.1.	<i>Sistema Vernacular</i>	<i>44</i>
4.1.2.	<i>Sistema Revestimento Vivo Flat – Inst. Cidade Jardim</i>	<i>45</i>
4.1.3.	<i>Sistema Hidromodular - Ecotelhado.....</i>	<i>47</i>
4.2.	Análise dos custos.....	48
4.2.1.	<i>Execução</i>	<i>49</i>
4.2.2.	<i>Manutenção.....</i>	<i>50</i>
4.3.	Análise das Cargas/pesos dos Sistemas.....	52
4.4.	Análise Comparativa de Custos e Cargas/Pesos dos Sistemas.....	53
4.5.	Elaboração do Guia Construtivo.....	54
5.	CONCLUSÃO	55
6.	TRABALHOS FUTUROS.....	57
7.	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICES	64
	APÊNDICE A – Planilha Orçamentária – Sistema Vernacular	65
	APÊNDICE B – Planilha Orçamentária – Sistema Revestimento Vivo Flat – Inst. Cidade Jardim.....	66
	APÊNDICE C – Planilha Orçamentária – Sistema Hidromodular – Ecotelhado.....	67
	APÊNDICE D – Projeto Sistema Vernacular	68
	APÊNDICE E – Projeto Sistema Revestimento Vivo Flat – Instituto Cidade Jardim.....	70
	APÊNDICE F – Projeto Sistema Hidromodular – Ecotelhado	72
	APÊNDICE G – Croqui de Irrigação	74
	APÊNDICE H – Guia Construtivo.....	76

1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional mundial traz consequências adversas, sobretudo no que tange os recursos naturais. O consumo inapropriado ou descontrolado desses recursos demanda a implantação de medidas de eficiência nas atividades humanas. Nesse sentido, a construção, de maneira geral, é altamente impactante (GOTTFRIED, 1996). Entretanto, a construção sustentável traz alternativas para redução ou extinção dos impactos, mitigando as ações do homem e proporcionando uma melhor relação de custo benefício.

De acordo com Costa (2010), uma edificação verde é aquela que gera o menor impacto possível ao meio ambiente, resguardando o conforto dos habitantes e propiciando maior eficiência das energias naturais do entorno. Os elementos arquitetônicos de uma edificação são responsáveis pela limitação do interno e externo, gerando pontos frágeis ou estratégicos na construção sustentável. Nesse contexto, Ghaffarian e Hoseinia (2013) ressaltam que o século XXI tende a ser mais verde e inteligente. Os autores destacam, ainda, que a sustentabilidade está dividida em três componentes primordiais: ambiental, econômico e sociocultural.

No que diz a respeito de técnicas sustentáveis, o telhado verde representa uma alternativa para inúmeros problemas enfrentados no cotidiano da população. A associação *National Roofing Contractors Association – NRCA* (2007), define o telhado verde como um sistema que possui camadas impermeabilizantes, sistema de drenagem, isolamento térmico, terra (substrato) e a camada vegetal (plantas). Logo, o telhado que primordialmente protegia o interior do exterior, atualmente é um elemento indispensável no que tange a estética, desempenho térmico e acústico. Esta técnica empregada em edificação de baixa renda, tanto irá aumentar a qualidade de vida quanto ajudará nas medidas sustentáveis que beneficiam o meio ambiente.

A preocupação com o esgotamento dos recursos naturais tornou-se um problema mundial, como o aquecimento global, uma vez que os centros urbanos crescem desordenadamente, aumentando a taxa de superfícies impermeáveis, dificultando assim o escoamento superficial. A drenagem urbana é encarregada de direcionar a água aos efluentes naturais, mas mesmo possuindo esse sistema, a cidade de Palmas – TO sofre com alagamentos, devido a alta taxa de áreas impermeáveis. Sendo assim, faz-se necessária a adoção de alternativas para minimizar os danos causados pela ineficiência dos sistemas existentes (LIMA, F.F., et al, 2014). Assim, este estudo teve como intuito avaliar a viabilidade e o impacto do método construtivo do telhado verde na qualidade de vida das famílias de baixa renda, bem como diagnosticar o melhor sistema a ser empregado.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

As edificações empregam, cada vez mais, técnicas sustentáveis. Nesse sentido, o telhado verde vem sendo utilizado para suprir e até solucionar fatores e intemperes do cotidiano das famílias. Assim, se questiona: qual o método construtivo mais eficiente e de melhor viabilidade técnica do telhado verde numa construção de baixa renda em Palmas – TO?

1.2. HIPÓTESES

Três hipóteses foram estabelecidas para nortear este trabalho.

H1: O desconhecimento da técnica do telhado verde coíbe seu uso.

H2: O custo da implantação da técnica sustentável é inferior ou equivalente ao custo de sistemas de coberturas convencionais.

H3: A carga imposta pelo sistema pode ser comparada ao de um revestimento.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Definir o método construtivo do telhado verde mais eficiente e de melhor viabilidade técnica para implantação do mesmo numa Ecovilla de baixa renda e elaborar um guia construtivo, obedecendo todos os critérios de normas e especificidades dos materiais nele empregado.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Estudo das alternativas de métodos construtivos do telhado verde;
- Elaborar projeto executivo do Telhado Verde;
- Elaborar planilha analítica para levantamento de custos;
- Apresentar cargas impostas pelos sistemas;
- Elaborar um guia dos métodos construtivos.

1.4. JUSTIFICATIVA

As superfícies impermeáveis crescem gradativamente nos grandes centros a cada ano. Com a tentativa de controlar este crescimento algumas cidades possuem a Certidão de Uso e Ocupação do Solo (CUOS) onde nela consta a taxa de ocupação máxima do solo, a taxa mínima de permeabilidade, os afastamentos, dentre outras especificidades.

Sendo assim, em consequência da falta de ordenamento urbanístico, dá-se então os contrastes entre o planejado e o executado, provocando catástrofes naturais influenciadas pela ação do homem. Com o intuito de diminuir tais impactos, a construção verde e suas tecnologias, vem sendo empregada cada vez mais em construções de interesses sociais futuras, bem como nas pré-existentes.

Nesse contexto, Baldessar (2012) destaca que a tecnologia do telhado verde proporciona para uma edificação diversas vantagens, por exemplo: conforto tanto visual quanto estético, diminuição da ilha-do-calor, melhoria na qualidade do ar, diminuição do uso de equipamentos condensadores para resfriar os ambientes, conforto acústico e redução do escoamento superficial.

A primeira aplicação do telhado verde foi como estética, supõe-se que o primeiro telhado verde é o Jardim Suspenso da Babilônia. Por volta dos anos 70, estudos começaram na Alemanha, envolvendo organizações privadas, universidades e centros de pesquisas, abrangendo o telhado verde e suas funções, empregando-o em habitats ecológicos nas cidades, métodos construtivos, equilíbrio energético, e viabilidades socioeconômicas (FERREIRA; MORUZZI, 2007).

Com base no descrito, este estudo explora as técnicas construtivas sustentáveis, bastante empregadas na Europa, que será implantada numa edificação de baixa renda, no Norte do Brasil, podendo trazer maior qualidade de vida para os moradores e proporcionando, também, referências para outros projetos de habitações sociais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ORIGEM DOS TELHADOS

Os telhados além de exercerem sua função básica de limitar o externo e interno das edificações, assume características importantes como isolamento acústico, térmico e garantir qualidade de vida aos habitantes.

De acordo com Savi (2012) os abrigos primitivos eram simples, tendo como elemento estrutural as rochas ou madeira cobertos em palha (Figura 1), onde supria as necessidades da época. Savi (2012) enfatiza que, com a evolução foram surgindo outras necessidades e técnicas construtivas, alterando a maneira de projetar e edificar.

Figura 1 - Edificação Primitiva



Fonte: Wikipédia (2016)

Com as colonizações e emprego de técnicas construtivas o telhado foi tomando características específicas de casa sociedade, onde a inserção do telhado verde desencadeará dúvidas, inseguranças e mudança na cultura local.

2.2. IMPACTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO USO DE RECURSOS NATURAIS

A utilização de recursos naturais na construção civil está presente desde a fundação até o acabamento. No Brasil, a execução de edificações traz uma herança portuguesa de adesão aos recursos naturais, sendo eles em seu estado natural ou não, tais como: tijolos, areia, pedras e madeira (BACHA, 2004).

De acordo com Almeida et al. (2015) o produto da construção civil é gravemente poluente, além de requerer e empregar muitos recursos naturais, mesmo com a possibilidade das tecnologias de minorar os impactos, ainda é evidente as restrições. O autor também relata que os resíduos gerados nas edificações brasileiras demonstram o tamanho desperdício de recursos e impacto ao ambiente.

Brasileiro (2015) afirma que os resíduos da construção civil são entorno de 20 a 30% de todos os demais resíduos sólidos gerados pela população de países desenvolvidos, sendo que os países em desenvolvimentos podem gerar bem mais. O autor também relata que em torno de 50% dos recursos naturais extraídos são para fins construtivos.

Segundo Tello (2013), com o avanço da legislação, as exigências perante as construtoras aumentaram, no que tange a geração de resíduos, sendo considerável a implantação de um sistema mais eficiente de gestão de resíduos sólidos. O autor enfatiza, também, que os fornecedores de materiais tendem a desenvolver meios de seus produtos gerarem menos resíduos; as construtoras buscarão uma revisão dos meios construtivos propiciando a regressão na geração de resíduos; avanço e implantação de um sistema de gestão a seleção dos resíduos da construção.

Nesse contexto, a Resolução CONAMA nº 001 de 23 de janeiro de 1986 define:

Artigo 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

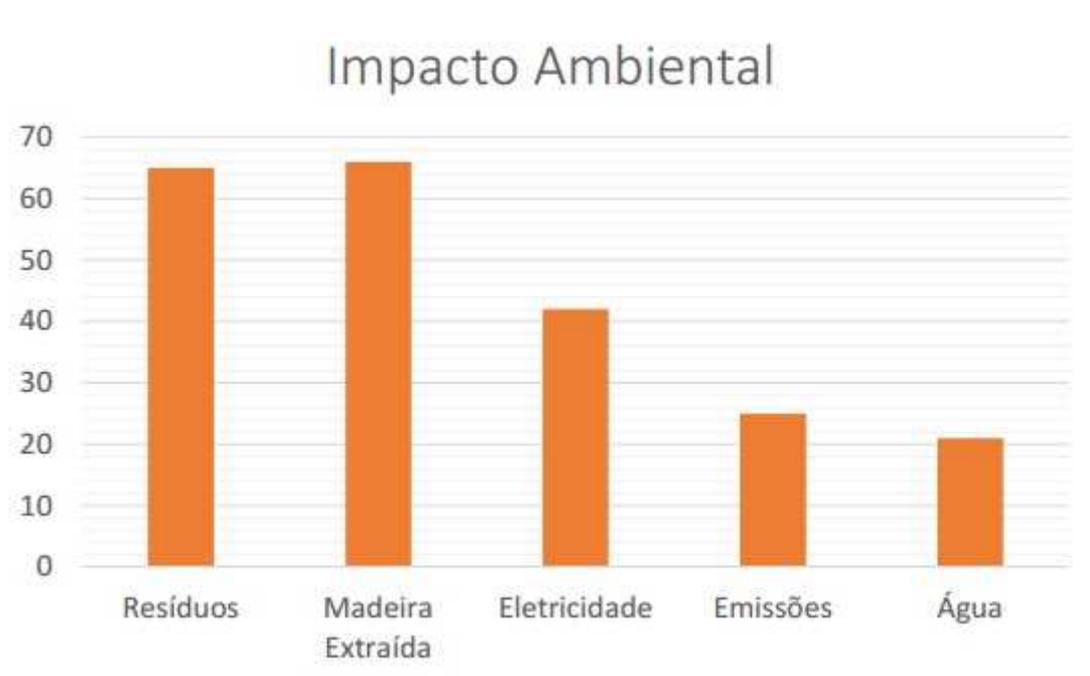
V - a qualidade dos recursos ambientais.

Almeida et al. (2015) destacam que a construção civil impacta de diversas maneiras ao meio ambiente, onde é possível evidenciar o alto consumo de recursos naturais, energia, a geração de poluição e resíduos para atmosfera.

No entanto, apesar dos programas de controle ao impacto ambiental, a contribuição da indústria da construção com a geração de resíduos é exorbitante, causando prejuízos tanto econômicos a administração pública quanto ambiental. Percebe-se que este problema é decorrente desde as primeiras edificações, a má eficácia do sistema de gerenciamento acarreta a gastos maiores e conseqüentemente a escassez da matéria prima.

A Figura 2 apresenta dados do impacto ambiental provocado pela construção civil por volta de 2015.

Figura 2 - Dados do impacto ambiental causados pela construção civil (%)



Fonte: Nascimento (2015)

Nos centros urbanos a geração de resíduos gerados pela indústria da construção e a extração de resíduos naturais tem se tornado fatores preocupantes, tendo em vista que, qualquer material e construção possui uma vida útil limitada, o que caracteriza a construção como um resíduo futuro. Tendo quaisquer produtos e conseqüentemente a construção uma vida útil limitada, buscamos atingir um desenvolvimento sustentável diminuindo a geração de resíduos diariamente, ou até mesmo reciclar, reutilizar ou utilizar produtos com vida útil maior (ALMEIDA et al., 2015).

Para Campos (2015) o emprego inadequado de recursos naturais nas indústrias da construção é notório e, devido a estas ações o emprego de uma gestão ambiental é primordial, considerando também a conscientização e saúde dos operários. A autora relata, também, que nos programas de conscientização é fundamental visar o racionamento no consumo de água e energia, segurança, e controle adequado na seletividade dos resíduos, principalmente nos canteiros de obras. Sendo assim, impactos ambientais provenientes do uso ineficiente dos recursos naturais deste setor geram apreensão a população.

Nota-se que o setor de construção possui uma relação direta com a natureza, tendenciando a uma correlação direta entre a qualidade de vida da sociedade e o uso de recursos naturais. Com o avanço da urbanização e seus impactos surge, então, o conceito de desenvolvimento sustentável, disponibilizando as edificações técnicas construtivas e modelos de gestões inovadoras.

2.3. CONSTRUÇÃO EM MUTIRÃO

É de suma responsabilidade mesclar a construção verde com uma gestão de construção em mutirão. Nesse contexto, Abiko (2006) conceitua uma construção em mutirão aquela que possua um sistema de gestão coletivo, todos em busca de algo em comum, que no caso uma moradia, este sistema visa uma redução dos custos da mão de obra e cria uma particularidade do mutirante com sua residência. O autor complementa que, os custos da obra em mutirão são 30% menores que os de uma construção convencional, e que um dos pontos negativos desta gestão é o prazo da obra, que por sua vez não é executada rotineiramente em tempo integral, ocorrendo apenas em feriados, finais de semana, tendo em vista também que a mão de obra utilizada não é especializada.

Lima (2016) cita algumas obras construídas em uma gestão de mutirão, tais como: Casa 1.0 em Palmas (Figura 3); Conjunto Bananal B – Guarulhos (Figura 4); Casa de adobe – zona rural de São Paulo; Residencial Campo Alegre – Uberlândia; Conjunto habitacional no bairro Pedra 90 – Cuiabá – MT.

Figura 3- Protótipo Concluído - Casa 1.0 em Palmas-TO



Fonte: Pedroso e Pimenta (2005)

Figura 4 - Conjunto Bananal B - Guarulhos - SP



Fonte: Silva (2013)

2.3.1. Casa 1.0 Palmas/TO

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) apoia a implantação do projeto CASA 1.0 PALMAS para qualquer entidade da federação que tenha interesse em executá-lo. Com esta parceria, a Agência de Habitação e Desenvolvimento Urbano do Estado do Tocantins e o Sindicato da Construção Civil do Estado estudaram-se e implantou-se um protótipo, adequando o projeto a característica local, visando atender o déficit habitacional do estado do Tocantins, implementando as habitações para interesse social. (Pedroso; Pimenta, 2005)

Este projeto visa atingir os interesses sociais, foi implantado em diversos estados brasileiros com êxito. É um sistema construtivo que emprega a alvenaria modulada em blocos de concreto, atendendo todas as exigências do *Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural*, o nome do projeto faz citação ao carro 1.0, porém pretende-se aperfeiçoar técnicas construtivas à mão de obra disponível no mercado.

De acordo com Pedroso e Pimenta (2005), o sistema possui desperdícios e geração de resíduos mínimos, por se tratar de blocos específicos para cada local, permitindo a dispensa de formas, o uso excessivo de aço, sendo assim, racionalizando os gastos gerais da obra, reduzindo o custo da produção em larga escala de até 25%.

A Figura 5 e Figura 6 mostram duas fazes de execução do projeto no setor de Taquari em Palmas - TO.

Figura 5 - Fase de concretagem do "piso zero" - Casa 1.0 Palmas – TO



Fonte: Pedroso e Pimenta (2005)

Figura 6 - Levantamento da alvenaria - Casa 1.0 Palmas - TO



Fonte: Pedroso e Pimenta (2005)

2.4. CONSTRUÇÃO VERDE

De acordo com Silva (2014), o termo sustentabilidade não possui um conceito sólido. Sendo assim, o desenvolvimento sustentável é aquele que supre as demandas atualmente sem interferir nas demandas das gerações futuras.

A construção sustentável corresponde a ação da indústria da construção atender as novas técnicas construtivas que tendenciam ao desenvolvimento sustentável, respeitando os aspectos social, cultural, ambiental e econômico (Gatto, 2012).

A partir da disseminação dos conceitos de desenvolvimento sustentável, com a colaboração da Organização das Nações Unidas (ONU), em 1992, no Rio de Janeiro, foram assinados três documentos, sendo um deles a Agenda 21 que representa um planejamento mundial para auxiliar no desenvolvimento, tendo a sustentabilidade como uns dos focos fundamentais. (Baldessar, 2012).

Gatto (2012) evidencia que a demanda de construção sustentável é vista como um ato de contribuição para a redução da pobreza, propiciando ambientes de trabalho mais saudáveis, seguros, beneficiando a comunidade com geração de empregos e políticas sociais.

Uma construção verde, ou sustentável, envolve o emprego de um sistema construtivo tecnológico modificando minimamente o meio ambiente, trazendo consigo benefícios diversos, propiciando a qualidade de vida da população. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) disponibiliza normas para facilitar o emprego das técnicas construtivas mais sustentáveis, tal como a ABNT NBR 15112:2004 Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação, que visa os requisitos mínimos para a gestão de triagem dos resíduos da construção.

2.5. TELHADO VERDE

O desafio da utilização de técnicas sustentáveis na construção civil tende a evoluir. Sendo assim, o telhado verde tem sido adotado em diversas construções, visando aprimorar as características em grandes centros.

A cobertura verde implica basicamente no emprego de solo, vegetação, camada impermeável, instalado na cobertura de edificações, como prédios, residências, escritórios, entre outros (Granato, 2013). Dentre as principais vantagens na utilização de coberturas verdes, Granato (2013) destacam o Isolamento térmico da cobertura da edificação, o Isolamento acústico, o diferencial estético e ambiental evidenciado no projeto paisagístico, a redução do efeito estufa, a redução da poluição ambiental, o aumento na absorção de CO₂, bem como a criação de novas áreas verdes propícias ao desenvolvimento de ecossistemas.

A Figura 7e Figura 8 mostram exemplos de telhados verdes já implantados na cidade de São Paulo.

Figura 7 - Jardim Suspenso - Estacionamento do Edifício Rochaverá Corporate Towers - São Paulo - SP



Fonte: Granato (2013)

Figura 8 - Jardim Suspenso - Shopping Cidade Jardim - São Paulo – SP



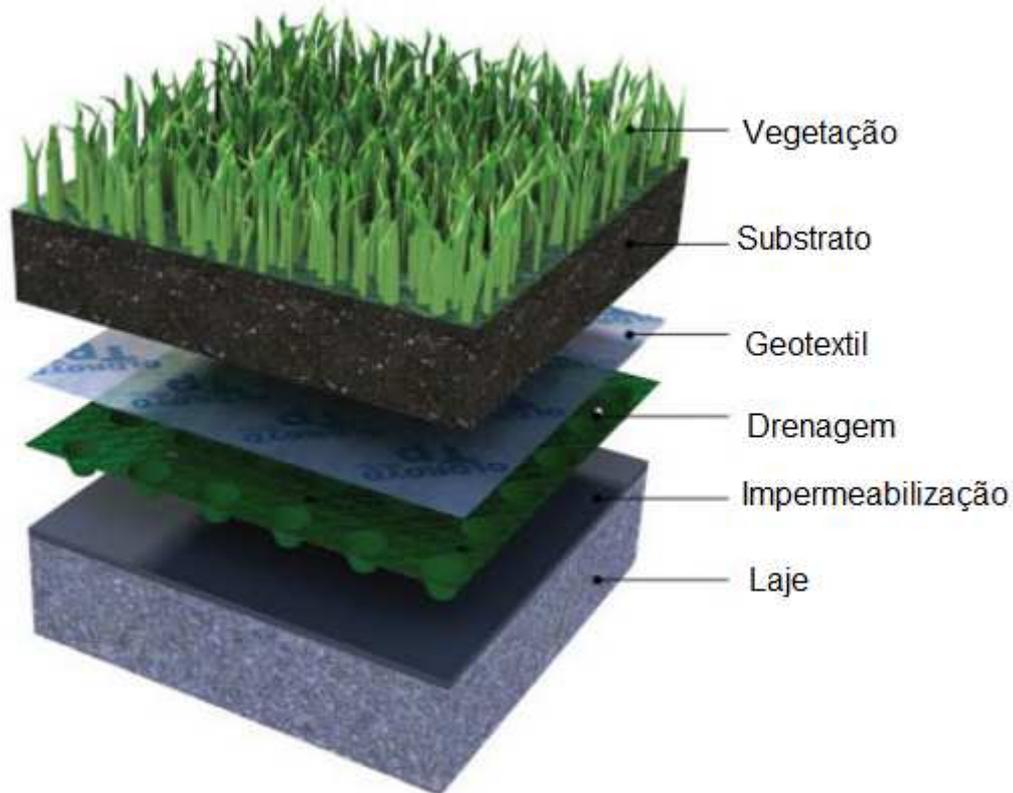
Fonte: Granato (2013)

Granato (2013) evidencia, ainda, que a principal desvantagem é a possibilidade de infiltrações provenientes de uma impermeabilização inadequada, tendo a ação constante de raízes, onde muitas vezes a utilização de sistemas inadequados acarreta na falha do sistema gerando custos de retrabalho.

De acordo com Oliveira (2009), o telhado verde é modulável e sua formatação varia de acordo com a solicitação.

Rola (2008) referencia o telhado verde como sendo um sistema completo que possui as seguintes camadas: camada impermeabilizante; drenagem; substrato e vegetação (Figura 9).

Figura 9 - Representação gráfica das camadas do telhado verde



Fonte: Adaptado, Greencoatings (2008)

Portanto, nas definições de Rola (2008) este sistema completo possui as seguintes características e/ou especificações:

- **Camada de suporte de carga:** estrutura responsável por suportar todo o peso da cobertura, este estando ou não saturado.
- **Camada impermeabilizante:** garantir a estanqueidade do sistema, impedindo que haja percolação da água, e resistência a perfuração para que não haja penetração das raízes das plantas.
- **Camada drenante:** é responsável pela captação da precipitação, irrigação em toda área, conduzindo a ao ponto de captação, evitando o transbordamento e afogamento da vegetação.
- **Camada de substrato:** é a camada de solo responsável pelo desenvolvimento da vegetação, com a espessura calculada para que não haja sobre carga no sistema.

- **Camada separadora:** consiste em um geotêxtil, que impede a passagem de partículas finas, protegendo as demais camadas e/ou o sistema de sua degradação.
- **Camada de vegetação:** sendo a cobertura vegetal, ela é selecionada de acordo com os objetivos do projeto e as condições do local.

2.5.1. Tipos de telhado verde

É possível caracterizar três tipos de telhado verde: extensivos, semi-intensivo ou intensivos, de acordo com Laar (2001): os telhados intensivos são aqueles que empregam plantas que com alto consumo de água, adubo e manutenção periódica; já os extensivos são ao contrário, são mais resistentes, não há necessidade de manutenções periódicas, e é considerado mais leve, o que acarreta a redução de custos em sua execução.

Gatto (2012) cita também, outro tipo de telhado, os telhados semiextensivos, que são telhados intermediários, possuindo a maior trabalhabilidade e maiores alternativas em suas modulações, já que se encontra entre o extensivo e intensivo, vale ressaltar que árvores e arbustos não são competentes a este meio termo.

Com a necessidade de amplificar esta tecnologia, empresas especializadas comercializam variados tipos de telhado verde. De acordo com a demanda do cliente, é possível classificar também os telhados verdes como acessíveis ou inacessíveis.

Um dos regulamentos mais antigos do telhado verde foi publicado na última década do século passado na Alemanha, intitulado “Diretrizes para o planejamento, execução e manutenção de sítios telhado verde” (IGRA, 2016).

A *International Green Roof Association* (IGRA) disponibiliza uma tabela com os principais critérios para escolha do telhado verde a ser adotado (Tabela 1).

Tabela 1 - Critérios para a escolha do telhado verde

	Telhado Verde Extensivo	Telhado verde Semi-Intensivo	Telhado Verde Intensivo
Manutenção	Baixa	Média	Alta
Irrigação	Não Precisa	Periodicamente	Regulamente
Tipos de Plantas	Musgos, herbáceas e gramíneas	Gramíneas – Herbáceas e arbustos	Gramado permanente e arbustos
Altura do sistema construtivo	60 – 200 mm	120 – 250 mm	150 – 400 mm
Peso	60 – 150 kg / m ²	120 – 200 kg / m ²	180 – 500 kg / m ²
Custo	Baixo	Médio	Alto
Uso	Camada de proteção ecológica	Telhado verde com design	Parque com jardim

Fonte: IGRA (2016)

O Brasil não possui um acervo que regulamenta a implementação do telhado verde, propiciando dúvidas e insegurança da tecnologia às construtoras. Após algumas análises, as instituições demonstram que a aplicação de telhado verde apresenta custos similares ao telhado tradicional (Neto, 2014).

2.5.2. Técnicas de telhado verde

Conforme citado anteriormente, para execução do telhado verde é necessário todo um conjunto de camadas para que a cobertura cumpra seu papel. Portanto, a configuração de um telhado verde é dada de acordo com algumas ressalvas e principalmente pelo local onde será empregado (Savi, 2012).

Savi (2012) ressalta que o telhado poderá possuir variados acabamentos para a estrutura, e destaca alguns, como: tabuado de madeira, laje de concreto, chapas de compensado estruturado, placa cimentícia, telha metálica, Steel Deck, estrutura de madeira e bambu, estrutura do telhado existente, entre outros materiais que garantem a sustentabilidade da estrutura do telhado saturado. A autora ressalva que a impermeabilização do sistema deverá ser executada de acordo com a solicitação da formatação escolhida, tal etapa demanda cautela, pois a má execução da mesma acarretará futuras patologias.

Para a camada drenante é possível encontrar sistemas modulares (Figura 10) fornecidos por empresas especialistas, que cumpram suas funções, sendo tais de materiais

recicladados (Savi, 2012). Já Minke (2004) recomenda que para um melhor desempenho desta camada, é necessária a utilização de materiais mais porosos, tal como a argila expandida.

Figura 10 - Drenagem e Reservatório de água - Sistema Modular



Fonte: Studio Cidade Jardim (2016)

A seleção do tipo de substrato a ser utilizado varia de acordo com a escolha da vegetação, tendo este que garantir leveza e permeabilidade ao sistema. A camada de vegetação é determinada posteriormente as demais, levando em considerações fatores pré-estabelecidos anteriormente, Savi (2012) cita que para a determinação desta camada é necessário observar: a espessura do substrato, a inclinação da cobertura, sombreamento da área, insolação, precipitação local. Porém Minke (2004) enfatiza que é necessário analisar também a resistência ao clima da região onde será instalado.

A respeito de vegetação, Laar (2001) ressalta alguns critérios para escolha desta camada como: condições climáticas do local, dimensões das raízes das plantas, dimensões aéreas das plantas de modo a não prejudicar a drenagem, tempo de desenvolvimento, resistência das plantas, plantas que não propiciem o desenvolvimento de algum inseto ou algo do tipo, plantas com uma área maior de folhas.

A tabela a seguir mostra algumas espécies de vegetação correlacionando-as a sua origem, consumo de água e característica (Tabela 2):

Tabela 2 - Espécies de vegetação para telhado verde

Espécie	Porte	Consumo de água	Origem	Característica
Gramma espectralda (zoysia japônica)	Forração	Médio	Japão	Grande efeito estético e pouca manutenção
Gramma São Carlos (Axonopus compressus)	Forração	Médio	Mata Atlântica	Pouca manutenção e verde escuro intenso
Gramma Amendoim (arachis repens)	Forração	Baixo	Cerrado	Não necessita de podas e tem flores amareladas
Dinheiro em penca (Callisia repens)	Forração	Baixo	Mata Atlântica	Ideal para áreas sombreadas
Lantana (lantana monecidensis)	Forração	Baixo	Cerrado	Resistente a seca e flores de grande beleza
Clusia (clusia sp.)	Arbusto para cerca-viva	Baixo	Mata Atlântica	Muito ornamental, pouca manutenção
Pitangueira (eugenia uniflora)	Árvore	Baixo	Mata Atlântica	Produtora de frutos, atrai pássaros

Fonte: Adaptado de SKYGARDEN (2016)

Savi (2012) destaca algumas formulações de técnicas presentes na bibliografia, tal como uma técnica citada por Minke (2004) de telhado verde edificada nos Estados Unidos da América, que é denominada “sodhouse” (Figura 11), que significa casas edificadas com grammas enraizadas. Um sistema composto por madeira, pasto e grama.

Figura 11 - Exemplo de SodHouse



Fonte: Wikipédia (2016)

Savi (2012) referencia também um método construtivo baseado em permacultura, tal técnica utiliza de estrutura de fácil aquisição, como o bambu. A autora evidencia que esta estrutura deve possuir inclinação mínima de 1%, tendo como base a estrutura de madeira modulada com bambu e tábuas, aplicando uma lona fixada em ripas, o sistema de drenagem é composto com uma tubulação perfurada, e cobre a tubulação com brita, tendo a próxima camada de placas de grama (Lengen, 2004).

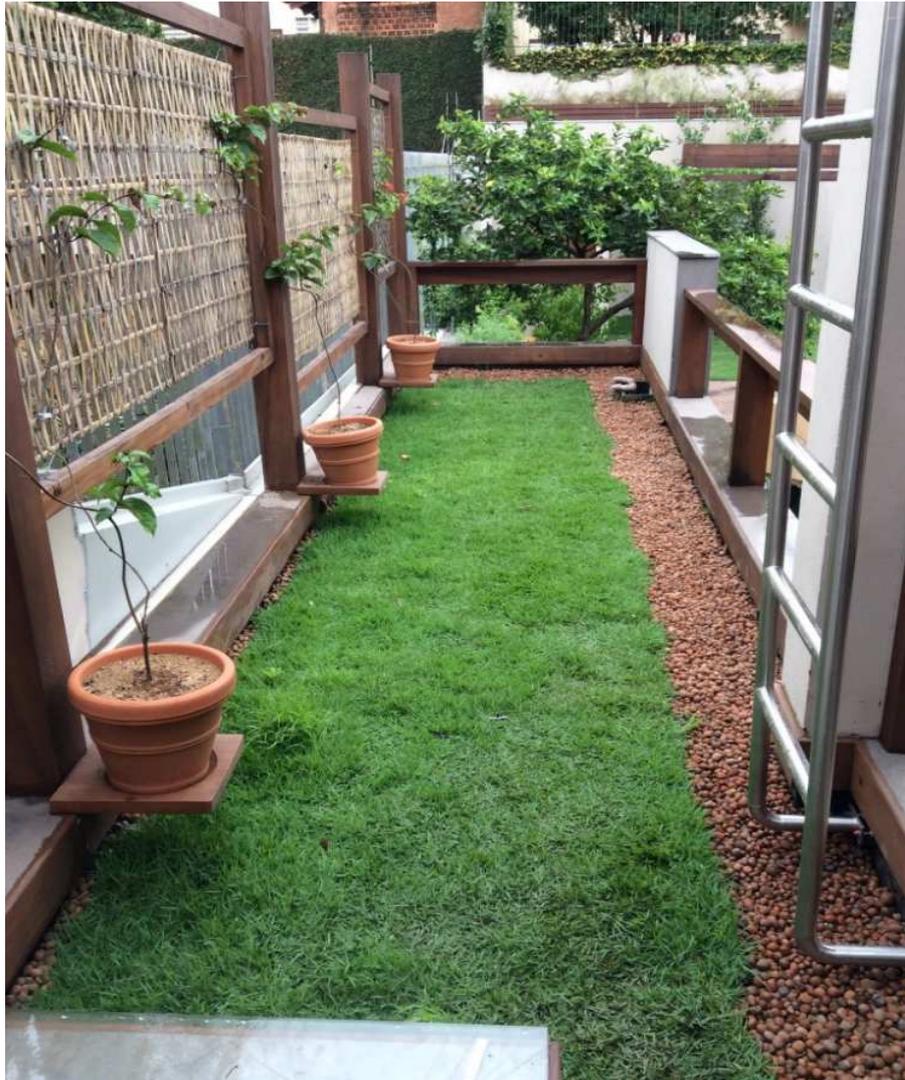
Já existem no mercado brasileiro alguns módulos pré-elaborados que são fabricados e comercializados por empresas especializadas, podendo originar de materiais reciclados, variando de tamanho de acordo com o fabricante. Estes módulos dividem-se em modular, alveolar e laminar. De acordo Gatto (2012) pode-se definir estes módulos da seguinte forma:

- **Modular:** geralmente utilizado em coberturas extensivas, este pode ser aplicado em superfícies planas ou inclinadas, onde nas versões com reservatórios de água suportam até 44 dias sem irrigação.
- **Sistema Hidromodular:** é um sistema pré-moldado comercializado por uma empresa localizada no sul do país, que vende para todo o Brasil. A empresa fornece todos os materiais necessários para a constituição do sistema, possuindo um consumo de aproximadamente 3,13 peças/m².
- **Sistema Revestimento Vivo Flat:** também um sistema pré-moldado, com forma retangular, tendo um consumo de 4 peças/m². O próprio sistema possui um reservatório de água, tendo com peso máximo saturado de 80kg/m², considerando substrato com aproximadamente 5cm de altura.

- **Sistema Vernacular:** este sistema é moldado *in loco*, onde recomenda-se utilizar materiais especificados em projeto e de fácil acesso no local da execução do mesmo.

A Figura 12 e Figura 13, a seguir, demonstram os dois sistemas acima mencionados, pré-fabricados.

Figura 12 - Sistema Hidromodular – Ecotelhado



Fonte: Ecotelhado (2016)

Figura 13 – Instalação do Sistema Revestimento Vivo Flat - Instituto Jardim



Fonte: Instituto Jardim (2016)

2.6. TELHADO VERDE: BENEFÍCIOS

Segundo Gatto (2012) o emprego da cobertura verde além de proporcionar seu papel fundamental, propicia uma tranquilidade psicológica pela redução aos impactos ao meio ambiente, aumentando a inter-relação do morador com a natureza.

De acordo com Minke (2004), a inserção de telhados verdes e áreas verdes nas cidades influenciariam o clima, de tal forma a reduzir a poeira, melhorando a qualidade do ar, portanto se as coberturas verdes chegassem em 10% a 20% das coberturas em geral é possível alcançar um clima urbano melhor, mais saudável.

Sendo assim, o emprego do telhado verde possui alguns benefícios que serão destacados a seguir:

2.6.1. Redução das Ilhas de Calor

Em locais de clima quente o telhado verde se comporta de maneira a ajudar na manutenção da temperatura interna, para que mesma seja menor que a externa, pois na cobertura verde de maneira natural o calor é retido no solo, onde o mesmo o absorve, e nos locais de clima frio ele aquece a edificação, armazenando calor dos ambientes internos pela reciprocidade de calor entre os moradores e equipamentos (Minke, 2004).

Neto (2014) ressalta que, no que tange a redução dos efeitos da ilha de calor, as coberturas verdes são capazes de absorver 80% da energia que entra, onde nas grandes cidades a temperatura tende a aumentar 10°C no decorrer do verão. O autor complementa que, o telhado

funciona como um isolante térmico, pois absorve as energias externas, como radiação, e impedem que a mesma seja transmitida para os demais ambientes da edificação, assim os gastos com aquecedores ou ar condicionados são reduzidos.

Para a redução da ilha de calor, a incidência solar sobre as coberturas tem papel fundamental, especialmente em telhados escuros, pois durante o dia a cobertura absorve calor, energia, e durante a noite libera lentamente, aumentando as temperaturas no entorno sendo necessário o uso de condensadores (Savi, 2012).

2.6.2. Isolamento térmico

O telhado verde no Brasil é pouco difundido, mas pesquisas demonstram que a inserção dele numa edificação justifica, com a redução do uso de condicionadores de ar e sistemas de calefação por terem um valor significativo. Tendo em vista que o conforto térmico é a conduta mais relevante ou pesquisado diante dos efeitos da urbanização, diante os mais variados benefícios do telhado verde (Gatto, 2012).

Minke (2004) destaca que telhados verdes influenciam diretamente no efeito de isolamento térmico, por possuir um colchão de ar que configura uma camada isolante. Gatto (2012) revela que a radiação solar é absorvida pela camada de vegetação, assim não disseminando ao meio ambiente.

Savi (2012) afirma que o telhado verde propicia uma temperatura estável no decorrer do dia e a noite, sendo assim, mantendo temperatura mais elevada à noite, e menores durante o dia, esse controle é decorrente da massa térmica do telhado verde onde o calor é disseminado de maneira mais lenta.

2.6.3. Redução do escoamento superficial

Em consequência do crescimento desordenado, muitas vezes devido à falta de planejamento, as superfícies impermeáveis crescem gradativamente propiciando catástrofes naturais. Nesse contexto, Baldessar (2012) referencia que inúmeras pesquisas e experimentos comprovaram que o telhado verde é capaz de reter a água da chuva, beneficiando a eficácia da drenagem urbana, prevenindo catástrofes. O autor cita um experimento realizado em Portland (EUA), onde houve retenção do volume da água entre 10% a 35% no decorrer da estação chuvosa e 65% a 100% durante a estação seca, desta forma comprovando a redução do pico de fluxo em todas as tempestades, ou seja, reduzindo os picos de vazão.

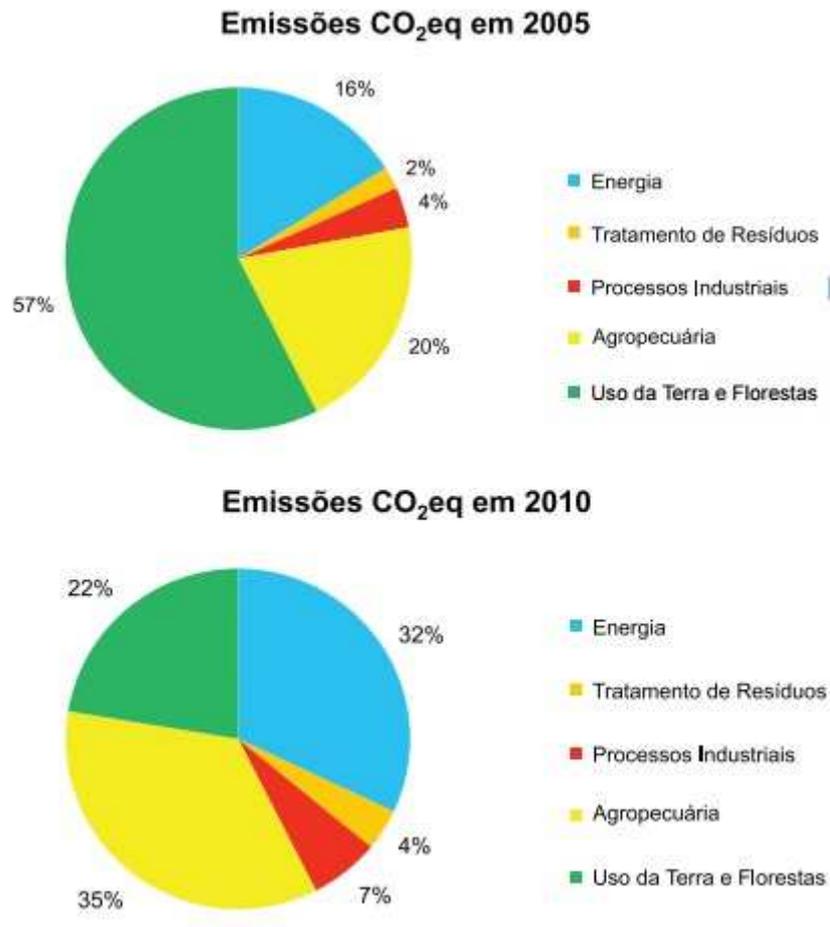
Diante do estudo realizado por Baldessar (2012), pode-se constatar que o telhado verde pode reter um volume aproximadamente 3 vezes maior de água do que um telhado convencional

de telha cerâmica. De tal forma comprovando que o telhado verde é capaz de reduzir o escoamento superficial, suprimindo e sendo uma solução para regiões urbanas.

2.6.4. Absorção de CO₂

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCT) disponibiliza um estudo com o título Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, onde apresentam de maneira detalhada as emissões de CO₂ no Brasil. Diante disso é possível visualizar que em 2005 a principal emissora de gás é a utilização da Terra e Florestas, ou seja, queimadas e desmatamentos para produção de pastos ou agricultura. Já em 2010 a agropecuária e energia estão quase no mesmo índice, observa-se também que o tratamento de resíduos duplicou de 2005 para 2010. Segue gráfico a seguir (Gráfico 1):

Gráfico 1 - Emissões de CO₂ no Brasil por setores



Fonte: MCT (2013)

Lopes (2014) revela que a construção civil é a uma das principais responsáveis significante a emissões de CO₂, pois a mesma está ligada ao setor industrial e de energia.

Nesse contexto, Savi (2012) destaca que se faz necessário a implantação de sistemas eficientes para o controle de temperaturas, causando menor impacto ao meio ambiente. Portanto, o emprego de coberturas verdes em edificações existentes e que ainda vão ser edificadas é um excelente aliado ao intuito de reduzir tais índices.

2.6.5. Isolamento acústico

Os estresses diários da população quanto aos ruídos em excesso nos grandes centros são constantes, maioria das vezes impostos pelo tráfego, atingindo diretamente a qualidade de vida da população.

De acordo com Lopes (2014) o isolamento acústico e demais efeitos físicos são notáveis com a implantação da cobertura verde. Savi (2012) complementa que, a vegetação e o substrato absorvem as ondas sonoras, diminuindo de maneira significativa os ruídos.

2.7. EMPREGO DO TELHADO VERDE

Para aplicação do telhado verde é preciso analisar o conhecimento técnico e procedimentos de execução, visto que alguns autores destacam que os principais problemas estão relacionados ao desconhecimento e maneiras de execução. Visto que no Brasil não possui normas para o telhado verde.

2.7.1. Suporte Estrutural

Neto (2014) ressalta que é recomendado que a carga de um telhado verde não extrapole 100kg/m^2 , considerando o telhado saturado, ou seja, a pior situação. Vale destacar que para implantar o telhado numa edificação já existente é necessário analisar toda estrutura, para que se necessário a execução de alguns reforços estruturais com o intuito de garantir a segurança, e a integridade da estrutura para que mantenha o equilíbrio estrutural (NETO, 2014).

O autor ainda complementa que para fins de cálculos deve-se ser levado em consideração os seguintes itens:

- **Carga permanente:** que é o peso das camadas (camada de vegetação, substrato, separadora, impermeabilização e drenagem).
- **Cargas acidentais:** são cargas relacionadas as atividades que serão executadas, tais como armazenamento de materiais no período do processo construtivo, transito de colaboradores, e a manutenção.

A Tabela 1 demonstra os três tipos de telhado verde, onde é possível comparar a relação de peso dos sistemas, sendo visível que os telhados extensivos possuem pesos semelhantes ao de um revestimento.

2.8. VIDA ÚTIL E CUSTO DOS TELHADOS VERDES

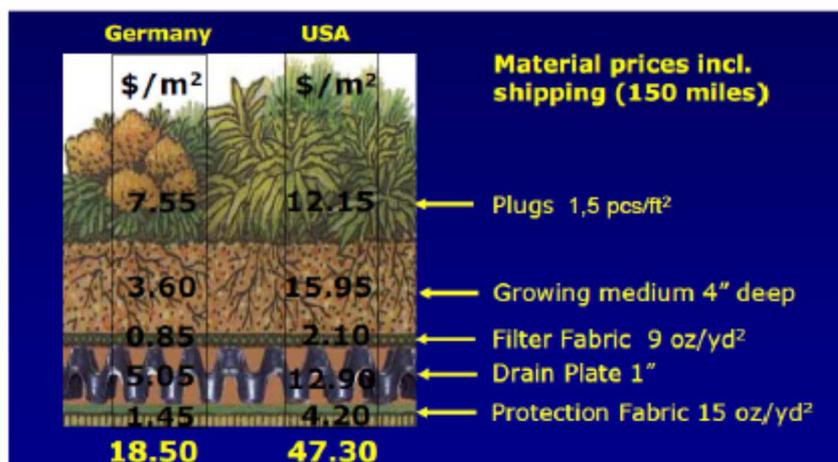
Devido às possibilidades de escolha do sistema a ser adotado para uma edificação, o valor do telhado verde varia. Portanto, Minke (2004) diz que o custo de um telhado verde para outro pode variar por volta de 80%. Vale destacar que a implantação do sistema em um planejamento o custo sai relativamente o mesmo que de um telhado convencional, pois implantar um sistema numa edificação já pré-existente demanda toda uma análise na estrutura e sobrecargas impostas pela cobertura.

O valor da cobertura verde deve levar em consideração, também, os materiais nele empregado, pois dependendo da vida útil dos materiais a cobertura terá a vida útil afetada, aumentando relativamente os custos futuros (Minke, 2004).

Savi (2012 *apud* Hewage, 2011) destaca que o tipo de telhado extensivo possui uma variação de preço entre \$130,00/m² a \$165,00/m², já os telhados intensivos têm custos em torno de quatro vezes maior, aproximadamente \$540,00/m². Considerando a cotação do dólar em aproximadamente R\$ 3,30 os custos dos telhados extensivos possuem uma variação entre R\$ 429,00/m² a R\$ 544,50/m², já os telhados intensivos R\$ 1782,00/m². Sendo assim um dos fatores de suma importância para decisão de qual tipo de telhado adotar.

Outra comparação que Savi (2012, *apud* Phillippi, 2006) ressalta é que dependendo do local onde será implantado o telhado o custo pode variar, pois o mesmo sistema custa em torno de \$18,50/m² (R\$ 61,05/m², levando em consideração a cotação de R\$ 3,30) na Alemanha e custa \$47,30/m² (R\$ 156,09, levando em consideração a cotação de R\$ 3,30) nos EUA, podendo levar em consideração também a falta de competitividade dos fornecedores do material nos locais. A Figura 14 demonstra esta diferença, comada por camada.

Figura 14 - Custos do telhado verde na Alemanha e EUA



Fonte: Phillippi (2006)

De acordo com Savi (2012), no Brasil não há um incentivo a aplicação desta tecnologia, ainda. Por isso esta solução é bastante individual, tendo como consequência a falta de mão de obra técnica e dificuldade na divulgação da mesma. A autora complementa que, se faz importante políticas públicas e normatização para o sistema de telhado verde de forma a incentivar a aplicação do mesmo e garantir a qualidade e custos competitivos.

Vale ressaltar que mesmo o custo inicial do telhado verde sendo na maioria das vezes maior que o dos telhados convencionais, o mesmo é diluído ao longo do ciclo de vida da cobertura (Savi, 2012 *apud* Hewage, 2011).

2.9. ORÇAMENTO

O cálculo de uma remuneração não é tão simples como parece, onde ele está ligado ao levantamento dos custos diretos, que são o custo dos insumos utilizados, e horas de uso da mão-de-obra e equipamentos onde compreendem seus valores unitários dos serviços (Tisaka, 2006). O autor complementa que, uma remuneração exatamente, pode se autodenominar Lucro ou Benefício, onde condiciona ao fator BDI, logo acrescido ao custo direto, tem-se o valor de venda.

Para elaboração de um orçamento de execução de obras e serviços no ramo de Construção Civil, é necessário seguir três etapas, tais como: Cálculo do Custo Direto, Cálculo das Despesas Indiretas e Cálculo do Benefício (Tisaka, 2006).

Tisaka (2006) conceitua então as três etapas como:

- **Cálculo do Custo Direto:** Despesas com material e mão-de-obra que serão incorporadas ao estado físico da obra. Despesas da administração local, instalação do canteiro de obras e sua manutenção e sua mobilização e desmobilização.
- **Cálculo das Despesas Indiretas:** Despesas que, embora não incorporadas à obra, são necessárias para a sua execução, mais os impostos, taxas e contribuições.
- **Cálculo do Benefício:** Previsão de Benefício ou lucro esperado pelo construtor mais uma taxa de despesas comerciais e reserva de contingência.

Com o auxílio de ferramentas o orçamento é modulado e executado, construtoras já aplicam tecnologias para facilitar e melhorar os orçamentos, tal como a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM), que integra todas as informações necessárias para construção proporcionando uma agilidade para formulação de orçamentos e planejamento da obra.

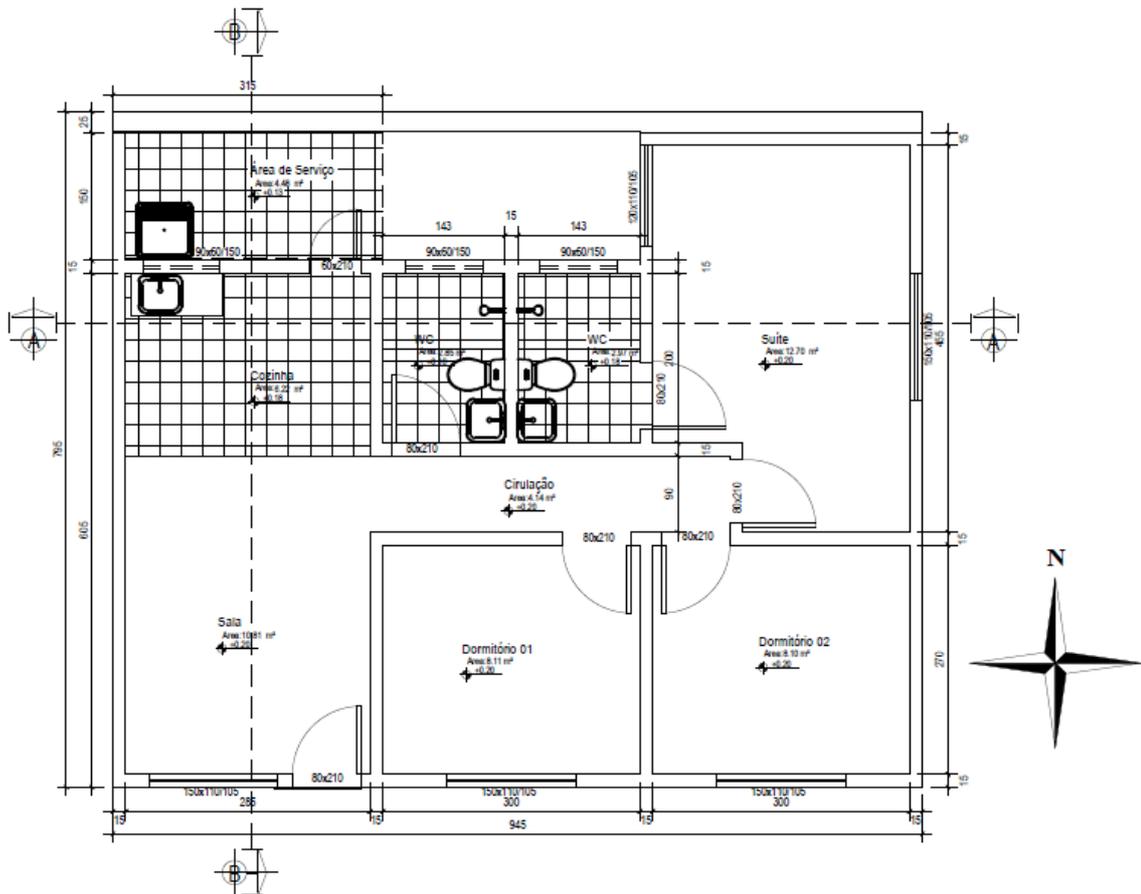
3. METODOLOGIA

Com o intuito de analisar a implantação do telhado verde numa ecovila na cidade de Palmas – TO, este capítulo demonstra o método adotado para atingir os objetivos mencionados anteriormente.

3.1. OBJETO DE ESTUDO

Diante do projeto arquitetônico (Figura 15), já pré-estabelecido, referente a ECOVILLA, que será uma construção verde desenvolvida pelo Núcleo de Empreendedorismo e Inovação (NEI) do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), constando um conjunto de 20 casas, construídas em mutirão num sistema cooperativo, realizou uma análise da viabilidade de implantação da tecnologia de telhado verde.

Figura 15 - Planta Baixa do Projeto Arquitetônico



Fonte: NEI (2016)

3.2. DEFINIÇÃO DOS MÉTODOS

3.2.1. 1ª Etapa – Definição de Técnicas Construtivas

Devido à procedência da tradição brasileira de adotar a cobertura de suas edificações com telhas cerâmicas e lajes pré-moldadas ou maciças, visando buscar uma alternativa eficiente e viável, foram avaliados sistemas de telhados verdes. Nesta etapa primeiramente, através da revisão bibliográfica foi definido os sistemas que serão estudados, tais como Sistema Hidromodular - Ecotelhado; Sistema Revestimento Vivo Flat- Instituto Cidade Jardim; Sistema Vernacular.

Após a definição dos sistemas, foram definidas as camadas dos telhados verde, partindo da camada de suporte de carga a vegetação. Realizou uma revisão bibliográfica e contato com os fabricantes dos sistemas pré-moldados, onde foi definido que a camada de suporte de carga seja composta por laje, sendo assim para uma análise igualitária foi adotado para o sistema Vernacular a mesma.

Para a camada impermeabilizante de ambos os sistemas adotou a manta asfáltica com aditivo anti-raiz. Assim, de forma a garantir a integridade, eficiência e durabilidade dos sistemas, proporcionando uma economia a longo prazo (Granato, 2013). Sendo necessário para esta camada uma camada separadora e proteção mecânica, foi realizado uma busca juntamente com fabricantes e pesquisas bibliográficas um material que minimizasse custos e peso.

Os sistemas necessitam de uma camada drenante, sendo que os sistemas pré-moldados já possuem o mecanismo de armazenamento de água, porém com o intuito de prevenir o afogamento da vegetação, foi analisado e adotado pontos de escoamento de águas oriundas de precipitação ou irrigação.

Sendo assim, para definição da camada de vegetação se fez necessário realizar um levantamento junto às entidades locais, tais como: viveiros municipais e particulares, entre outros, bem como a análise das melhores espécies de vegetação a serem empregadas nos sistemas, respeitando os parâmetros de microclima do local de implantação da vila. Para a camada de substrato foi realizado uma pesquisa juntamente com os fabricantes dos sistemas pré-moldados no intuito de adotar o que melhor atende a vegetação e enquadre nos sistemas em análise.

Após definido os sistemas e camadas, foram aplicados ao objeto de estudo mencionado item 3.1, sendo uma residência de baixa renda que possui dois dormitórios, suíte, sala, cozinha, banheiro social e área de serviço. Através do projeto arquitetônico foi possível elaborar um projeto para cada uma das coberturas, realizando o levantamento de quantitativos de materiais para cada sistema, utilizando como modelo a Tabela 3.

Tabela 3 - Levantamento de Quantitativo

SISTEMA XXXXXXXX												
LEVANTAMENTO QUANTITATIVO												
ITEM	TIPO DE SERVIÇO	DESCRIÇÃO	UND.	QTD.	PISO			PAREDE			COEFICIENTE	TOTAL FINAL
					COMP.	LARG.	ÁREA TOTAL	PER.	ALT.	ÁREA TOTAL		
											TOTAL (xxx)	0,00

Fonte: A autora (2017)

3.2.2. 2ª Etapa – Elaboração de planilhas analíticas

A. Execução:

Visando levantar custos de execução, levando em consideração os quantitativos levantados no item 3.2.1. Utilizando como base as tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) indicado pelo Decreto 7983/2013 (Vigente 02/2017), levantamento de custos no mercado local (Palmas – TO) e valores dos fornecedores.

Primeiramente foi levantado o valor de cada um dos materiais por sua unidade específica, como metro cúbico, quadrado ou linear, variando de acordo com o produto. Assim, conforme Tabela 4 os valores foram levantados apenas de material, sendo que a mão de obra será executada por um processo de mutirão, resultando em um valor total e valor por metro quadrado.

Tabela 4 - Planilha Orçamentária

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA - SISTEMA XXXXXXXXXXXXXXXX							
ITEM	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UND	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL	
1.0							
2.0							
3.0							
4.0							
5.0							
6.0							
7.0							
8.0							
9.0							
VALOR TOTAL						RS	-

RESUMO	
VALOR TOTAL MA.	VALOR POR m ²

Fonte: A autora (2017)

Para a análise dos custos de execução, foi gerado um gráfico onde realizou a comparação dos sistemas, tendo como meios comparativos o sistema X valor/m². Savi (2012)

ressalta que, este método só considera o custo da cobertura dos sistemas, sem demais custos do restante da residência.

B. Manutenção:

Para garantir a integridade tanto estética quanto funcional da cobertura verde é fundamental a previsão e execução de manutenções do sistema. A periodicidade da manutenção varia de acordo com o sistema empregado, tendo em vista que qualquer ato de poda, adubação, irrigação, replantio, limpeza são consideradas etapas de manutenção. (Neto, 2014)

Para análise de custos de manutenção foi levantado os quesitos separadamente tais como: irrigação, poda e adubação, junto aos fornecedores, as especificidades de manutenção bem como os custos de algumas periodicidades em questão.

3.2.3. 3ª Etapa – Cargas/Peso dos sistemas

Foram levantados nesta etapa os pesos dos sistemas para com a estrutura da residência, sendo realizado um levantamento de acordo com as premissas da ABNT NBR 6120:1980 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações, levando em consideração também os dados de fornecedores dos materiais.

Portanto, foi levantado o peso de cada material do sistema por metro quadrado, resultando em um peso total por metro quadrado. Onde foi possível analisar as cargas impostas pelos sistemas à estrutura, foi utilizado para esta etapa a Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 - Levantamento de Carga/Peso.

CARGA/PESO - SISTEMA XXXXXXXXX		
Item	Descrição	Peso (kg/m²)
1.0		
1.1		
1.2		
1.3		
2.0		
3.0		
4.0		
5.0		
6.0		
7.0		
TOTAL (kg/m²)		0,0

Fonte: A autora (2017)

3.2.4. 4ª Etapa – Guia Construtivo

Com o intuito de facilitar, gerando agilidade e eficiência no processo construtivo, foi desenvolvido um guia do telhado verde. O guia aborda os procedimentos de execução dos serviços, do início ao fim, portando também informação quanto à manutenção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para dar continuidade, tomou-se como premissa a planta baixa disponibilizada pelo NEI (Figura 15), considerando o pior caso, ou seja, levando em consideração as possíveis ampliações na edificação, ressalto que o estudo foi realizado em torno de apenas uma residência, onde os resultados apresentados podem ser atribuídos as demais 20 casas, visto que são idênticas.

4.1. ANÁLISE DOS SISTEMAS DE TELHADO VERDE

Foram analisados três tipos de sistemas de telhado verde, todos utilizando a mesma camada de suporte de carga, camada de impermeabilização, drenante e vegetação, portando cada sistema suas especificidades.

Para a camada de suporte de carga adotamos a laje, sendo pré-moldada ou maciça, a critério do projetista estrutural, sendo capaz de suportar a carga imposta pelo sistema específico, contendo uma regularização (1:4) com 2% de queda em direção aos coletores, platibanda de 30 cm, dispondo de três calhas específicas compostas por argila expandida tipo 2215, que possuem no total seis ralos tipo abacaxi. Já a camada impermeabilizante adotamos, de acordo com o referencial teórico, a manta asfáltica anti-raiz 4mm Tipo III. Adotamos, também, para a camada drenante e como forma de proteção mecânica para impermeabilização a manta geotêxtil, que é um não tecido de filamentos contínuos de poliéster.

Para análise de qual vegetação adotar para os sistemas foi realizada uma pesquisa juntamente a viveiros locais, num total de 5 (cinco) viveiros, destacando as seguintes variáveis: macro clima, custo, manutenção e facilidade de implantação, além das demais características para enquadramento no tipo de telhado verde extensivo. Assim, foi levado em consideração duas vegetações a Grama Batatais e Grama Esmeralda (Figura 16), ambas se enquadram nas características desejáveis, porém a Grama Esmeralda foi a mais indicada pela sua praticidade, boa resistência a possíveis sombras, menor demanda de irrigação, garantindo um possível custo/benefício.

Figura 16 - Grama Esmeralda e Grama Batatais



Fonte: Central da Grama (2017)

4.1.1. Sistema Vernacular

Sendo um sistema moldado in loco, segue o seguinte procedimento: sobre a laje impermeabilizada dispõe a manta geotêxtil (não tecido de filamentos contínuos de poliéster com tração=10kN/m²), sobre a manta espalha uma camada de argila expandida com espessura de 5 cm, sobre a camada de argila expandida dispõe-se novamente a manta geotêxtil com a função de manter a integridade do substrato, tendo este uma espessura de aproximadamente 5cm, contemplando então a próxima camada com a vegetação, Grama Esmeralda. A Figura 17 entre demonstram a sequência mencionada acima de maneira ilustrativa.

Figura 17 – Representação do Detalhe Esquemático do Sistema Vernacular



Fonte: A autora (2017)

Na Tabela 6 é possível aferir o custo dos materiais para a construção do sistema com as características mencionadas acima, onde resulta em um valor por metro quadrado (R\$/m²), ressaltando que apenas para uma residência.

Tabela 6- Resumo do custo - Sistema Vernacular

RESUMO - SISTEMA VERNACULAR			
VALOR TOTAL MA.		VALOR POR m²	
R\$	5.696,46	R\$	103,86

Fonte: A autora (2017)

O Sistema Vernacular resultou em um peso distribuído pela área analisada (Tabela 7), onde foi exposto as cargas encontradas através do método apresentado no item 3.2.3, que resume em uma somatória dos pesos em kg/m², ressaltando que ambas as cargas foram consideradas valores das camadas saturadas.

Tabela 7 - Carga/Peso do Sistema Vernacular

CARGA/PESO - SISTEMA VERNACULAR		
Item	Descrição	Peso (kg/m²)
1.0	Impermeabilização	80
1.1	Primer	0,41
1.2	Manta asfáltica 4 mm Tipo III	5,28
1.3	Regularização com contra piso traço (1:4) d=1700kg/m ³	51
2.0	Geotêxtil	0,5
3.0	Argila expandida - Tipo 2215	37,5
4.0	Geotêxtil	0,5
5.0	Terra Vegetal - h=5cm / densidade~1700 kg/m ³	85
6.0	Vegetação - Grama Esmeralda	22
7.0	Argila Expandida - Tipo 2215 h=0,15m (Calha)	112,5
TOTAL (kg/m²)		338,0

Fonte: A autora (2017)

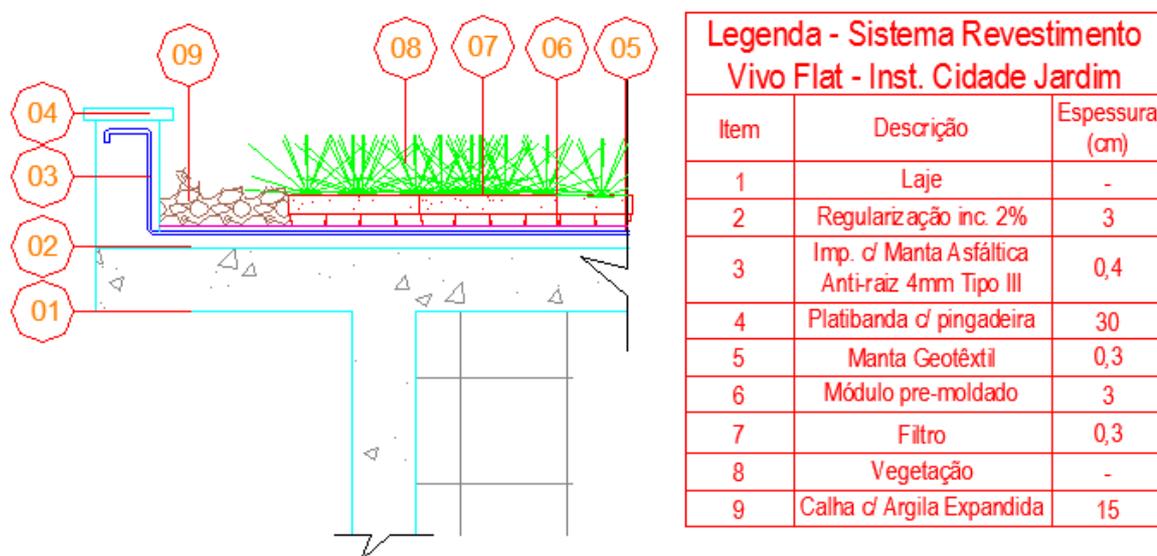
Para a camada de impermeabilização foi adotado, em ambos os sistemas, a somatória dos compostos dos mesmos, afim de trabalhar a favor da segurança foi adotado um coeficiente de segurança de 1,4 sobre o valor da somatória e arredonda para próximo número inteiro.

4.1.2. Sistema Revestimento Vivo Flat – Inst. Cidade Jardim

O sistema utilizará elementos pré-moldados, comercializados pelo Instituto Cidade Jardim, sendo assim composto pelas seguintes camadas respectivamente: sobre a laje

impermeabilizada é disposta a manta geotêxtil (não tecido de filamentos contínuos de poliéster com tração=10kN/m²), onde sobre a manta geotêxtil dispõe-se de módulos quadrados que possuem as seguintes dimensões: 50x50x2,5cm, sobre o módulo é colocado uma tela filtro e sobre a tela filtro a camada de substrato de aproximadamente 5cm de altura, logo após é realizado o plantio da vegetação escolhida. Neste caso os módulos possuem um compartimento de armazenamento de água, podendo ser manejado a irrigação apenas uma vez por semana. A Figura 18 apresenta os detalhes esquemáticos do sistema em análise.

Figura 18 - Representação do Detalhe Esquemático do Sistema Revestimento Vivo Flat – Inst. Cid. Jardim



Fonte: A autora (2017)

Na Tabela 8 é possível verificar os custos dos materiais em R\$/m² e total deste sistema, e na Tabela 9 as cargas/pesos do mesmo.

Tabela 8: Resumo do custo - Sistema Revestimento Vivo Flat - Inst. Cidade Jardim

RESUMO – SISTEMA REVESTIMENTO VIVO FLAT – INST. CIDADE JARDIM			
VALOR TOTAL MA.		VALOR POR m ²	
R\$	11.362,14	R\$	207,15

Fonte: A autora (2017)

Tabela 9: Carga/Peso - Sistema Revestimento Vivo Flat – Inst. Cidade Jardim

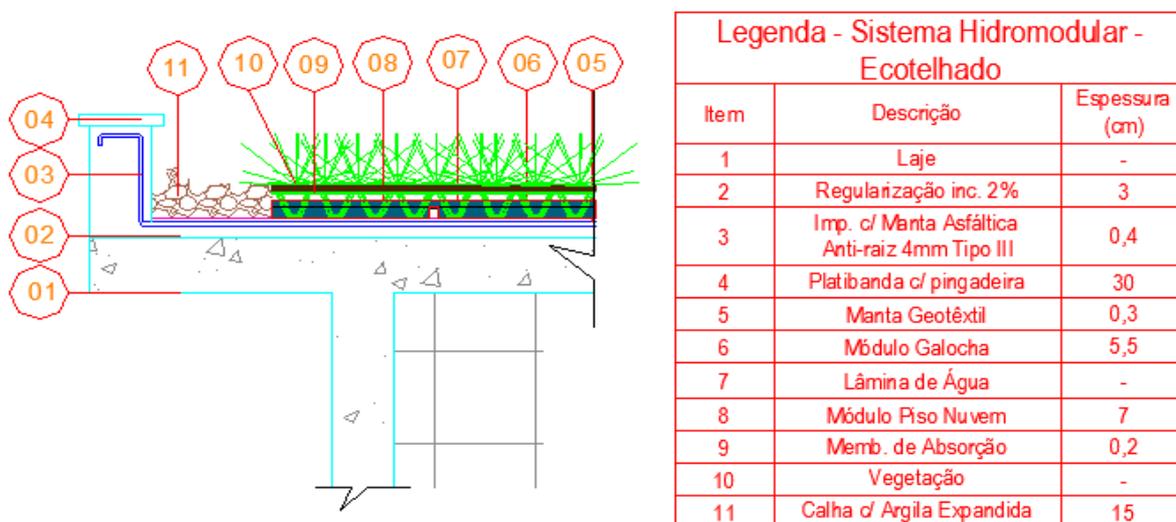
CARGA/PEDO - SISTEMA REVESTIMENTO VIVO FLAT – INST. CIDADE JARDIM		
Item	Descrição	Peso (kg/m²)
1.0	Impermeabilização	80
1.1	Primer	0,41
1.2	Manta asfáltica 4 mm Tipo III	5,28
1.3	Regularização com contra piso traço (1:5) d=1700kg/m ³	51
2.0	Geotêxtil	0,5
3.0	Módulos + Substrato (h=0,05m) + Vegetação (Grama esmeralda)	80
7.0	Argila Expandida - Tipo 2215 h=0,15m (Calha)	112,5
TOTAL (kg/m²)		273

Fonte: A autora (2017)

4.1.3. Sistema Hidromodular - Ecotelhado

Este sistema é indicado apenas para lajes pelo fabricante, logo será disposto sobre a laje impermeabilizada, sobre a impermeabilização é disposta a manta geotêxtil, onde os módulos de formato retangular que são compostos por: Módulo Galocha, Módulo Piso Nuvem e Membrana Bidim. A sequência de montagem do módulo é: após a fixação do Módulo de Galocha, sobrepõe-se o módulo Piso Nuvem, onde são dois Piso Nuvem para cada Módulo Galocha, em sequência a membrana Bidim, o substrato e por fim é realizado o plantio da vegetação, neste caso Grama Esmeralda. A Figura 19 representa o detalhe esquemático do sistema.

Figura 19 - Representação do Detalhe Esquemático do Sistema Hidromodular - Ecotelhado



Fonte: A autora (2017)

Para o Sistema Hidromodular podemos observar os seguintes valores de R\$/m² de acordo com a Tabela 10, destaca-se também a Tabela 11 com as informações de carga/peso do sistema.

Tabela 10: Resumo de custos - Sistema Hidromodular – Ecotelhado

RESUMO – SISTEMA HIDROMODULAR - ECOTELHADO	
VALOR TOTAL MA.	VALOR POR m²
R\$ 12.557,84	R\$ 228,95

Fonte: A autora (2017)

Tabela 11: Carga/Peso - Sistema Hidromodular – Ecotelhado

CARGA/PEDO - SISTEMA HIDROMODULAR - ECOTELHADO		
Item	Descrição	Peso (kg/m²)
1.0	Impermeabilização	80
1.1	Primer	0,41
1.2	Manta asfáltica 4 mm Tipo III	5,28
1.3	Regularização com contra piso traço (1:4) d=1700kg/m ³	51
2.0	Geotêxtil	0,5
3.0	Módulo + Vegetação	100
7.0	Argila Expandida - Tipo 2215 h=0,15m (Calha)	112,5
TOTAL (kg/m²)		293

Fonte: A autora (2017)

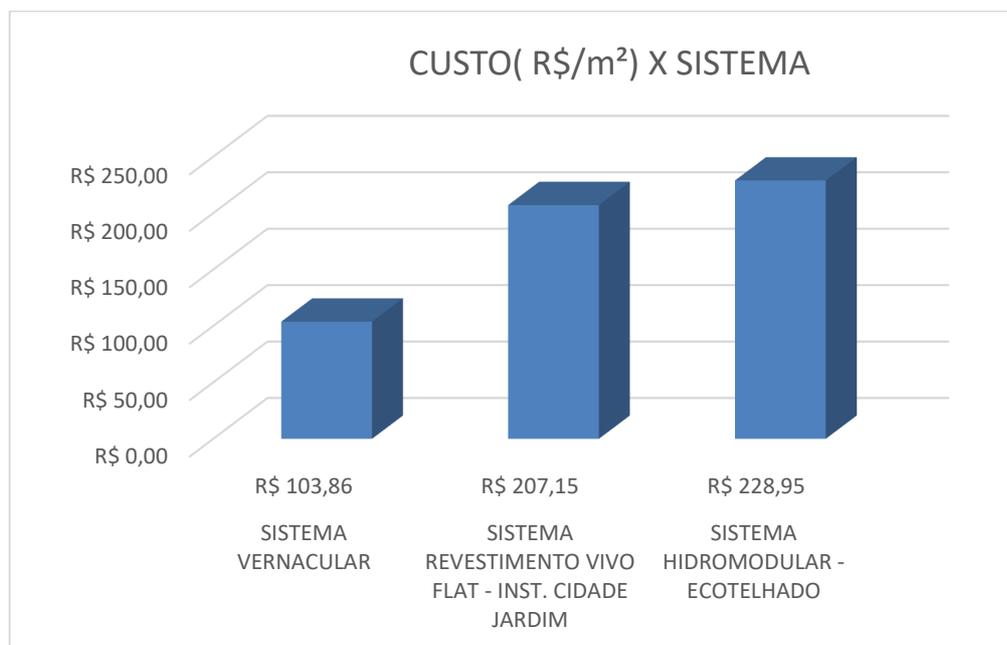
4.2. ANÁLISE DOS CUSTOS

A análise de custo foi realizada de acordo com o mencionado na metodologia no item 3.2.2, que consiste em uma verificação do levantamento de materiais necessários para cada sistema, de acordo com o projeto e/ou área a ser empregada a tecnologia, após a realização deste levantamento de materiais foi realizado um levantamento de custos utilizando a base SINAPI – Desonerado (Vigente de 02/2017), e materiais não encontrados na base SINAPI foi realizado uma busca de valores no mercado local e outros em fornecedores específicos. Destaco que o estudo de custo foi realizado apenas com materiais para implantação do sistema, pois a mão de obra será realizada em processo de mutirão, não acarretando um custo para a mesma.

4.2.1. Execução

Para melhor visualização e análise dos dados, no Gráfico 2 está disposta uma comparação dentre os três tipos de sistemas estudados, desta forma possibilitando a verificação de variação de custo, e os sistemas com maior e menor custo de material construtivo.

Gráfico 2: Custo (R\$/m²) X Sistemas



Fonte: A autora (2017)

Mediante o Gráfico 2 é possível visualizar que o Sistema Vernacular possui menor custo dentre os sistemas estudados, tendo um custo de R\$103,86/m², os demais sistemas pré-moldados possuem um custo similar. De acordo com Savi (2012) os sistemas tradicionais de cobertura possuem uma variação de R\$249,55/m² a R\$195,09/m², tornando o Sistema Vernacular e até mesmo os demais dentro de alternativas viáveis de implantação.

O sistema Vernacular apresentou um custo inferior devido aos seus componentes serem de fácil acesso no mercado local, visto que os demais sistemas se compõem de peças específicas necessitando de fretes para sua implantação na região de Palmas - TO. Uma das empresas que comercializam fica no outro extremo do país, Rio Grande do Sul, e a outra em São Paulo, portanto o valor da peça somado ao frete chega a ser maior que 50% do valor total dos materiais para implantação dos sistemas.

Para uma melhor análise de viabilidade econômica das coberturas verdes, é importante analisar seu custo de manutenção, para depois correlacionar todos os âmbitos: custo de implantação, manutenção e a influência da carga/peso desta tecnologia para a infraestrutura das edificações.

4.2.2. Manutenção

No quesito de manutenção, é englobado a irrigação, poda e adubação. Assim, foi adotado um sistema de irrigação simples, que é por gotejamento automatizado, de acordo com empresas especializadas e fornecedores é um dos sistemas mais baratos, de fácil instalação e utilização. Este sistema resultou num valor de aproximadamente R\$ 742,76 de materiais para sua instalação, de acordo com Esteves (2012) um sistema mais complexo chega ao valor de R\$ 7.728,03, então é perceptível que o sistema adotado apresenta um custo relativamente baixo.

O consumo de água para os sistemas varia, inicialmente no dia do plantio, para o sistema Vernacular deve-se consumir aproximadamente 23 l/m², para o sistema Revestimento Vivo Flat 20 l/m², já no sistema Hidromodular por conta do seu reservatório ser maior, há um consumo inicial de 50 l/m². Os dois primeiros sistemas mencionados necessitam de uma irrigação diária de 2 l/m² durante 30 dias, porém o sistema Hidromodular necessita de mais 15 dias, ou seja, 45 dias de rega consumindo os 2 l/m². Após o período de adequação e de pega da grama, ela necessitará de aproximadamente 20 l/m² semanalmente, esta periodicidade e volume pode variar dependendo da umidade do solo, característica da vegetação, temperatura ambiente e precipitações.

Com o intuito de minimizar custos, a rega pode ser realizada através da utilização de água cinza, visto que já foi desenvolvido um trabalho a respeito para implantação do reuso das águas cinzas na Ecovilla, onde será utilizado apenas no vaso. De acordo com Figueiredo (2016) o reuso de água cinzas na ecovila gerará um volume total, para as 20 casas, de 17400 l/dia, volume no qual será consumido apenas para o vaso. Sendo assim, este volume é considerável e poderá ser aplicado na irrigação do telhado verde.

É relevante a condição de que caso não haja o fornecimento de água cinza, de acordo com a estrutura tarifária fornecida pelo site da empresa que fornece água na cidade de Palmas – TO, o valor do m³ para uma residência que gasta de 0 a 10 m³ de água no mês é de R\$ 4,11, e que caso ela se enquadre na tarifa social, possuindo a mesma variação de consumo o valor do m³ cai para aproximadamente R\$ 1,27 (Odebrecht Ambiental – Saneatins, 2017). Assim, considerando que a habitação se enquadre na tarifa social, estima-se os seguintes custos demonstrados na Tabela 12, Tabela 13 e Tabela 14, ressaltando que são valores estimados, conforme descrito anteriormente.

Assim como a irrigação, consumo de água, a poda que deve ser realizada periodicamente de acordo com o período do ano. Com o intuito de minimizar custos, é considerável a aquisição de um equipamento próprio para o empreendimento da Ecovilla, sendo este um Aparador de Grama Elétrico de 800 Watts possuindo um valor de mercado variando

entre R\$ 169,00 até aproximadamente R\$ 300,00. Para esta análise foi utilizado o valor de R\$ 134,50, que é a média dos valores encontrados, porém a Ecovilla é composta por 20 edificações, logo o valor de R\$ 134,50 foi dividido por 20, resultando em R\$ 11,73/edificação. Visto que este aparador utiliza de um fio de Nylon para realização da poda, foi adotado o valor de R\$ 7,90/mês para a reposição deste no equipamento.

Outro fator importante é a realização da adubação do sistema, este varia de acordo com o sistema implantado, condições da vegetação e substrato, condições do ambiente, a adubação pode ser pontual ou total, sendo utilizado compostos específicos, portanto não sendo possível uma estimativa de valores desde quesito.

A Tabela 12, Tabela 13 e Tabela 14 demonstram as previsões de custos de manutenção para os sistemas conforme especificado anteriormente, visto que não foram mensuradas manutenções próprias do sistema de irrigação e do aparelho de poda.

Tabela 12 - Planilha de Previsão Orçamentária de Manutenção - Sistema Vernacular

PLANILHA DE PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA DE MANUTENÇÃO - SISTEMA VERNACULAR					
ITEM	DESCRIÇÃO	IMPLANTAÇÃO	1º MÊS	MENSAL	ANUAL
1.0	SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	R\$ 742,76	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2.0	APARADOR DE GRAMA ELÉTRICO	R\$ 11,73	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
3.0	FIO DE NYLON	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 7,90	R\$ 94,80
4.0	ÁGUA	R\$ 1,60	R\$ 4,18	R\$ 6,97	R\$ 83,64
TOTAL		R\$ 756,09	R\$ 4,18	R\$ 14,87	R\$ 178,44

Fonte: A autora (2017)

Tabela 13 - Planilha de Previsão Orçamentária de Manutenção - Sistema Rev. Vivo Flat - Inst. Cidade Jardim

PLANILHA DE PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA DE MANUTENÇÃO - SISTEMA REV. VIVO FLAT - INST. CIDADE JARDIM					
ITEM	DESCRIÇÃO	IMPLANTAÇÃO	1º MÊS	MENSAL	ANUAL
1.0	SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	R\$ 742,76	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2.0	APARADOR DE GRAMA ELÉTRICO	R\$ 11,73	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
3.0	FIO DE NYLON	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 7,90	R\$ 94,80
4.0	ÁGUA	R\$ 1,40	R\$ 1,27	R\$ 5,57	R\$ 66,84
TOTAL		R\$ 755,89	R\$ 1,27	R\$ 13,47	R\$ 161,64

Fonte: A autora (2017)

Tabela 14 - Planilha de Previsão Orçamentária de Manutenção – Sistema Hidromodular - Ecotelhado

PLANILHA DE PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA DE MANUTENÇÃO - SISTEMA HIDROMODULAR - ECOTELHADO					
ITEM	DESCRIÇÃO	IMPLANTAÇÃO	1º MÊS	MENSAL	ANUAL
1.0	SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	R\$ 742,76	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2.0	APARADOR DE GRAMA ELÉTRICO	R\$ 11,73	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
3.0	FIO DE NYLON	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 7,90	R\$ 94,80
4.0	ÁGUA	R\$ 3,48	R\$ 6,97	R\$ 2,79	R\$ 33,48
TOTAL		R\$ 757,97	R\$ 6,97	R\$ 10,69	R\$ 128,28

Fonte: A autora (2017)

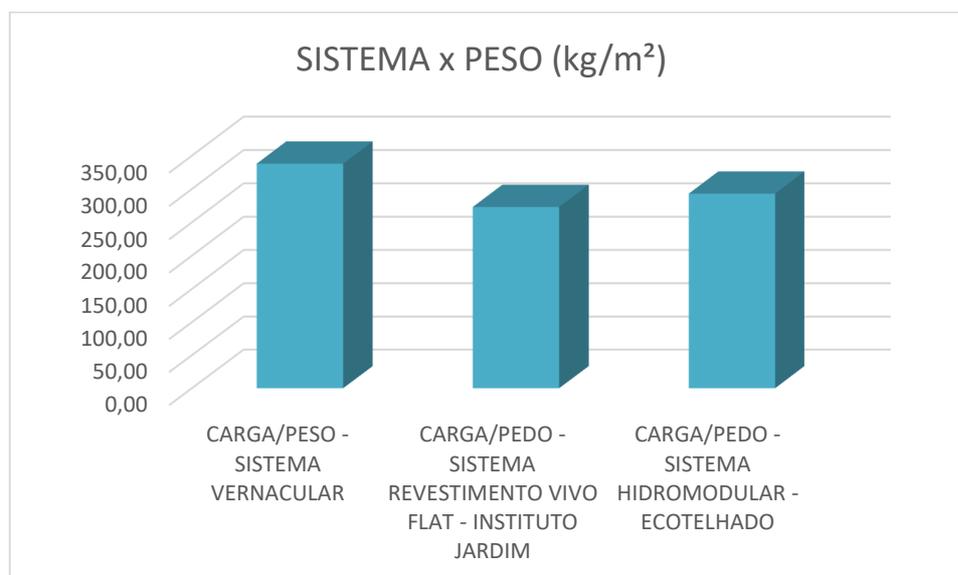
4.3. ANÁLISE DAS CARGAS/PESOS DOS SISTEMAS

Para realização da análise de comparação entre as cargas dos sistemas, foi realizado o procedimento de acordo com o item 3.2.3, porém a NBR 6120 não esclarece uma carga permanente referente aos telhados, sendo assim se fez necessário a composição dos pesos mediante especificações dos fabricantes.

No item 1.0 comum em ambos os levantamentos foram adotados o arredondamento para o próximo inteiro e o coeficiente de 1,4 a fim de trabalhar a favor da segurança. Vale ressaltar que em nenhum momento foi levado em consideração a camada de suporte de carga, conforme dito anteriormente, esta camada ficará a critério do projetista estrutural.

É possível verificar a variação de carga dos sistemas conforme Gráfico 3.

Gráfico 3: Sistema x Peso/Carga (kg/m²)



Fonte: A autora (2017)

O Sistema Vernacular apresentou uma variação de peso, estando superior aos demais sistemas pré-moldados, possuindo um peso de 338 kg/m², os demais não ultrapassaram 300 kg/m². Essa variação acontece devido a composição presente em casa sistema, tal como o

sistema Hidromodular não há presença de substrato, a grama é implantada e nutrida apenas com sua leiva, característica de um sistema semi hidropônico.

É possível avaliar a ocorrência de uma variação significativa entre o Sistema Vernacular com o Sistema Revestimento Vivo Flat, que chega a 65 kg/m². Porém, quando comparados os dois sistemas pré-moldados a variação é mínima vista a diferença de ambos entre o Vernacular, de até 20 kg/m², pois as camadas são similares ou até iguais, assim o uso de tecnologias como módulos pré-moldados influenciará na carga imposta pelo telhado verde, devido a sua composição específica.

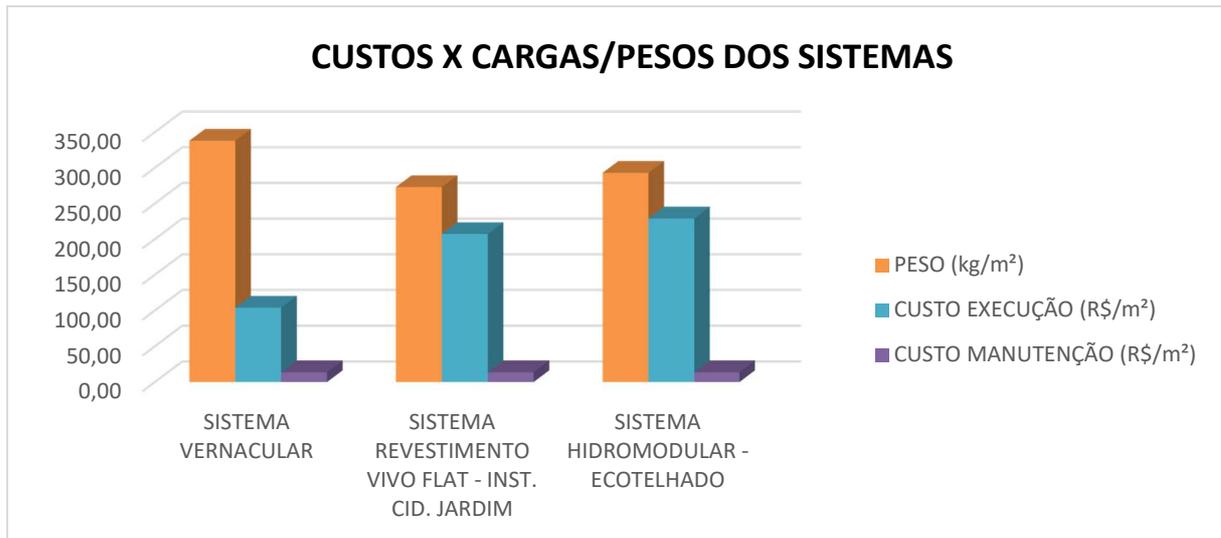
De acordo com Savi (2012), um telhado convencional composto por telha cerâmica e madeiramento de lei possui uma carga em torno de 80 a 100kg/m², tendo uma variação considerável quando comparado a ambos os sistemas.

Conforme o Instituto Cidade Jardim (2017), uma cobertura com laje exposta a horários de maior incidência solar chega a atingir temperaturas superiores a 70°C e durante a noite menores que 15°C, com a aplicação da tecnologia do telhado verde esta essa variação térmica oscila entre 25° e 30°, isto implica dizer que mantém uma temperatura estável dentro da edificação. O Instituto menciona também que, mediante experimentos há uma redução de 73% a 18% no consumo de energia, variando em função do projeto arquitetônico, micro e macro clima.

4.4. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS E CARGAS/PESOS DOS SISTEMAS

Esta análise é fundamental para avaliar e entender a influência dos sistemas na infra e supra estrutura da residência, afirma Savi (2012). O Gráfico 04 demonstra a variação de peso, custo de execução e manutenção de implantação de cada sistema.

Gráfico 4 - Custos X Cargas/Pesos dos Sistemas



Fonte: A autora (2017)

É visível no Gráfico 04 que não há uma relação de proporcionalidade entre custo e peso dos sistemas, mas é notório que o sistema Vernacular apresenta uma variação considerável, o menor custo de execução, proveniente dos materiais empregados nos mesmo serem encontrados no comércio local, porém um maior peso.

Vale notar que os demais sistemas, ambos constituintes de sistemas pré-moldados, apresentam um peso consideravelmente menor, mas um custo de execução maior que o dobro do valor do sistema Vernacular. Esta variação de custo de execução é proveniente da necessidade de fretes para a entrega dos materiais em Palmas - TO, fornecidos estes pelos fabricantes. A respeito do custo de manutenção houve uma variação pequena entre ambos.

4.5. ELABORAÇÃO DO GUIA CONSTRUTIVO

A elaboração do Guia Construtivo (Apêndice H) foi realizada de acordo com normas vigentes de cada item específico, com linguagem padrão, no intuito de promover um maior entendimento ao usuário, a todo momento demonstrando por meio de ilustrações, no intuito de minimizar erros no ato de execução e proporcionar um melhor entendimento.

5. CONCLUSÃO

Com o aumento populacional mundial a Construção Civil necessita do emprego de novas técnicas construtivas, desmontando o tradicional e introduzindo alternativas que reduzem ou extinguem impactos para geração atual e futura. No Brasil a técnica de Telhado Verde não é tão recorrente nas construções atuais e antigas, porém em países desenvolvidos esta técnica é empregada e comum nas edificações.

As técnicas de Telhado Verde analisadas neste trabalho e revisadas ao longo do referencial bibliográfico, intervêm como uma medida sustentável que pode ser empregada em construções existentes e em novas edificações, caracterizando-se como uma excelente ferramenta para a redução de impactos.

Esta pesquisa demonstrou alternativas de técnicas construtivas para implantação numa edificação de baixa renda, com características específicas da população de Palmas - TO. Assim, sendo possível analisar a viabilidade técnica do emprego da cobertura verde em edificações, podendo avaliar o seu peso e custo, visando desmitificar o desconhecimento e receio do emprego desta técnica na região.

Os três sistemas analisados poderão desempenhar o mesmo papel, variando sua composição e demonstrando qual a alternativa mais viável para a implantação, visto que qualquer um se empregado, poderá reduzir o consumo de energia e contemplando um custo de manutenção relativamente baixo comparado com as vantagens que a cobertura poderá proporcionar ao usuário.

O desenvolvimento dos projetos de cada sistema é de suma importância para apresentar de maneira exemplificada detalhes construtivos e demonstrar uma perspectiva do projetado para com a realidade, que juntamente com o Guia Construtivo proporcionam maior facilidade, e minimização dos erros de vícios construtivos.

A elaboração de planilhas orçamentárias é necessária para que haja uma análise quanto ao custo de implantação e manutenção, tornando esta análise mais real possível para que se tenha um contraponto importante para implantação da cobertura verde. Nesta análise verificou-se que o Sistema Vernacular apresentou um custo menor que os demais sistemas, por seus componentes serem de fácil aquisição no comércio local, logo facilitando sua execução e o emprego de tecnologias que substituam o uso de telhados convencionais.

A comparação de cargas/peso dos sistemas é relevante para que avalie a influência da técnica para a infra e supra estrutura, e que se comparado ao sistema convencional há uma relevante carga imposta, mas quando comparado a um revestimento, por exemplo um revestimento em granito, excede mais que o dobro da carga. Portanto, não atende a hipótese 3.

Entretanto, quando analisado custos x cargas/pesos há uma relevância dentre os fatores, visto que o custo dos sistemas pré-moldados é alto, mas seu peso é menor, em contrapartida o custo do sistema Vernacular é baixo, mas sua carga é a maior. Nota-se também que, os custos dos sistemas por metro quadrado para implantação estão similares aos custos de coberturas tradicionais, onde os sistemas analisados apresentaram valores de implantação entre R\$ 117,62/m² a R\$ 242,71/m² e de acordo com Savi (2012) os sistemas tradicionais apresentam valores entre R\$ 195,09/m² a R\$ 249,55/m².

A técnica de Telhado Verde possui variadas composições, onde nesse trabalho foi analisado apenas uma parcela extremamente restrita das técnicas disponível no mercado, verificando custos de execução, manutenção e a carga/peso impostas pelos sistemas. Vale destacar então a relação do custo x benefício desta tecnologia quando empregada corretamente.

Portanto, após a análise não se obteve um sistema que melhor atendesse o objeto de estudo, pois ambos possuem a capacidade de desenvolver o mesmo papel, mas o sistema Vernacular se destacou por apresentar custo inferior de execução e componentes de fácil aquisição no mercado local, facilitando sua implantação na cidade de Palmas – TO, e possuindo uma execução prática. Vale ressaltar a variedade de opções desta técnica, e que sua implantação numa construção de baixa renda trará uma visão mais ampla para a sociedade, demonstrando seus benefícios para com o usuário.

6. TRABALHOS FUTUROS

O tema em estudo é bastante amplo, sendo estudado apenas uma parte das variadas possibilidades de formações de telhado verde, segue algumas sugestões de trabalhos futuros.

Análise da influência do telhado verde no custo das estruturas da edificação.

Análise da vida útil de um telhado verde inserido na região Norte do Brasil.

Análise de outras formações de telhado verde para implantação.

Elaboração de protótipos para análise de um custo real de execução e manutenção.

Elaboração de protótipos dos sistemas estudados para análise da eficiência acústica, térmica e energética.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ricardo Ricelli Pereira de et al. **Identificação e análise dos impactos ambientais gerados na indústria da construção civil. Informativo Técnico do Semiárido**, Pombal, v. 1, n. 9, p.39-46, jun. 2015.

BACHA, Carlos José Caetano. **O uso de recursos florestais e as políticas econômicas brasileiras: uma visão histórica e parcial de um processo de desenvolvimento**. Estud. Econ., São Paulo, v. 34, n. 2, p. 393-426, Jun. 2004.

BALDESSAR, Silvia Maria Nogueira. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Estimativas anuais de emissões de gases do efeito estufa no Brasil**. Brasil, 2013. Disponível em <<http://www.mct.gov.br>> Acesso em 16 de outubro de 2016.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Literature review: reuse of construction and demolition waste in the construction industry**. Cerâmica, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 178-189, Jun. 2015.

CAMPOS, VANESSA RIBEIRA; AT ALL, 2015. **Sustainability and environmental management in construction: analysis of leed certification and iso 14001 systems**. Revista eletrônica gestão & saúde. Vol. 6 (supl.2) abril, 2015 p. 1104-18.

Casa primitiva. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Castro_de_Santa_Trega > Acesso em: 14 de outubro de 2016.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil**. 1009. 70 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Ufmg, Belo Horizonte - Mg, 2009.

COSTA, Celso Silva Ferreira da. **Edifícios verdes:** práticas projectuais orientadas para a sustentabilidade. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010.

ESTEVES, Bárbara do Santos. Et al. **Irrigação por gotejamento.** Niterói: Programa Rio Rural, 2012.

Estrutura tarifária. Disponível em: < <http://www.odebrechtambiental.com/tocantins/agua-e-esgoto/sua-conta/estrutura-tarifaria/>> Acesso em: 01 de maio de 2017.

FERREIRA, César Argentieri; MORUZZI, Rodrigo Braga. **Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis.** In: IV ENCONTRO NACIONAL E II ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2007, Campo Grande – MS. [s.i.]: Anais, 2007. p. 1 - 10.

FERRERA, Lúcia da Costa, 2005. **Conflitos sociais e uso de recursos naturais:** breves comentários sobre modelos teóricos e linhas de pesquisa. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267389673_Conflitos_sociais_e_uso_de_recursos_naturais_breves_comentarios_sobre_modelos_teoricos_e_linhas_de_pesquisa> Acesso em: 11 de outubro de 2016.

FIGUEIREDO, Héliida Cristina Noronha. **Construção verde:** a implantação do projeto de reuso de água cinza. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2016.

GATTO, Christiane Merhy. **Coberturas verdes:** A importância da estrutura e da impermeabilização utilizadas. 2012. 161 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/ambienteconstruido/files/2012/03/Versão-Final-Dissertação2012-11.pdf>>. Acesso em: 15 de setembro de 2016.

GHAFFARIANHOSEINI, AmirHosein. At al, 2013. **Sustainable energy performances of green buildings**: A review of current theories, implementations and challenges. Disponível em: < <http://www-sciencedirect-com.ez315.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1364032113000415>> Acesso em: 29 de agosto de 2016.

GOTTFRIED, D. A. at al. **Sustainable building technical manual**: green building design, construction, and operations. United States of America, 1996.

Gramma esmeralda. Disponível em: <<http://gramagrama.net/tipos-de-gramma/gramma-esmeralda>>. Acesso em: 01 de maio de 2017.

GRANATO, José Eduardo. **Determinação da resistência de materiais impermeabilizantes à ação perfurante de raízes**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 13., 2013, São Paulo - Sp. Anais... . São Paulo: [s.i.], 2013. p. 1 - 17.

Impermeabilização dos telhados verdes. Disponível em: < <http://www.greencoatings.com.br/telhadoverde.html>>. Acesso em: 16 de novembro de 2016.

International green roof association – IGRA. Disponível em: < http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php > Acesso em: 14 de setembro de 2016.

LAAR, M; At all, 2001. **Estudo de Aplicação de Plantas em Telhados Vivos Extensivos em Cidades de Clima Tropical**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO- ENCAC, 6., São Pedro, 2001. **Anais...** São Pedro: ANTAC, 2001.

LENGEN, Johan Van. **Manual do arquiteto descalço**. 5º edição. Editora Empório

LIMA, Ana Livia Macêdo Arouca, 2016. **Contribuição para construção verde em mutirão**: características de materiais construtivos. Monografia – Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA. Palmas - TO, 2016.

LIMA, Fernanda Fonseca; et al. **Telhado verde: uma alternativa para drenagem urbana em palmas-to**. XIV Jornada de Iniciação Científica do CEULP/ULBRA. Palmas – To, 2014.

LOPES, Thais Vieira. **Telhado verde, energia embutida e emissão de co2: uma análise comparativa a sistemas de cobertura convencionais**. 2014. 93 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-graduação Construções Sustentáveis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba - Pr, 2014.

MECHI, Andréa; SANCHES, Djalma Luiz. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo**. Estud. av., São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 de setembro de 2016.

MINKE, Gernot, 2004. **Techos verdes: Planificación, ejecución, consejos prácticos**. Uruguay: Editora Fin de Siglo, 2005.

NASCIMENTO, Tainah Leão. At al, 2016. **Certificação Ambiental na Construção Civil Brasileira**. Disponível em: <<http://177.8.219.7:8081/revista/index.php/R1/article/view/58>> Acessado em: 27 de setembro de 2016.

NRCA - National Roofing Contractors Association (EUA) - **NRCA Green Roof Systems Manual** (2007). Disponível em: <<http://www.nrca.net/>> Acesso em: 15 de outubro de 2016.

OLIVEIRA NETO, Adalberto Ciro de. **Cobertura verde: estudo de caso no município de são José dos campos - sp**. 2014. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Guaratinguetá - SP, 2014.

OLIVEIRA, Eric Watson Netto de. **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico**. Dissertação. 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 2009.

Opções de plantas - telhados verdes. Disponível em:

<<http://www.skygarden.com.br/br/index.php/telhados-verdes/opcoes-de-plantas>> Acesso em: 19 de outubro de 2016.

Os sete erros que podem arruinar seu gramado recém – implantado. 2015. Disponível em: <<http://www.mundohusqvarna.com.br/coluna/os-sete-erros-que-podem-arruinar-seu-gramado-recem-implantado/>>. Acesso em: 01 de maio de 2017.

PEDROSO, Gilson Marafiga; PIMENTA, Fernanda. **Casa 1.0 Palmas/T0:** Uma Proposta inovadora. In: UMA PROPOSTA INOVADORA, 5. 2005, Palmas. Palmas: Ceulp/Ulbra, 2005. p. 01 - 03.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html> > Acesso em: 20 de setembro de 2016.

ROLA, Sylvia Meimaridou. **A naturalização como ferramenta para a sustentabilidade de cidades:** estudo da capacidade do sistema de naturalização em filtrar a água de chuva. 2008. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - Rj, 2012.

SAVI, Adriane Cordoni. **Telhados verdes:** análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura. 2012. 128 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialista em Construções Sustentáveis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba - Pr, 2012.

Shod House. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sod_house > Acesso em: 13 de setembro de 2016.

SILVA, Patrícia Mendes. **Gerenciamento de obras construídas por mutirão**: Estudo de caso de empreendimentos no vale do Paraíba - SP. 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil - Ppc, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-19072013-154702/publico/Dissertacao_Patricia_Mendes_Silva_free.pdf>. Acesso em: 10 outb. 2016

SILVA, Sabrina Soares da; REIS, Ricardo Pereira; AMÂNCIO, Robson. **Conceitos Atribuídos à Sustentabilidade em Organizações de Diferentes Setores**. Revista de Ciências da Administração, Florianópolis, p. 90 - 103, dez. 2014. ISSN 2175-8077. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/view/2175-8077.2014v16n40p90>>. Acesso em: 20 de setembro de 2016.

Stúdio cidade jardim – telhado verde. Disponível em: <<http://www.studiocidadejardim.com.br/tecnologia-para-telhado-verde>> Acesso em: 19 de setembro de 2016.

Tello, Rafael, 2013. **A Gestão de Resíduos na Construção diante da nova legislação**. Disponível em: <<http://www.fdc.org.br/blogespacodialogo/Lists/Postagens/Post.aspx?List=95696fb1-15d4-444c-9a1e-506231d17962&ID=151&Web=e06f7d1a-c7ed-49ae-95f1-a5c1408f0875>> Acesso em: 30 de setembro de 2016.

TISAKA, Maçahico (Ed.). **Orçamento na construção civil**: consultoria, projeto e execução. São Paulo - SP: Pini, 2006. 369 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA – SISTEMA VERNACULAR

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA - SISTEMA VERNACULAR						
ITEM	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UND	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1.0	SINAPI 87630	Contra piso em argamassa 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico, espessura 3 cm	m ³	54,85	R\$ 28,98	R\$ 1.589,55
2.0	SINAPI 511	Primer asfáltico p/ manta asfáltica, diluído em solvente	lt	36	R\$ 13,02	R\$ 468,72
3.0	MERCADO	Manta asfáltica 4 mm tipo III s/ frete	rl	9	R\$ 64,90	R\$ 584,10
4.0	MERCADO	Frete Manta asfáltica (estimado)	kg	475,20	R\$ 0,72	R\$ 342,14
5.0	SINAPI 4011	Geotêxtil, resistência a tração=10kN/m	m ²	135,85	R\$ 5,98	R\$ 812,36
6.0	SINAPI 7253	Terra vegetal	m ³	5,21	R\$ 85,71	R\$ 446,55
7.0	SINAPI 3322	Grama Esmeralda (Grama esmeralda)	m ²	52,11	R\$ 9,65	R\$ 502,86
8.0	SINAPI 34549	Argila Expandida tipo 2215	m ³	3,02	R\$ 281,25	R\$ 849,38
9.0	MERCADO	Grelha hemisférica flexível - Ralos tipo abacaxi	und	6	R\$ 16,80	R\$ 100,80
VALOR TOTAL						R\$ 5.696,46

RESUMO	
VALOR TOTAL MA.	VALOR POR m²
R\$ 5.696,46	R\$ 103,86

APÊNDICE B – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA – SISTEMA REVESTIMENTO VIVO FLAT – INST. CIDADE JARDIM

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA SISTEMA REVESTIMENTO VIVO FLAT - INST. CIDADE JARDIM						
ITEM	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UND	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1.0	SINAPI 87630	Contra piso em argamassa 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico, espessura 3 cm	m³	54,85	R\$ 28,98	R\$ 1.589,55
2.0	SINAPI 511	Primer asfáltico p/ manta asfáltica, diluído em solvente	lt	36,00	R\$ 13,02	R\$ 468,72
3.0	MERCADO	Manta asfáltica 4 mm tipo III s/ frete	rl	9,00	R\$ 64,90	R\$ 584,10
4.0	MERCADO	Frete Manta asfáltica (estimado)	kg	475,20	R\$ 0,72	R\$ 342,14
5.0	SINAPI 4011	Geotêxtil, resistência a tração=10kN/m	m²	61,75	R\$ 5,98	R\$ 369,29
6.0	INST. JARDIM	Módulo Revestimento Vivo Flat	m²	52,11	R\$ 80,00	R\$ 4.168,80
7.0	MERCADO	Frete módulos (estimado)	kg	420,00	R\$ 0,72	R\$ 302,40
8.0	INST. JARDIM	Substrato Vegetal - Super leve	kg	42,00	R\$ 22,67	R\$ 952,14
9.0	MERCADO	Frete - Substrato Vegetal (estimado)	kg	1.050,00	R\$ 0,72	R\$ 756,00
10.0	INST. JARDIM	Tela Filtro	m²	75,19	R\$ 5,00	R\$ 375,96
11.0	SINAPI 3322	Gramma Esmeralda (Gramma esmeralda)	m²	52,11	R\$ 9,65	R\$ 502,86
12.0	SINAPI 34549	Argila Expandida tipo 2215	m³	3,02	R\$ 281,25	R\$ 849,38
13.0	MERCADO	Grelha hemisférica flexível - Ralos tipo abacaxi	und	6,00	R\$ 16,80	R\$ 100,80
					VALOR TOTAL	R\$ 11.362,14

RESUMO	
VALOR TOTAL MA.	VALOR POR m²
R\$ 11.362,14	R\$ 207,15

APÊNDICE C – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA – SISTEMA HIDROMODULAR – ECOTELHADO

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA SISTEMA HIDROMODULAR - ECOTELHADO						
ITEM	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UND	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1.0	SINAPI 87630	Contra piso em argamassa 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico, espessura 3 cm	m³	54,85	R\$ 28,98	R\$ 1.589,55
2.0	SINAPI 511	Primer asfáltico p/ manta asfáltica, diluído em solvente	lt	36	R\$ 13,02	R\$ 468,72
3.0	MERCADO	Manta asfáltica 4 mm tipo III s/ frete	rl	9	R\$ 64,90	R\$ 584,10
4.0	MERCADO	Frete Manta asfáltica (estimado)	kg	475,20	R\$ 0,72	R\$ 342,14
5.0	SINAPI 4011	Geotêxtil, resistência a tração=10kN/m	m²	61,75	R\$ 5,98	R\$ 369,29
6.0	ECOTELHADO	Módulo Hidromodular (Módulo Piso Nuvem + Módulo Galocha + Membrana Bidim)	m²	52,11	R\$ 135,31	R\$ 7.051,00
7.0	ECOTELHADO	Frete módulos (estimado)	und	1,00	R\$ 700,00	R\$ 700,00
8.0	SINAPI 3322	Gramma Esmeralda (Gramma esmeralda)	m²	52,11	R\$ 9,65	R\$ 502,86
9.0	SINAPI 34549	Argila Expandida tipo 2215	m³	3,02	R\$ 281,25	R\$ 849,38
10.0	MERCADO	Grelha hemisférica flexível - Ralos tipo abacaxi	und	6	R\$ 16,80	R\$ 100,80
VALOR TOTAL						R\$ 12.557,84

RESUMO	
VALOR TOTAL MA.	VALOR POR m²
R\$ 12.557,84	R\$ 228,95

APÊNDICE D – PROJETO SISTEMA VERNACULAR

APÊNDICE E – PROJETO SISTEMA REVESTIMENTO VIVO FLAT –
INSTITUTO CIDADE JARDIM

APÊNDICE F – PROJETO SISTEMA HIDROMODULAR – ECOTELHADO

APÊNDICE G – CROQUI DE IRRIGAÇÃO

APÊNDICE H – GUIA CONSTRUTIVO