



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
*CAMPUS ARAPIRACA*  
**CURSO ARQUITETURA E URBANISMO**

**LUANA LIMA MACIEL**

**PROPOSTA DE RETROFIT COM USO DE TETO VEGETADO EM EDIFICAÇÃO  
ESCOLAR NA CIDADE DE ARAPIRACA**

**ARAPIRACA**

**2023**

LUANA LIMA MACIEL

**PROPOSTA DE RETROFIT COM USO DE TETO VEGETADO EM EDIFICAÇÃO  
ESCOLAR NA CIDADE DE ARAPIRACA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.

Coorientador: Prof. Dr. Iuri Ávila Lins de Araújo

ARAPIRACA

2023



Universidade Federal de Alagoas – UFAL  
*Campus Arapiraca*  
Biblioteca Setorial *Campus Arapiraca* - BSCA

M152p Maciel, Luana Lima  
Proposta de retrofit com uso de teto vegetado em edificação escolar na cidade de Arapiraca/  
Luana Lima Maciel. – Arapiraca, 2023.  
112 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira  
Coorientador: Prof. Dr. Iuri Ávila Lins de Araújo  
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo). -  
Universidade Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca*, Arapiraca, 2023.  
Disponível em: Universidade Digital (UD) – UFAL (*Campus Arapiraca*).  
Referências: f. 104-109  
Apêndices: f. 110-112

1. Escola Mário César Fontes 2. Sustentabilidade 3. Design biofílico 4. Projeto  
arquitetônico 5. Qualidade de vida I. Pereira, Thiago Alberto da Silva II. Araújo, Iuri Ávila Lins  
de III. Título.

CDU 72

Bibliotecária responsável: Gerlane Costa Silva de Farias  
CRB - 4 / 1802

## Folha de Aprovação

LUANA LIMA MACIEL

Proposta de retrofit com uso de teto vegetado em edificação escolar na cidade de Arapiraca

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca* e aprovado em 20 de dezembro de 2023.

Documento assinado digitalmente  
 THIAGO ALBERTO DA SILVA PEREIRA  
Data: 22/12/2023 12:43:17-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira

Documento assinado digitalmente  
 IURI AVILA LINS DE ARAUJO  
Data: 19/01/2024 13:25:58-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Coorientador: Prof. Dr. Iuri Ávila Lins de Araújo

**Banca examinadora:**

Documento assinado digitalmente  
 TAFFAREL DA SILVA OLIVEIRA  
Data: 18/01/2024 15:03:21-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Arquiteto e Urbanista Taffarel da Silva Oliveira  
Examinador Externo

Documento assinado digitalmente  
 ELISABETH DE ALBUQUERQUE CAVALCANTI DU,  
Data: 23/12/2023 17:36:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Elisabeth de Albuquerque Cavalcanti Duarte Gonçalves  
Universidade Federal de Alagoas – UFAL Campus Arapiraca

Documento assinado digitalmente  
 RAFAEL RUST NEVES  
Data: 22/12/2023 20:05:12-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Rafael Rust Neves

Universidade Federal de Alagoas – UFAL Campus Arapiraca

A minha filha, Maria Heloísa, que, mesmo pequenina, já ama a natureza em todas as formas e me presenteia com uma flor sempre que encontra uma em seu caminho.

## AGRADECIMENTOS

Ao concluir essa pesquisa, me recordo de muitos momentos, e me sinto grata a muitas pessoas e instituições que foram presentes nessa jornada.

A princípio, agradeço a Deus pela saúde e força para finalizar este trabalho, foram muitos acontecimentos, mas, em cada um deles, Deus me deu sabedoria para conduzir a situação da melhor maneira possível.

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, por todo o apoio durante a escrita deste trabalho. Suas valiosas orientações foram essenciais para a produção do texto. Sou grata ao professor Thiago por ser paciente e compreensivo e por me conduzir a buscar e conhecer mais sobre a abrangência do tema “teto vegetado”.

Ao meu coorientador, o Prof. Dr. Iuri Ávila Lins de Araújo, por todos os direcionamentos e indicações durante a pesquisa.

Ao Prof. Dr. Henrique Costa Hermenegildo da Silva, por todo o auxílio durante a etapa de escolha da vegetação.

À Prof.<sup>a</sup> Dra. Elizabeth de Albuquerque Cavalcante Duarte Gonçalves e ao Prof. Dr. Rafael Rust Neves, pelas contribuições valiosas durante o exame de qualificação.

Ao arquiteto Taffarel da Silva Oliveira, por aceitar atuar como avaliador externo na banca deste trabalho.

À minha família, que sempre se fez presente em minha vida e que torceram pela concretização desta pesquisa.

Às minhas irmãs, Willa Maciel, Wilma Maciel, Welma Maciel, Wandla Maciel, e meus irmãos, Wellington Maciel e Welson Maciel, por estarem sempre comigo.

Aos meus pais, Maria Aparecida e Gerson Maciel, os quais são meus maiores exemplos devida e sempre me incentivam a seguir em frente. Sem vocês, eu não seria quem sou.

Ao meu esposo, Luís Fernando, por todo o carinho, dedicação e cuidado comigo, por me estimular a dar sempre o se melhor e me compreender e me tranquilizar durante meus momentos de descarga de estresse que permearam a jornada acadêmica.

À minha amada filha, Maria Heloísa, que diariamente encanta com seu sorriso sincero e seus abraços quentinhos.

À minha sogra, Maria Ivone, por todo o carinho comigo e por cuidar da minha filha com tanto amor e dedicação nos momentos em que precisei me ausentar para me dedicar aos estudos.

Aos meus colegas de graduação que, sem dúvidas, sempre foram uma grande equipe e estavam prontos para ajudar quando fosse preciso.

À Micaelly, por todo apoio nos momentos de preocupações com o desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu grupo, Tereza Cristina, Maria Eduarda e Samara, por serem tão parceiras durante a graduação, por todo cuidado e complacência durante minha gravidez e puerpério. Por compreenderem a minha necessidade de estar ausente em muitas das reuniões noturnas para cuidar da minha pequena e pelas inúmeras vezes que foram como irmãs para mim. A vocês, muito obrigada.

Ao LDP, pelas brincadeiras e conversas descontraídas que trouxeram leveza a essa jornada.

Aos meus sobrinhos, Weverton, Karine, Miguel, Kaio, Kaique, Vinicius, Ana Lívia, Joana e Ravi, por conseguirem capturar os meus melhores sorrisos durante essa etapa da minha vida.

À Universidade Federal de Alagoas, pela oportunidade em cursar a graduação de Arquitetura e Urbanismo.

À Escola Mário César Fontes, que abriu as portas para mim durante a pesquisa, o que me possibilitou conhecer melhor a instituição e realizar a pesquisa de forma mais completa.

A todos os meus professores da graduação, por serem tão dedicados durante todo o curso e principalmente por serem compreensivos comigo durante a minha gestação e puerpério, graças a vocês continuei a faculdade durante esse período.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram com a minha jornada e com a conclusão desta pesquisa, sozinha, não seria possível realizar este trabalho.

No mistério do sem-fim  
equilibra-se um planeta.  
E, no planeta, um jardim,  
e, no jardim, um canteiro;  
no canteiro uma violeta,  
e, sobre ela o mundo inteiro,  
entre o planeta e o sem-fim,  
a asa de uma borboleta.

(CECÍLIA MEIRELES, 2009)

## RESUMO

O presente trabalho objetiva projetar um teto vegetado na escola Municipal Mário Cesar Fontes de Ensino Integral no município de Arapiraca - AL. No contexto educacional, as escolas são espaços fundamentais na formação dos indivíduos, e o uso de tetos vegetados pode proporcionar contato com a natureza, melhorando a qualidade de vida urbana. Diante disso, a motivação do trabalho é trazer a natureza para as escolas, conciliando concreto e áreas verdes, a fim de melhorar a educação através da arquitetura verde. Deste modo, a Escola Municipal Mário Cesar Fontes foi selecionada para o estudo por necessitar aumentar a sua área permeável e ampliar ambientes verdes. Para tanto, o projeto de retrofit com teto vegetado tem como objetivos: identificar estratégias de aplicação desse sistema e desenvolver uma horta, uma praça e um canteiro sensorial, de modo a agregar valor social, físico e ambiental à instituição. A metodologia utilizada baseia-se em uma pesquisa de campo em que envolveu a caracterização da cidade, do bairro e do lote da escola, que culminará no projeto final. Como revisão da literatura, foi realizado um percurso com exemplificações de vários tetos verdes, descrevendo a importância destes e suas variações. Considera-se que o uso de teto verde nas escolas, melhora o aprendizado dos discentes, seu pertencimento e cuidado com a natureza, assim como redução de custos com energia elétrica e melhora do conforto térmico da comunidade escolar. Bem como a utilização de alimentos sem agrotóxico para o preparo da merenda escolar.

Palavras-chave: sustentabilidade; educação; qualidade de vida urbana, design biofílico; Escola Mário César Fontes.

## **ABSTRACT**

The present work aims to design a vegetated roof at the Mário Cesar Fontes Municipal School of Integral Education in the municipality of Arapiraca - AL. In the educational context, schools are fundamental spaces in the training of individuals, and the use of vegetated roofs can provide contact with nature, improving the quality of urban life. Therefore, the motivation for the work is to bring nature to schools, combining concrete with green areas, in order to improve education through green architecture. Therefore, the Mário Cesar Fontes Municipal School was selected for the study because it needed to increase its permeable area and expand green environments. To this end, the retrofit project with a vegetated roof aims to identify strategies for applying this system, developing a vegetable garden, a square and a sensory flowerbed, in order to add social, physical and environmental value to the institution. The methodology used is based on field research that involved characterizing the city, neighborhood and school lot, which will culminate in the final project. As a literature review, a tour was carried out with examples of various green roofs, describing their importance and their variations. It is considered that the use of a green roof in schools improves students' learning, their belonging and care for nature, as well as reducing electricity costs and improving thermal comfort in the school community, as well as the use of pesticide-free foods for school lunches.

**Keywords:** sustainability; education. quality of urban life; biophilic design; Mário César Fontes School.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sobreposição de camadas de uma cobertura verde.....	26
Figura 2 - Classificação dos tipos de sistema de teto vegetado segundo o GCV.....	27
Figura 3 - Características dos telhados verdes extensivos, semi-intensivos e intensivos.....	28
Figura 4 - Casa Plana, em Porto Feliz, São Paulo, Brasil.....	29
Figura 5 - Vista do terraço Jardim do Palácio Gustavo Capanema.....	30
Figura 6 - Telhado verde de 36 mil m <sup>2</sup> na sede do Facebook, em Menlo Park.....	31
Figura 7 - Sistema Laminar - EcoTelhado.....	32
Figura 8 - Sistema Azul e Verde - EcoTelhado.....	33
Figura 9 - Sistema Alveolar - EcoTelhado .....	34
Figura 10 - Sistema Grelhado - EcoTelhado .....	34
Figura 11 - Sistema Flat – Instituto Cidade Jardim .....	35
Figura 12 - Sistema Flat + manta de drenagem – Instituto Cidade Jardim .....	36
Figura 13 - Sistema Modular – Instituto Cidade Jardim .....	36
Figura 14 - Sistema Modular – Instituto Cidade Jardim .....	37
Figura 15 - Teto jardim.....	38
Figura 16 - Gráfico do comportamento da Ts.in nas coberturas no dia 17/07/2019 .....	39
Figura 17 - Caixa ao fundo representando um cômodo de uma casa com cobertura convencional e mais a frente com o telhado verde .....	40
Figura 18 - Gráfico do comportamento da Ts.in nas coberturas no dia 17/07/2019 .....	40
Figura 19 - Protótipos de telhados verde devidamente instalados.....	41
Figura 20 - Gráfico de temperatura interna às 13:00 horas em relação ao limite inferior e superior de conforto térmico (L.I.C.T e L.S.C.T respectivamente) nos sistemas: Modular (SM), MacDrain (SD), FLAT (SF) e Testemunha.....	42
Figura 21 - Gráfico de temperatura interna às 22:00 horas em relação ao limite inferior e superior de conforto térmico (L.I.C.T e L.S.C.T respectivamente) nos sistemas: Modular (SM), MacDrain (SD), FLAT (SF) e Testemunha.....	42
Figura 22 - Casa com 160m <sup>2</sup> de telhado verde .....	43
Figura 23 - Telhado verde com 160m <sup>2</sup> .....	44
Figura 24 - O telhado do antigo escritório da CARDIM.....	44
Figura 25 - Hortaliças sendo cultivadas em teto jardim .....	45
Figura 26 - Cultivo de hortaliças no telhado do shopping Eldorado .....	46
Figura 27 - Escola Waldorf localizada na Alemanha com teto verde .....	51

Figura 28 - Ampliação da Escola Waldorf localizada na Alemanha.....	52
Figura 29 - Vista isométrica da Escola Waldorf.....	55
Figura 30 - Colégio Israelita.....	54
Figura 31 - Implantação do Colégio Santa Cruz .....	55
Figura 32 - Teto vegetado no Colégio Santa Cruz .....	56
Figura 33 - Vista esquemática do teto jardim do Colégio Santa Cruz .....	56
Figura 34 - Foto aérea da Escola Estadual Erich Walter Heine mostrando o telhado verde ....	57
Figura 35 - Alunos cuidando do telhado verde durante aula de biologia .....	58
Figura 36 - Localização da cidade de Arapiraca no estado de Alagoas .....	59
Figura 37 - (A) Localização do Bairro Planalto na cidade de Arapiraca (B) Demarcação do lote no Bairro Planalto .....	60
Figura 38 - Imagem de satélite com delimitação do lote.....	60
Figura 39 - Quadro da Macrozona Urbana.....	61
Figura 40 - Fachada principal da EMEFemTI Mário César Fontes .....	62
Figura 41 – Pátio coberto da EMEFemTI Mário César Fontes.....	62
Figura 42 - Sala de aula da EMEFemTI Mário César Fontes .....	63
Figura 43 - Corredor de acesso interno da EMEFemTI Mário César Fontes.....	64
Figura 44 - Setorização da EMEFemTI Mário César Fontes (sem escala). .....	65
Figura 45 - Planta de coberta da EMEFemTI Mário César Fontes (sem escala). .....	66
Figura 46 - Planta baixa da EMEFemTI Mário César Fontes (sem escala). .....	68
Figura 47 - Planta baixa aproximada - casa de apoio (sem escala). .....	69
Figura 48 - Planta baixa aproximada – pátio coberto, refeitório, cozinha e banheiros (sem escala). .....	70
Figura 49 - Planta baixa aproximada – salas de aula (sem escala). .....	71
Figura 50 - Planta baixa aproximada – setor administrativo e hall de acesso (sem escala). ....	72
Figura 51 - Planta baixa aproximada – Auditório e parque infantil (sem escala). .....	73
Figura 52 - Planta baixa aproximada – salas de uso extracurriculares (sem escala). .....	74
Figura 53 - Setorização do teto vegetado e posição do sol(sem escala). .....	79
Figura 54 - Acessos ao teto vegetado (sem escala). .....	81
Figura 55 - Planta baixa humanizada do teto vegetado (sem escala). .....	82
Figura 56 - Planta baixa aproximada – horta (sem escala). .....	84
Figura 57 - Planta baixa aproximada – praça (sem escala). .....	86
Figura 58 - Planta baixa aproximada – bloco sensorial.....	87
Figura 59 - Horta- Espaço para cultivo.....	97

Figura 60 - Horta - Espaço para cultivo e compostagem.....	98
Figura 61 - Praça - Caramanchões para sombreamento.....	98
Figura 62 - Praça - Espaço para contemplação.....	99
Figura 63 - Praça - Espaço para jogos e descontração.....	99
Figura 64 - Espaço sensorial - Espaço para aguçar os sentidos.....	100

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Programa de necessidades .....	76
Quadro 02 - Materiais utilizados no telhado.....	90
Quadro 03 - Quadro botânico .....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Totalização da água escoada medida no experimento.....	47
Tabela 2 - Materiais e custos para a instalação de um telhado verde (1,3m <sup>2</sup> ) na cidade de Arapiraca-AL .....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Pará
GCV	Guia de coberturas para Campo Grande – MS
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
cm	Centímetro
Cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
Kg	Quilograma
EMEFemTI	Escola Municipal de Ensino Fundamental em Tempo Integral
FACENS	Faculdade de Engenharia de Sorocaba
Km <sup>2</sup>	Quilometro quadrado
hab/km <sup>2</sup>	Habitante por quilometro quadrado
Leed	Leadership in Energy and Environmental Design)
USGBC	U.S. Green Building Council
SF	Sistema Flat
SM	Sistema Modular
SD	Sistema MAcDrain
DB	Decibel
PEAD	Polietileno de alta densidade

## LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

°C Grau Celsius

R\$ Real

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
1.1	MOTIVAÇÃO DO TRABALHO .....	19
1.2	OBJETIVOS .....	20
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	21
<b>2</b>	<b>VERDE NO ALTO: A IMPORTÂNCIA DO USO DAS COBERTURAS PARA FINS VEGETATIVOS</b> .....	<b>22</b>
2.1	BIOFILIA E DESIGN BIOFÍLICO .....	22
2.2	IMPORTÂNCIA DO DESIGN BIOFÍLICO EM AMBIENTES ESCOLARES .....	23
2.3	TETO VEGETADO .....	24
<b>2.3.1</b>	<b>Composição em camadas</b> .....	<b>25</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Classificação</b> .....	<b>27</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Modelos disponíveis no mercado</b> .....	<b>31</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Benefícios do uso do teto vegetado</b> .....	<b>37</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Desvantagens do uso do teto vegetado</b> .....	<b>47</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Valores de aplicação do sistema</b> .....	<b>49</b>
<b>3</b>	<b>TETO VEGETADO EM ESCOLAS</b> .....	<b>51</b>
3.1	ESCOLA WALDORF – BERLIM, ALEMANHA .....	51
3.2	COLÉGIO ISRAELITA BRASILEIRO – RIO GRANDE DO SUL, BRASIL .....	53
3.3	COLÉGIO SANTA CRUZ – SÃO PAULO, BRASIL .....	54
3.4	ESCOLA ESTADUAL ERICH WALTER HEINE.....	57
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>59</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE ARAPIRACA E DA ÁREA DE ESTUDO .	59
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA MARIO CÉSAR FONTES .....	61
4.3	PROGRAMA DO PROJETO.....	75
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>76</b>
5.1	PROPOSTA.....	76
<b>5.1.1</b>	<b>Diretrizes projetuais</b> .....	<b>76</b>

<b>5.1.2 Programa de necessidades</b> .....	76
<b>5.1.3 Conceito</b> .....	77
<b>5.1.4 Partido</b> .....	78
<b>5.1.5 Setorização</b> .....	78
<b>5.2 SISTEMA UTILIZADO</b> .....	89
<b>5.2.1 Materiais utilizados</b> .....	89
<b>5.2.3 Etapas da montagem do sistema:</b> .....	90
<b>5.2.4 Vegetações escolhidas</b> .....	91
<b>5.3 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DO TETO VEGETADO</b> .....	97
<b>5.4 Projetos complementares necessários para consolidação da proposta</b> .....	100
<b>6 CONSIDERAÇÕES</b> .....	<b>103</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	Erro! Indicador não definido.
<b>APENDICE A – PLANTA DE DEMOLIR E CONSTRUIR</b> .....	<b>110</b>
<b>APENDICE B – PLANTA FALADA E QUADRO BOTÂNICO</b> .....	<b>111</b>
<b>APENDICE C – PLANTA TÉCNICA</b> .....	<b>112</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento populacional e o conseqüente inchaço nas cidades gera a crescente demanda por espaços edificados. Com isso, cada vez mais, áreas de terra são impermeabilizadas, assim, vão surgindo grandes problemas ambientais como as ilhas de calor e a poluição atmosférica. Em busca de soluções para tais problemas. O setor da construção civil traz uma tecnologia conhecida como teto verde ou teto vegetado, que consiste em uma cobertura com uso de vegetação capaz de amenizar esses impactos provocados pela impermeabilização das cidades, proporcionando conforto térmico e acústico à edificação e agregando estética ao ambiente, garantindo também sustentabilidade. Em sua pesquisa intitulada “Análise do comportamento térmico de uma cobertura verde leve (CVL) e diferentes sistemas de cobertura”, Lopes (2007) diz que:

As vantagens em relação à utilização das coberturas verdes, em geral, estão relacionadas à regulação de temperaturas, a melhora na eficiência energética das edificações, a capacidade de retenção das águas pluviais, ao aumento das áreas verdes, a atenuação dos efeitos das ilhas de calor, além da contribuição estética e social no ambiente urbano (Lopes, 2007, p. 05).

Consoante Silva (2018), “os efeitos benéficos das coberturas vegetadas variam desde impactos no interior do edifício e no microclima local, até psicológicos”. Sendo assim, aplicar esse instrumento pode favorecer um resultado positivo no cotidiano humano e na qualidade do meio ambiente, pois o uso do teto vegetado permite trazer o contato com a natureza mesmo em ambientes onde o solo foi impermeabilizado em maioria, com isso, melhora a qualidade de vida urbana.

Dentre os diversos tipos de setores que existem e exigem uso de edificação está o setor educacional, ele atende uma gama de pessoas todos os dias, necessita de grandes áreas construídas e isso acarreta redução de áreas de solo permeável. Essa é a realidade de muitas escolas no Brasil. Por ser uma instituição indispensável, ela só cresce com o passar dos anos e, por isso, reivindica que melhorias sejam pensadas constantemente, tanto no âmbito de ensino quanto no seu espaço físico.

Mostrar aos alunos, desde pequenos, os canais de possibilidades de se conectar com a natureza, aprender e desenvolver senso crítico se torna mais prático e objetivo e torna as experiências palpáveis com a vivência no espaço. É notório que um dos ambientes de grande influência na formação dos indivíduos é a escola, ela tem papel fundamental na vida de cada um que passa por ali. Conforme os dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas

Educacionais Anísio Teixeira (INEP), baseando-se no Censo escolar de 2021, existe um total de 178.370 escolas de educação básica atuando no Brasil. Vale salientar que o espaço arquitetado, a edificação em si, contribui diretamente com essa formação, ela é responsável por proporcionar vivências e estímulos. Trazer o contato com a natureza desde a infância na escola pode gerar uma relação intrínseca entre o homem e a natureza.

Diante das discussões elencadas, surge uma questão: como melhorar a qualidade de vida e conforto de alunos e profissionais que vivenciam a escola? Contribuindo com o bem-estar ambiental e proporcionando maior contato com a natureza, tendo como pauta principal a sustentabilidade. Sabe-se que agregar o uso do teto vegetado a essas edificações pode gerar melhorias em várias esferas, no âmbito social e ambiental. Segundo Constantino e Amarães (2022, p. 1), “proporcionar um ambiente que favoreça experiências significativas, cultivar o senso exploratório, contribui para o desenvolvimento de estratégias de ensino-aprendizagens mais eficazes”, pois se sabe que o uso da biofilia a favor do bem-estar e aprendizado é crucial. Visto que gera conforto e um melhor espaço para aprendizagem, ajudando, assim, no desempenho dos alunos.

Com isso, o presente trabalho visa trazer a proposta de retrofit com teto vegetado para a Escola de Ensino Fundamental Mario César Fontes, que hoje atua com ensino em tempo integral. O projeto tem o intuito de proporcionar melhoria nas condições térmicas na edificação, buscando garantir maior área permeável nos espaços da instituição e aumentar a área de convívio na escola. Já que um estudo feito pela pesquisadora Silva (2018), sobre o desconforto térmico em salas de aulas, constatou que “há, de fato, m incômodo, um (des) conforto com as sensações térmicas das salas de aulas”, [...]. Diante de vários problemas enfrentados pela infraestrutura das escolas, o desconforto térmico de fato “acarreta, direta ou indiretamente, no aumento das dificuldades e desafios no que se refere ao processo de ensino e aprendizagem” (Silva, 2018, p.84). Projetar um teto verde vem para amenizar este problema, além de ampliar os espaços para brincadeiras, lazer e aprendizagem, as crianças ainda recebem a possibilidade de aprimorar a sua consciência ambiental.

## 1.1 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

A Escola é um dos primeiros ambientes de socialização dos seres humanos, ali são criados vínculos que serão levados para toda a vida, esses vínculos vão desde as relações sociais até as relações com o espaço e meio ambiente. Proporcionar um ambiente que traz a natureza

como colaboradora principal do bem-estar pode acarretar inúmeros benefícios para vida dos usuários das escolas.

A Escola Municipal de Ensino Fundamental em Tempo Integral (EMEFTI) Mario Cesar Fontes é uma instituição de ensino que atua em tempo integral. Assim sendo, os discentes passam grande parte do seu dia na instituição, realizando atividades curriculares e extracurriculares. A Escola, mesmo proporcionando diversas atividades além da sala de aula, conta com pouco espaço não edificado, dificultando o contato com a terra, a integração com a natureza e possibilidade de aprender ao ar livre.

Deste modo, a principal motivação desse trabalho é trazer a natureza para junto das escolas, mostrar que é possível conciliar concreto com o verde das plantas nesses ambientes, possibilitando, assim, melhorar a educação através da arquitetura verde, com o uso do teto vegetado.

Como as escolas carecem de espaço edificado para realização de atividades, e a Zona Urbana possui cada vez menor quantidade de solo disponível, é comum que pouca área permeável faça parte desse tipo de edificação, sendo corriqueiro também se ter grandes áreas de telhados nelas. Esta configuração oferece um ambiente altamente propenso à transformação e é uma superfície ideal para a implementação de tetos verdes. No entanto, lamentavelmente, esse potencial ainda é pouco explorado nesse tipo de construção.

## 1.2 OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

- Projetar um teto vegetado como proposta de retrofit na Escola Mário César Fontes no município de Arapiraca – AL

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar estratégias de aplicação de teto vegetado;
- Projetar uma horta que possa fornecer alimentos frescos e saudáveis para a comunidade escolar, promovendo a agricultura urbana;
- Criar uma praça que promova ambiente propício para encontros, atividades sociais e integração entre os membros da comunidade escolar e local;
- Propor um canteiro sensorial com espaços que estimulem a percepção dos sentidos.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Visando proporcionar um melhor esclarecimento a respeito do tema e das questões que se fazem presentes quando o assunto é o teto vegetado, a pesquisa foi dividida em 5 capítulos, através dos quais foram dispostas informações relevantes para seu entendimento e para facilitar a leitura do projeto final.

No primeiro capítulo, encontra-se a introdução, na qual há uma breve explanação a respeito do tema do qual trata a pesquisa, sendo mostrado previamente sua relevância no cenário atual, a qual já foi tratada por Silva (2018) e Lopes (2007). Também são enfatizados os motivos pelos quais se justifica o interesse no assunto e os objetivos que permeiam a sequência do projeto, assim como a metodologia usada e a sequência estrutural do trabalho.

No segundo capítulo, é tratada a revisão bibliográfica, na qual foram esmiuçadas as teorias relevantes a respeito do assunto, a fim de destacar o que é um teto vegetado. É discutido também como se classificam seus modelos. Bem como apresentados seus benefícios ao meio ambiente e à sociedade na totalidade assim como também suas desvantagens, além de trazer os valores de aplicação que foram apresentados por autores como Kock *et al* (2020) e Silva (2020) que já aplicaram o sistema e também destacaram a importância do *design* biofílico em ambientes escolares. Machado (2022), Boechat e Espindula (2016) e Elali (2003) destacam a importância da presença de ambientes verdes no desenvolvimento das crianças.

No terceiro capítulo, são mostradas escolas nas quais se tem o teto vegetado implantado, esses exemplos servem de inspiração para dar sequência ao projeto. São modelos variados que recorreram a tecnologia a fim de melhorar a qualidade do ambiente construído, como a Escola Estadual Erich Walter Heine, o colégio Israelita e outros.

No quarto capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos usados na pesquisa, sendo feita a caracterização da Cidade de Arapiraca, da área de estudo e da edificação em si, partindo de dados obtidos do IBGE (2022), da Secretaria de Educação de Arapiraca e Plano diretor da referida cidade. A partir dos quais se definiu o programa do projeto de retrofit com uso de teto vegetado em edificação escolar na cidade de Arapiraca, conforme as necessidades locais.

O quinto capítulo aborda os resultados da pesquisa, trazendo a proposta projetual completa.

No sexto capítulo, são apresentadas as considerações finais da pesquisa, no qual é tratada a compreensão geral sobre o tema abordado, as limitações e dificuldades encontradas ao longo do trabalho e principalmente, incentivo a pesquisas posteriores a respeito do tema.

## 2 VERDE NO ALTO: A IMPORTÂNCIA DO USO DAS COBERTURAS PARA FINS VEGETATIVOS

Para embasar a pesquisa, leituras específicas são essenciais para construção do trabalho. Visto que é fundamental avaliar o que já se tem produzido sobre o tema. Autores como Nicolau (2021), Silva (2020), Mendonça (2015), Vacilikio e Fleischfresser (2011), Carvalho (2018) e Silva (2018) se fazem fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa. Assim como pesquisas a sites de empresas credenciadas no mercado que atuam com o sistema de teto vegetado, como o Instituto Cidade Jardim e a Eco telhado.

Estudando Silva (2020), Mendonça (2015), Vacilikio e Fleischfresser (2011), Carvalho (2018), Silva (2018) e PROJETEE (2023), é possível ver que, o uso do teto vegetado é uma alternativa viável de mitigação de impactos ambientais causados pela impermeabilização do solo das cidades mas que serve também como estratégia de condicionamento térmico passivo e possibilidade de promover a biofilia nas construções. Valendo-se dessas contribuições e partindo para o ambiente escolar, machado (2022), Boechat e Espindula (2016) e Elali, (2003) mostram a importância do design biofílico na educação e desenvolvimento das crianças.

### 2.1 BIOFILIA E DESIGN BIOFÍLICO

Amplamente complexo, o termo biofilia se refere à afinidade inata e instintiva que os seres humanos têm com a natureza e outros seres vivos. A palavra "biofilia" deriva do grego, onde "bio" significa vida, e "philia" significa amor, portanto, biofilia pode ser entendida como "amor pela vida" ou "afinidade pela vida".

O homem evoluiu 99% de sua existência em um mundo biocêntrico, o que induz a crer que ao passo que o homem se afasta da natureza ele perde a conexão inata com a natureza. A biofilia então, é um conceito científico que vem ratificar a necessidade humana de estar mais próximo da natureza (Wilson, 1996 *apud* Nicolau, 2021, p. 14).

Entretanto, à medida que a tecnologia avança e a necessidade por construções aumenta, é visto um distanciamento progressivo entre os seres humanos e a natureza. Os espaços são projetados visando principalmente a funcionalidade e a praticidade, muitas vezes negligenciando a conexão com o ambiente natural. Esse afastamento tem gerado desafios nas esferas social, ambiental, física e comportamental.

Para contornar essa situação, acompanhar o crescimento tecnológico das cidades e aliar biofilia ao dia a dia das pessoas surge o design biofílico. De acordo com Mello, Bianchi e Libardoni (2020), é uma abordagem na arquitetura e no design de espaços que se baseia na conexão e na integração harmoniosa entre a natureza e o ambiente construído, tanto interno quanto externo. Portanto, o design biofílico se refere ao amor pela vida e à incorporação deliberada de elementos naturais em ambientes humanos.

Para Muza (2021, p.30), o design biofílico “pode ser entendido como a intuição humana que mostra que as conexões com a natureza são de grande importância para manter uma existência saudável e equilibrada”. Essa estratégia visa aprimorar o desempenho, bem-estar físico e mental das pessoas.

Desta maneira, o design biofílico busca a criação de construções que se inspirem na natureza, preservando, desse modo, a ligação do indivíduo com o ambiente natural mesmo em espaços edificadas (Cruz, 2022). Nessas situações, a inserção de telhados vegetados pode entrar com uma estratégia para maximizar espaços verdes.

## 2.2 IMPORTÂNCIA DO DESIGN BIOFÍLICO EM AMBIENTES ESCOLARES

O Design biofílico consiste em proporcionar a integração da natureza nos projetos arquitetônicos. Promover essa relação vai além de levar beleza ao ambiente, ela repercute diretamente no bem-estar dos usuários. Quando se tratando do ambiente escolar, estabelecer essa relação significa priorizar o bem-estar ambiental e social, preocupando-se também com as futuras relações humano-natureza.

Vale ainda salientar que “a criança em contato com a natureza é o potencial cuidador e preservador do meio ambiente, porque, em sua memória, haverá registros do significado do frescor à sombra de uma árvore, por exemplo”, conforme exposto por Machado (2022). Boechat e Espindula (2016, p.03) destacam que “Áreas verdes, quando em ambientes escolares, incentivam o ensino, a prática de esportes, brincadeiras ao ar livre, a boa alimentação, além de trazer bem-estar e contribuir para a saúde dos alunos”.

[...] dar maior atenção às características sócio-físicas dos ambientes e às relações entre estes e a criança, garantindo a ela oportunidades de contato com espaços variados, tanto construídos pelo homem quanto naturais, é uma maneira de proporcionar à infância condições plenas de desenvolvimento, gerando a consciência de si e do entorno que são provenientes da riqueza experiencial (Elali, 2003, p. 311).

Mas também as crianças funcionam como esponjas, elas absorvem tudo que vivenciam e que lhes é apresentado, por passarem boa parte dos seus dias nas escolas, esses ambientes devem proporcionar experiências através das quais seja estimulada a biofilia nos alunos. Machado (2022) afirma que “a interação da criança com a natureza melhora o desenvolvimento intelectual, incentiva o pensamento crítico, a inteligência emocional, o trabalho em equipe, a capacidade de resolução de problemas e ainda promove muitos outros benefícios”. Dentre esses benefícios, a autora destaca que essa interação:

- Promove estímulos sensoriais;
- Contribui para a melhoria da aprendizagem;
- Desenvolve resiliência e autoconfiança;
- Colabora para a autonomia da criança;
- Previne a deficiência de Vitamina D, pela exposição aos raios solares;
- Fortalece o sistema imunológico e reduz o risco de alergias;
- Nutri a imaginação e eleva a capacidade criativa;
- Promove a convivência e interação social;
- Fortalece os vínculos afetivos e o espírito solidário;
- Promove equilíbrio interno, autorregulador da criança;
- Estimula o cuidado com o meio ambiente (Machado, 2022, n.p.).

Boechat e Espindula (2016) expõem que, em idade primária, o contato com áreas verdes influencia diretamente o desenvolvimento cognitivo, o que se associa ao aperfeiçoamento da memória de trabalho, bem como a redução da falta de atenção, auxiliando o processo de absorção das informações e conseqüentemente o aprendizado

É notório o valor da presença do verde nas escolas para melhoria da relação biofílica entre as crianças e a natureza e conseqüente memória afetiva com a natureza, senso de sustentabilidade e melhora no aprendizado. Em ambientes onde as áreas impermeabilizadas são crescentes, como as cidades, o uso do teto vegetado pode ser uma alternativa viável para trazer esse contato com o verde nesses ambientes.

### 2.3 TETO VEGETADO

Também conhecido como teto verde ou cobertura verde, o teto vegetado é um sistema construtivo que agrega o uso de vegetação à cobertura da edificação. Essa vegetação pode incluir uma variedade de plantas, como gramíneas, ervas, arbustos e até mesmo árvores,

dependendo do tipo de sistema. O objetivo principal de um teto vegetado é criar uma camada de vegetação que ofereça benefícios tanto para o ambiente quanto para o edifício em si.

Essa técnica pode contribuir com o bem-estar dentro da cidade. Considerado um elemento de arquitetura vernácula até a metade do século XX, por volta da década de 70, na Alemanha e Suíça, a aplicação de telhados verdes adquire técnicas de instalação modernas que permitiram difundir essa prática construtiva ao redor do mundo” (Peck *et. al.*, 1999; Lopes, 2007 *apud* Silva, 2020, p. 23).

Mendonça (2015) defende a utilização de telhados vegetados para aumentar o verde das cidades e aproveitar os seus efeitos benéficos, visto que os telhados constituem um percentual significativo das áreas impermeabilizadas nos espaços urbanos que sofrem com a falta de espaço para o verde.

Indubitavelmente, uso do teto vegetado tem impacto direto com a paisagem urbana, adicionando uma camada de vegetação ao ambiente urbano e, assim, tornando o cenário mais verde e esteticamente agradável. Ele tem um papel fundamental na transformação e melhoria da do ambiente, contribuindo para tornar as cidades mais sustentáveis, saudáveis e agradáveis para seus habitantes.

### **2.3.1 Composição em camadas**

O teto vegetado “é instalado em lajes ou até mesmo sobre telhados convencionais e consiste em camadas de impermeabilização e de drenagem, as quais recebem o solo e a vegetação indicada para o projeto” (Neto, 2018, p. 118). Um exemplo de sobreposição dessas camadas pode ser visto na Figura 1 a seguir.

Figura 1 - Sobreposição de camadas de uma cobertura verde



Fonte: Eco tecnologias (2023).

Esse sistema construtivo se compõe de camadas, as quais estão descritas abaixo:

**Camada de Vegetação:** Esta é a cobertura vegetal composta por plantas selecionadas especificamente para o tipo de telhado escolhido;

**Substrato:** É o ambiente onde as plantas se desenvolvem, fornecendo água e nutrientes essenciais para seu crescimento, numa estrutura equilibrada e de baixo peso;

**Geotêxtil (tecido permeável):** Funciona como uma camada filtrante que separa as camadas de plantas e substrato da camada de drenagem. Sua principal função é prevenir que partículas finas sejam carregadas para fora do substrato, evitando a obstrução e mantendo a eficiência da camada de drenagem;

**Sistema de Drenagem:** É a camada destinada a reter e escoar o excesso de água da chuva;

**Camada Protetora:** Tem como finalidade fornecer proteção física anti-raízes para a membrana de impermeabilização, prevenindo o crescimento das raízes das plantas;

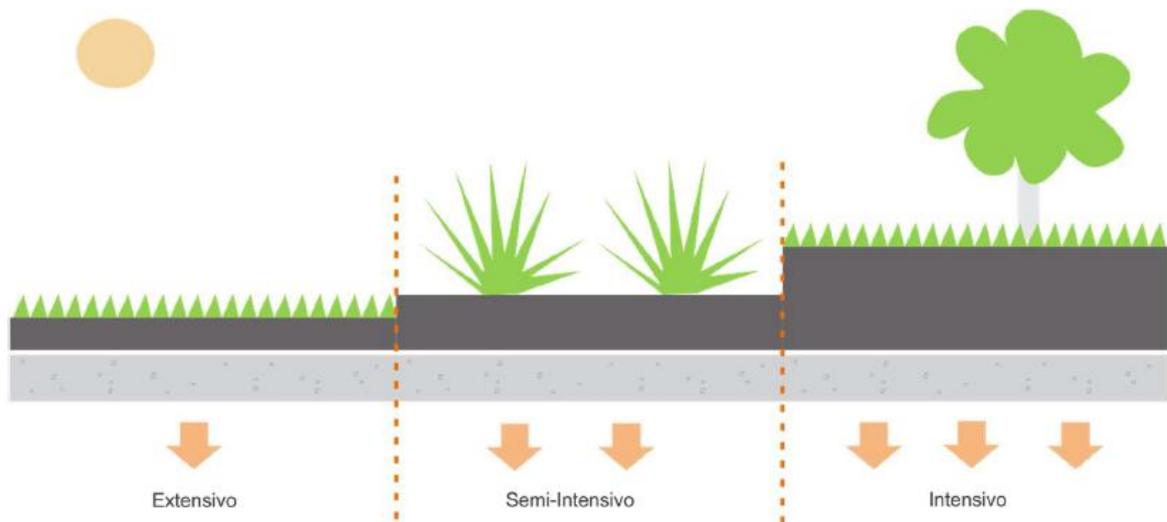
**Impermeabilização:** Tem o papel de evitar a infiltração de água na estrutura do telhado, isolando e protegendo-a da umidade proveniente das precipitações;

**Estrutura do Telhado:** É dimensionada para suportar a carga imposta pelas camadas subjacentes (Ecotecnologias, 2020).

### 2.3.2 Classificação

O guia de coberturas para Campo Grande – MS (GCV) traz uma classificação geral para os tetos verdes (ver Figura 2 abaixo), onde ressalta três tipos: assim “Denominam-se por intensiva, intensiva simples (ou semi-intensivo) e extensiva, e desempenham um papel fundamental na determinação do tipo de plantas a selecionar, bem como do resultado pretendido.

Figura 2 - Classificação dos tipos de sistema de teto vegetado segundo o GCV



Fonte: GCV (2023).

Essa classificação é determinada pela espessura do substrato usado para aplicação da vegetação. A espessura implicará justamente em que porte de vegetação poderá ser usado nesse teto jardim, com isso determinar também a função de cada um deles e indicar a necessidade de um sistema estrutural que suporte toda essa massa.

Segundo Silva (2020), o sistema extensivo necessita de uma espessura de substrato entre 6cm e 20cm, suportando entre 60kg e 150kg de peso por m<sup>2</sup>, tendo baixo custo, manutenção reduzida e podendo ser usadas plantas como musgos, ervas e gramíneas; o sistema semi-intensivo tem a necessidade de uma camada de substrato que varie de 12cm a 25cm, suportando de 120kg a 200kg por m<sup>2</sup>, sendo de custo médio e necessitando manutenção periódica, nesse caso, podem ser plantadas gramas, ervas e arbustos; o sistema intensivo permite o uso de camada de substrato com espessura entre 15cm e 40cm, suporta de 180kg a 400kg por m<sup>2</sup>, tem custo alto e precisa de manutenção frequente. Como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Características dos telhados verdes extensivos, semi-intensivos e intensivos



Característica	Telhado verde extensivo	Telhado verde semi-intensivo	Telhado verde intensivo
Manutenção	Baixo	Periodicamente	Alto
Irrigação	Não	Periodicamente	Regularmente
Plantas	Musgo, ervas e gramíneas	Grama, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
Altura de acumulação do sistema	60 - 200 mm	120 - 250 mm	150 - 400 mm
Peso	60 - 150 kg / m <sup>2</sup>	120 - 200 kg / m <sup>2</sup>	180 - 500 kg / m <sup>2</sup>
Custos	Baixo	Médio	Alto
Usar	Camada de proteção ecológica	Telhado verde projetado	Parque como jardim

Fonte: Silva (2020 *apud*, adaptado de IGRA, 2020; Besir, Cuce, 2018).

Outro fator determinante para se classificar o teto verde é o tipo de vegetação escolhida. Os telhados verdes extensivos comportam, em sua maioria, vegetação nativa da região, as quais são selecionadas geralmente por sua capacidade de resistir a condições adversas, como falta de água e exposição solar intensa.

Enquanto o sistema intensivo pode abrigar os mais diversos tipos de vegetação, sejam nativas ou não, de forma que a adaptação da espécie ao local acontecerá não apenas pelas características da planta e do ambiente, mas pela manutenção e cuidado frequente.

Vale salientar ainda que a intenção projetual irá ajudar a definir o tipo de sistema a ser utilizado juntamente com a viabilidade de aplicação dele. Abaixo, pode-se observar exemplares de cada um dos três tipos de teto vegetado classificados.

Um exemplo de teto vegetado extensivo é o telhado da Casa Plana, projetada pelo studio mk 27, localizada em Porto Feliz, São Paulo, Brasil. De acordo com Vada (2021) a cobertura da laje é revestida por vegetação, emulando o aspecto do gramado ao redor e proporcionando um acréscimo ao conforto térmico da residência.

Figura 4 - Casa Plana, em Porto Feliz, São Paulo, Brasil.



Fonte: Archdaily (2021).

Um exemplo brasileiro rico em detalhes é o terraço Jardim do Palácio Gustavo Capanema, que condiz com o modelo semi-intensivo de teto vegetado, Figura 5, projetado pelo arquiteto Roberto Burle Marx. Foi o projeto pioneiro no Brasil, realizado em 1936, o qual foi abrindo espaço para diversos outros projetos desse tipo (Beatrice, 2011 *apud* Silva, 2020). De acordo com Magalhães (2012) este é um jardim para ser contemplado do alto, com melhor visão

do 16º andar do prédio, ela diz também que, com essa composição, “os jardins se integram à arquitetura moderna como numa sinfonia harmoniosa” (Magalhães, 2012. p.128).

Figura 5 - Vista do terraço Jardim do Palácio Gustavo Capanema



Fonte: Degreas (2018).

Um exemplo de teto verde intensivo pode ser visto na Figura 6 abaixo, referente ao telhado verde da sede do Facebook, em Menlo Park.

Figura 6 - Telhado verde de 36 mil m<sup>2</sup> na sede do Facebook, em Menlo Park



Fonte: Golveia (2016).

A edificação possui cobertura vegetada na qual são dispostos pista de caminhada, jardins e até árvores (Golveia, 2016). A cobertura funciona como um verdadeiro parque.

Vale frisar que o estudo detalhado da edificação e técnicas de construção faz com que se agregue sustentabilidade, conforto, qualidade e estética a uma edificação com o uso do teto vegetado.

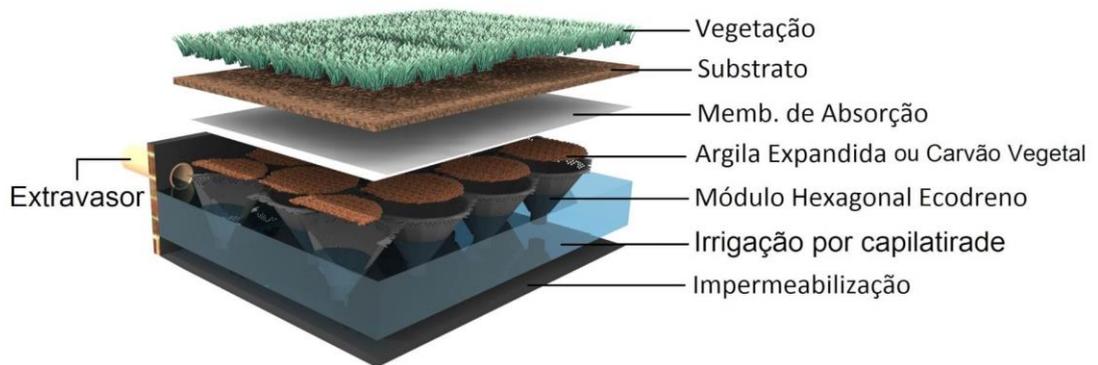
### 2.3.3 Modelos disponíveis no mercado

Atualmente, podem ser encontrados no mercado tipos de sistemas para aplicação do teto vegetado disponibilizados por empresas especializadas, como a EcoTelhado e o Instituto Cidade Jardim. Essas empresas disponibilizam sistemas que podem ser usados conforme a necessidade de cada projeto.

A EcoTelhado oferece atualmente quatro tipos de sistemas de telhados verdes sendo: Sistema Laminar, Sistema Azul e Verde, Sistema Alveolar e Sistema Grelhado que podem ser vistos com mais detalhes a seguir.

O sistema laminar, Figura 7, funciona como uma espécie de cisterna para captação de água de chuva, a empresa sugere que até 180 l/m<sup>2</sup> podem ficar reservados. O sistema pode ser usado sobre terraços ou lajes planas, entretanto, existe a indicação de impermeabilização de PVC para não haver risco de infiltrações, com o uso desse modelo se tem um aumento na retenção de água de chuva e melhora no conforto térmico da edificação (EcoTelhado, 2023).

Figura 7 - Sistema Laminar - EcoTelhado



Fonte: EcoTelhado (2023).

O Sistema Azul e Verde, Figura 8, conforme explicado pela EcoTelhado (2023), consiste na implementação de uma Bacia de Detenção de Amortecimento Pluvial. Essa estrutura é projetada para desempenhar o papel crucial de amortecer o fluxo de água pluvial, contribuindo para a gestão sustentável desse recurso. Dessa forma, ela atua como uma importante medida para controlar e mitigar o impacto das chuvas, promovendo a sustentabilidade hídrica.

Figura 8 - Sistema Azul e Verde - EcoTelhado



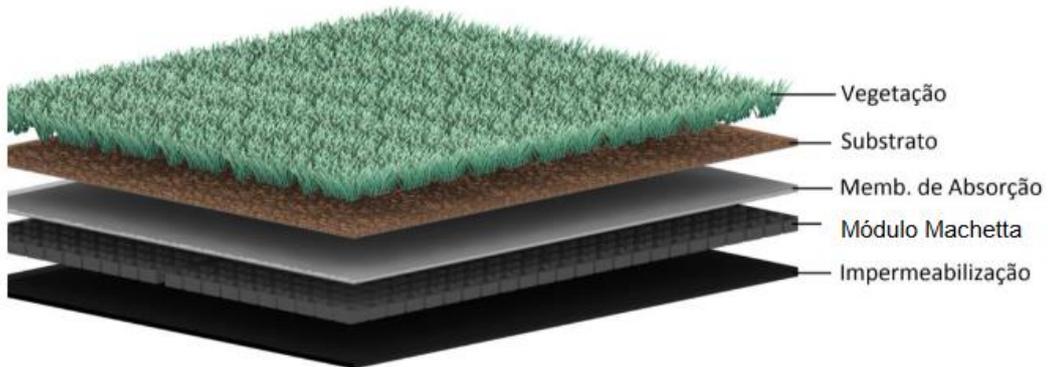
Fonte: EcoTelhado (2023).

O sistema funciona com design biofílico, usando tecnologia para melhoria da vida urbana e garantia de qualidade do meio ambiente.

O Sistema funciona como um piso elevado em que na sua parte inferior detém a água da chuva que corre para o dreno pluvial e na parte superior retém água da chuva que irá favorecer a vegetação do telhado verde, além de reter partículas de impurezas que ficam sob as coberturas (EcoTelhado, 2023).

A água é capturada por meio de uma estrutura vegetal que atua como um reservatório superior. Dessa forma, o excedente de chuva se infiltra na bacia de amortecimento na porção inferior e, de maneira gradual, percorre o tubo de drenagem de menor diâmetro, resultando em uma redução da velocidade de escoamento. Em situações de chuvas mais intensas, o excesso de água é direcionado por um tubo de diâmetro maior conectado ao sistema de drenagem pluvial do edifício. Já o sistema Alveolar, ver Figura 9, pode ser usado em lajes planas, telhas e outros tipos de coberturas, com inclinação de até 20%.

Figura 9 - Sistema Alveolar - EcoTelhado

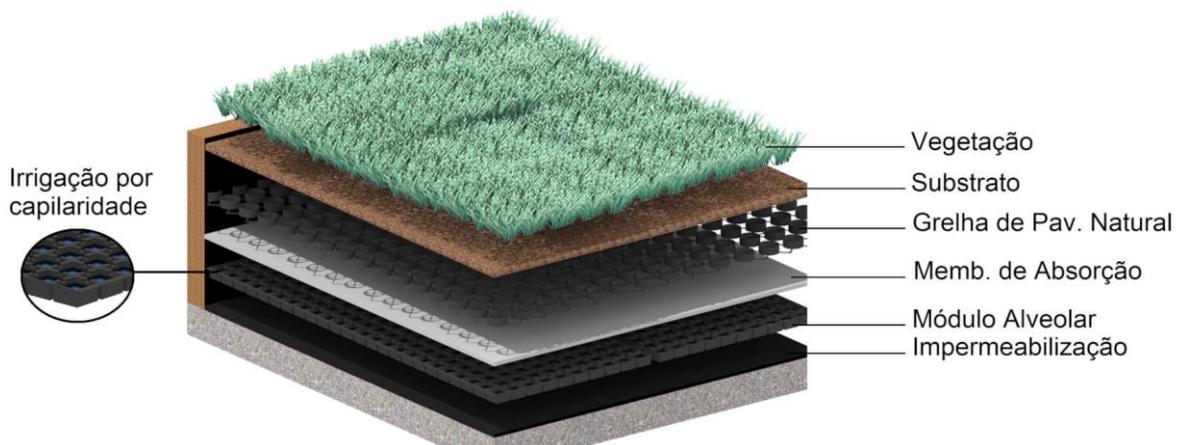


Fonte: EcoTelhado (2023).

Entretanto, é indicado usar o Sistema alveolar em telhado com pouca ou sem inclinação e onde haverá pouca circulação de pessoas, objetivando o uso da cobertura vegetal para conforto térmico do ambiente e maior convívio com a natureza. O sistema é leve e possui o módulo Machetta, que pode ser visualizado na imagem acima, o qual reserva água para vegetação (EcoTelhado, 2023). Esse modelo de Sistema foi usado no Colégio Israelita, mencionado na página 55 desse texto.

Já o Sistema Grelhado é indicado para uso em Telhados com até 30% de inclinação.

Figura 10 - Sistema Grelhado - EcoTelhado



Fonte: EcoTelhado (2023).

É um sistema composto por uma membrana alveolar, a qual é responsável por reservar água, possui também uma grelha tridimensional de PEAD, por isso seu uso é permitido em inclinação de até 30% (Ecotelhado, 2023).

O Instituto Cidade Jardim oferece o Sistema Flat e o Sistema modular, a empresa criou esses sistemas de modo a ofertar variações de possibilidades a serem usadas pelos projetistas.

O Sistema Flat, Figuras 11 e 12, é indicado para ambiente de longa permanência e circulação de pessoas “Nesse sistema, é possível a elaboração de um projeto de paisagismo mais completo, com diferentes alturas e volumes de substrato” (Carvalho, 2018, p. 59)

Figura 11 - Sistema Flat – Instituto Cidade Jardim



Fonte: Instituto Cidade Jardim (2023).

O Sistema Flat pode ser aplicado em telhados com inclinações entre 2% e 10%, de acordo com recomendações do fabricante. Possui “duplo escoamento + reservatório de lâmina d’água descontínua. A base para a resiliência do seu telhado verde ou jardim sobre laje, com qualquer profundidade” (Instituto cidade jardim, 2023).

Figura 12 - Sistema Flat + manta de drenagem – Instituto Cidade Jardim



Fonte: Instituto Cidade Jardim (2023).

Enquanto o Sistema Modular, como mostra a Figura 13 abaixo, é uma tecnologia que “permite montar e desmontar o sistema mesmo após o desenvolvimento das plantas. Versátil, leve, prático e ideal para canteiros, ilhas de vegetação e grandes áreas extensivas” (Instituto Cidade Jardim, 2023).

Figura 13 - Sistema Modular – Instituto Cidade Jardim



Fonte: Instituto Cidade Jardim (2023).

Logo abaixo, na Figura 14, se pode ver o sistema modular instalado em uma edificação.

Figura 14 - Sistema Modular – Instituto Cidade Jardim



Fonte: Instituto Cidade Jardim (2023).

Esses são alguns dos modelos de sistemas que auxiliam a implantação de um teto vegetado disponíveis no mercado atualmente.

### 2.3.4 Benefícios do uso do teto vegetado

Diversos são os benefícios do uso do teto vegetado para a edificação e seus usuários. Dentre eles estão: a melhora na inércia térmica, redução da temperatura e ruído no interior da edificação; aumento da área útil da edificação; possibilidade de cultivo de hortaliças nesse espaço; aumento da área permeável na edificação e consequente redução no escoamento da água pluvial. Itens que serão desenvolvidos a seguir.

- Melhora na inércia térmica e redução da temperatura interna do ambiente

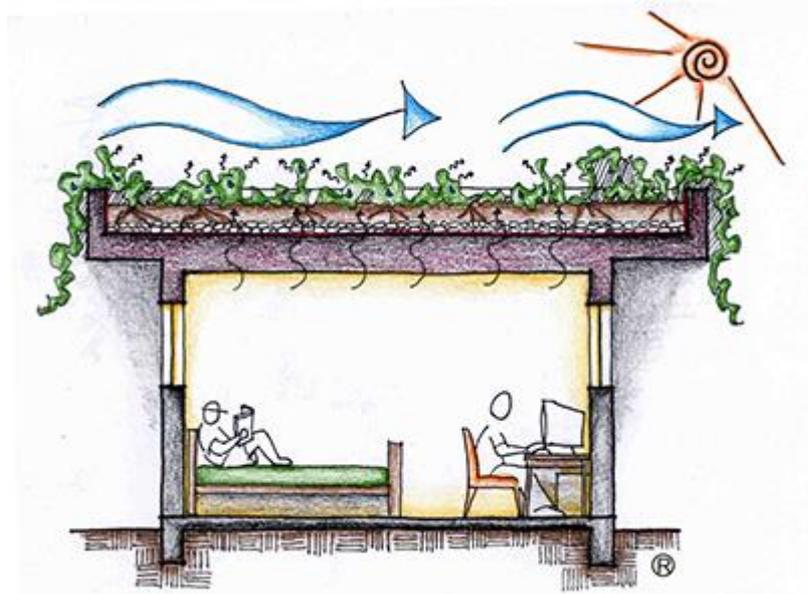
Inércia térmica é uma propriedade física dos materiais que descreve a sua capacidade de resistir a mudanças na temperatura. Em outros termos, é a habilidade de um material de absorver, armazenar e liberar calor. Materiais com alta inércia térmica demoram mais para aquecer ou esfriar em comparação com materiais com baixa inércia térmica.

O telhado verde, por sua composição, consegue promover maior inércia térmica à edificação. Em uma pesquisa sobre o desempenho térmico de um sistema de cobertura verde

em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica. Ferraz (2012) observou que, durante o período mais quente do dia, a cobertura verde registrou uma temperatura interna mais baixa que a temperatura externa, enquanto durante a hora mais fria do dia, a temperatura interna foi superior à temperatura externa. No entanto, essa relação nem sempre foi observada no caso da telha cerâmica.

De acordo com PROJETEE (2023), o teto vegetado, ou teto jardim, oferece benefícios tanto durante o inverno quanto no verão, pois a vegetação presente consegue capturar parte da radiação solar e, com isso, reduzir o ganho de calor da edificação em comparação a um sistema tradicional de cobertura.

Figura 15 - Teto jardim

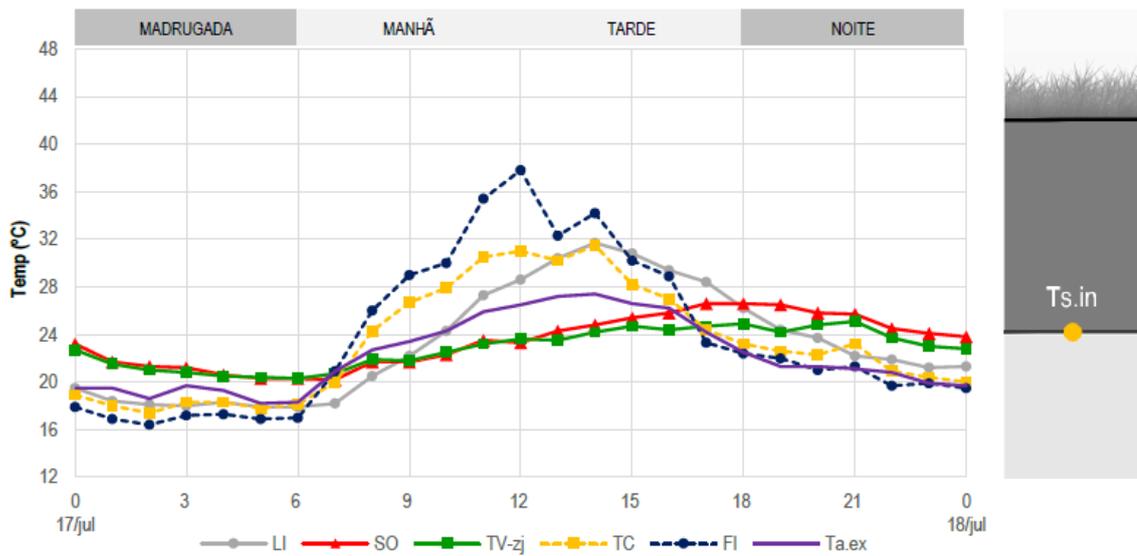


Fonte: PROJETEE (2023).

Em pesquisa na cidade de Arapiraca, Silva (2020) analisou o sistema de telhado verde, onde fez testes com três espécies vegetais diferentes, (*Callisia repens*, *Desmodium triflorum* e *Zoysia japônica*) e comparou com outros sistemas de cobertura (laje impermeabilizada, solo nu, telhado verde, telha cerâmica e fibrocimento). Com a pesquisa, ele obteve resultados favoráveis ao uso do teto verde na referida cidade. Quanto à redução na temperatura superficial interna, com a utilização de *Zoysia japônica* na cobertura, ele obteve redução de aproximadamente 5,0°C em comparação com laje impermeabilizada. Vale ressaltar que, com os três tipos de vegetação, ele obteve melhores resultados quando comparado aos demais sistemas.

Na Figura 16, é possível ver o gráfico do comportamento da temperatura superficial interna (Ts. In) nas coberturas usadas por Silva (2020). Onde, SI (Cobertura com Laje Impermeabilizada); SO (Cobertura com Laje Impermeabilizada com Solo Nu); TV. zj (Telhado verde com *Zoysia japonica* (grama-esmeralda); TC (Cobertura com Telha Cerâmica tipo Colonial Capa e Canal); FI (Cobertura com Telha de fibrocimento); Ta. Ex (Temperatura do Ar Externo Média).

Figura 16 - Gráfico do comportamento da Ts.in nas coberturas no dia 17/07/2019



Fonte: Silva (2020)

Vacilikio e Fleischfresser (2011) fizeram uma análise comparativa entre um telhado convencional em telhas de fibrocimento e um telhado com cobertura verde extensiva em grama, o experimento foi realizado em protótipos montados na Universidade Tecnológica Federal do Pará (UTFPR). Na Figura 17, é possível ver a caixa ao fundo representando um cômodo de uma casa com cobertura convencional e mais a frente com o telhado verde.

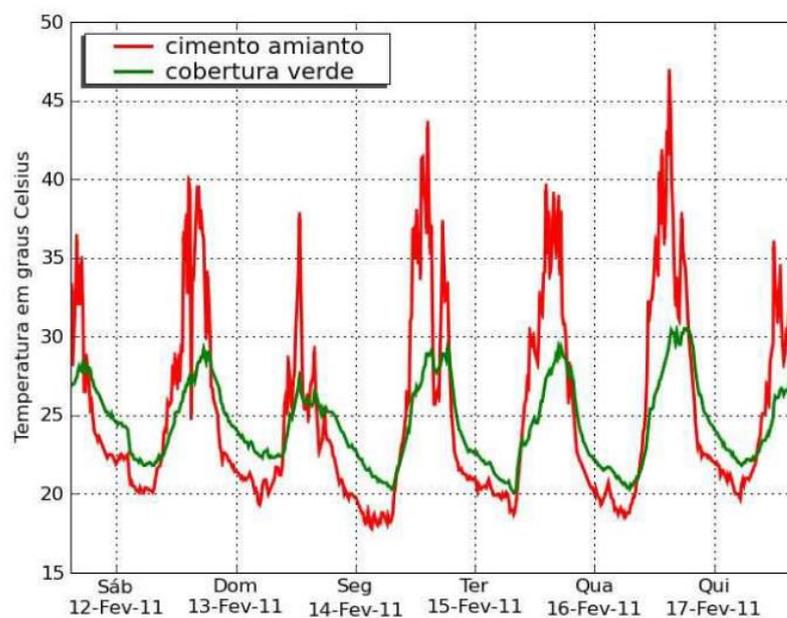
Figura 17 - Caixa ao fundo representando um cômodo de uma casa com cobertura convencional e mais a frente com o telhado verde



Fonte: Vacilikio e Fleischfresser (2011).

Como resultado, Vacilikio e Fleischfresser (2011) conseguiram perceber que houve uma redução considerável na temperatura interna do ambiente com o uso do teto verde, o qual se mostrou, de fato, eficaz nesse sentido. Ver Figura 18, do gráfico do comportamento da  $T_{s.in}$  nas coberturas no dia 17/07/2019, para analisar as temperaturas nos sistemas de cobertura usadas pelos autores. Percebe-se também que, com uso do sistema de teto vegetado, a temperatura se manteve mais estável.

Figura 18 - Gráfico do comportamento da  $T_{s.in}$  nas coberturas no dia 17/07/2019



Fonte: Vacilikio e Fleischfresser (2011).

Carvalho (2018) avaliou o conforto térmico em ambientes com uso de teto vegetado, com três sistemas disponíveis no mercado (Sistema FLAT (SF), Sistema Modular (SM) e Sistema MacDrain) (SD)) em comparação com o de laje impermeabilizada, para o experimento foi cultivado a *Callisia repens*. O experimento ocorreu na Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS)– São Paulo. Ver Figura 19 dos protótipos de telhados verde devidamente instalados.

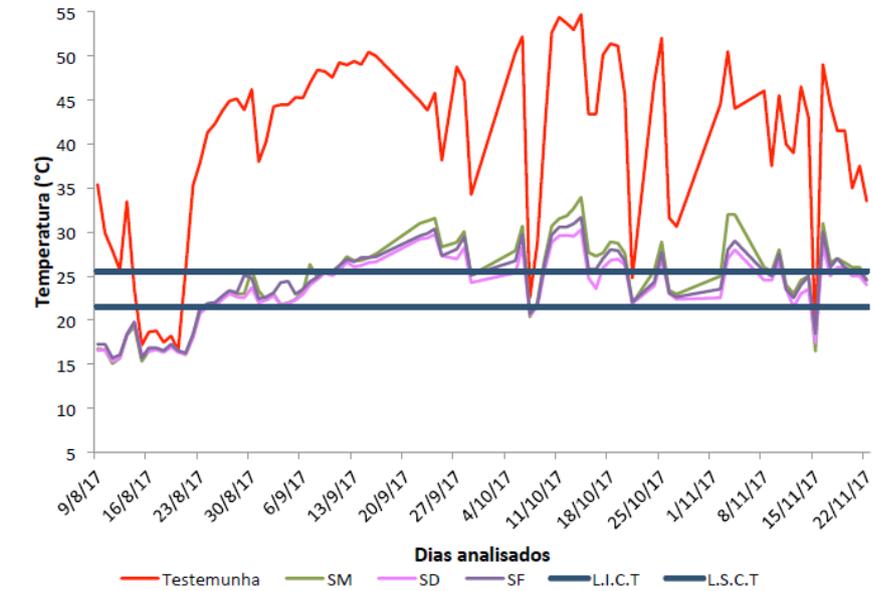
Figura 19 - Protótipos de telhados verde devidamente instalados



Fonte: Carvalho (2018).

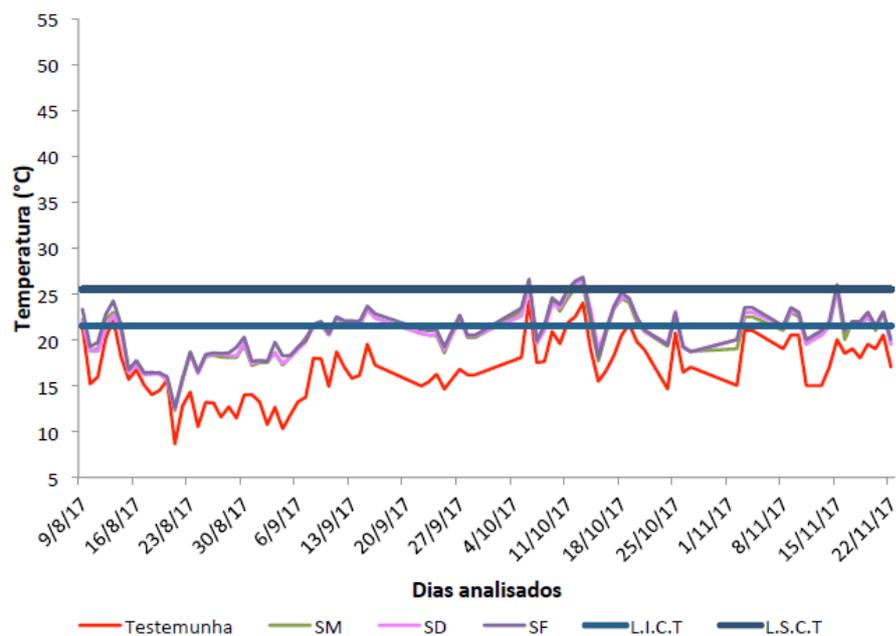
Como resultado, Carvalho (2018) observou que o telhado verde consegue reduzir a temperatura interna dos ambientes quando a temperatura externa está mais elevada e a temperatura externa está mais amena (como durante a noite) o sistema reduz a perda de calor no interior da edificação (alta inércia térmica), como pode ser visto nas Figuras 20, gráfico de temperatura interna às 13 horas em relação ao limite inferior e superior de conforto térmico (L.I.C.T e L.S.C.T respectivamente) nos sistemas: Modular (SM), MacDrain (SD), FLAT (SF) e Testemunha, e 21 do Gráfico de temperatura interna às 22 horas em relação ao limite inferior e superior de conforto térmico (L.I.C.T e L.S.C.T respectivamente) nos sistemas: Modular (SM), MacDrain (SD), FLAT (SF) e Testemunha.

Figura 20 - Gráfico de temperatura interna às 13:00 horas em relação ao limite inferior e superior de conforto térmico (L.I.C.T e L.S.C.T respectivamente) nos sistemas: Modular (SM), MacDrain (SD), FLAT (SF) e Testemunha



Fonte: Carvalho (2018).

Figura 21 - Gráfico de temperatura interna às 22:00 horas em relação ao limite inferior e superior de conforto térmico (L.I.C.T e L.S.C.T respectivamente) nos sistemas: Modular (SM), MacDrain (SD), FLAT (SF) e Testemunha



Fonte: Carvalho (2018).

- Aumento da área útil da edificação

O uso do telhado como espaço para recreação ou lazer é uma realidade extremamente necessária para o sistema de cidade atual. No qual, a cada dia, os lotes são menores e a necessidade de espaço é crescente. O uso do teto vegetado pode proporcionar o aumento da área útil da edificação, e ao mesmo tempo o crescimento da área permeável e verde, visto que “grandes áreas abandonadas ou subutilizadas no topo de edifícios podem dar lugar a jardins e parques, proporcionando grande visibilidade aos prédios que se dispõem a compartilhar esses espaços com a cidade” (Instituto cidade jardim, 2023). Sabendo que a implantação de jardins no terraço da edificação pode oferecer inúmeras vantagens e agregar valor ao espaço.

Recorrer ao teto vegetado não apenas como forma de inserir mais vegetação ao local, mas também de aproveitar esse espaço para atividades necessárias na dinâmica de vida dos usuários do espaço. Mundo afora é possível encontrar inúmeras edificações cujo teto jardim é comumente utilizado e se tornou uma área de grande utilização no dia a dia, como podem ser vistos nos casos abaixo. Nas Figuras 22 e 23, é possível ver um terraço jardim de 160m<sup>2</sup> que pertence a uma família que usa o lugar como espaço para lazer e contemplação da paisagem.

Figura 22 - Casa com 160m<sup>2</sup> de telhado verde



Fonte: Adaptado de Padilha (2021).

Figura 23 - Telhado verde com 160m<sup>2</sup>



Fonte: Adaptado de Padilha (2021).

Mais um exemplo de uso do espaço do telhado como área verde ajardinada pode ser visto na Figura 24, é o telhado do antigo escritório da CARDIM Arquitetura paisagística. O site postou o seguinte texto, junto às imagens de reforma do telhado:

A cobertura desse prédio em São Paulo, SP, antiga sede do escritório, simboliza a mudança possível para a Cidade Verde de 3<sup>o</sup> Geração. Um telhado de telhas de amianto, dos anos 1970, foi trocado por um telhado verde multifuncional, com horta, Mata Atlântica, paisagismo e Cerrado. O pergolado foi todo feito com as vigas de peroba-rosa recuperadas do antigo telhado (Cardim, 2023, p.1).

Figura 24 - O telhado do antigo escritório da CARDIM



Fonte: Cardim (2023).

- Possibilidade de cultivo de hortaliças

Além do aumento da área útil da edificação, o uso do telhado verde permite que seja cultivada uma horta em seu espaço, a qual permite que os usuários façam plantios dos mais diversos tipos de hortaliças, a depender da espessura do substrato utilizado. No jardim mencionado anteriormente, parte do espaço foi dedicado à criação de uma horta, como pode ser visto na Figura 25.

Figura 25 - Hortaliças sendo cultivadas em teto jardim



Fonte: Cardim (2023).

O Shopping Eldorado, localizado na Cidade de São Paulo, faz uso da sua cobertura de 5.000 m<sup>2</sup>, da edificação para implantação de uma horta que fica disposta nesse espaço, a horta é cultivada com compostagem feita das sobras de alimento provenientes da sua praça de alimentação. Os alimentos produzidos na horta são todos orgânicos e, após colhidos, são destinados aos funcionários do shopping. Na Figura 26, é possível ver o cultivo de hortaliças na coberta do shopping Eldorado.

Figura 26 - Cultivo de hortaliças no telhado do shopping Eldorado



Fonte: Fernanda DG (2018).

A horta implantada no telhado do shopping Eldorado produz legumes e verduras sem agrotóxicos, destinados aos colaboradores do shopping. A área total da cobertura onde fica a horta é de 5 mil metros quadrados. (Fernanda DG, 2018).

- Redução do escoamento superficial da água da chuva

Em pesquisa comparativa experimental entre telhado verde, telhado com telhas de barro e laje impermeabilizada, Baldessar (2012) obteve resultados satisfatórios quanto ao uso do teto vegetado e redução no escoamento superficial da água. Observou que, enquanto o telhado de barro escoou 77,3% do valor da água precipitada, o telhado verde escoou apenas 30,7%, resultante na redução de enchentes e alagamentos quando o teto vegetado é usado em larga escala dentro das cidades. A Tabela 1 mostra a totalização da água escoada medida no experimento. Baldessar (2012) demonstra em seu experimento, Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada, uma comparação entre o resultado do comportamento do escoamento da água em cada caso.

Tabela 1 – Totalização da água escoada medida no experimento

TOTALIZAÇÃO DE ÁGUA ESCOADA - EXPERIMENTO					
	Água escoada mm	Água escoada mm	Água escoada mm	Água escoada mm	
período	laje impermeável medido	telhado de barro medido	telhado verde medido	telhado verde simulação software	TOTAIS
nov 2011	8,2	3,7	0,3	5,2	total mensal (em mm)
dez 2011	109,8	85,1	29,1	36,2	total mensal (em mm)
jan 2012	78,7	61,2	21,3	12,1	total mensal (em mm)
fev 2012	128,3	101,2	49,0	55,0	total mensal (em mm)
	<b>325,0</b>	<b>251,2</b>	<b>99,6</b>	<b>108,5</b>	<b>total geral (em mm)</b>
	<b>100,0</b>	<b>77,3</b>	<b>30,7</b>	<b>33,4</b>	<b>total geral (em %)</b>

Fonte: Baldessar (2012).

Por possuir camadas de drenagem e substratos, o teto vegetado funciona como uma superfície absorvente que retém água da chuva, essa água que fica retida, por sua vez, é usada pela vegetação e não vai direto para o sistema de coleta da cidade. Por esse motivo, o sistema consegue reduzir o percentual de escoamento superficial da água, ao atuar como uma ampliação da área permeável do ambiente em que fora inserido.

- Promove conforto acústico

Por ser um sistema com maior densidade que outros tipos de cobertura, o teto vegetado contribui para o conforto acústico, resultante em um aumento do isolamento sonoro. Oliveira *et al* (2017) destaca que a vegetação em um teto verde pode absorver apenas 2 a 3 dB, mas uma camada de solo úmido com 12 cm de espessura reduz a transmissão de som em 40 dB, funcionando como uma eficaz barreira acústica.

### 2.3.5 Desvantagens do uso do teto vegetado

Diante de tantos pontos positivos, o teto vegetado apresenta algumas especificidades que podem ser consideradas desvantagens.

- Custo e implantação do sistema

Silva (2020, p.27), destaca que “a principal barreira para o amplo uso dos telhados verdes é econômica”. O autor salienta que o maior custo se refere ao investimento inicial para montagem da estrutura. “Entretanto, o seu alto custo de implantação pode ser considerado investimento, pois eles reduzem em 14,5% o consumo anual de energia de um edifício” (Lopes, 2007 *apud* Silva, 2020, p. 27).

O sistema deve ser montado por equipe especializada para que ele não gere transtornos futuros para a edificação. Como casos de infiltração ou sobrecarga para a estrutura, para isso, todas as etapas de implantação do sistema devem ser tratadas com cuidado e efetuadas de maneira minuciosa, desde a impermeabilização da laje até o plantio das mudas vegetais (Silva, 2020; Costa, 2021).

- Manutenção do sistema

O Telhado Verde requer manutenções regulares a fim de preservar sua integridade e estética (Souza e Coelho, 2021). Essa manutenção se assemelha a de um jardim convencional e variará conforme a vegetação usada. Podas, cortes na grama, investigação de existência de plantas daninhas são alguns dos cuidados que devem ser tomados.

- Irrigação do sistema

Conforme Silva (2020) ressalta, o principal obstáculo para se instalar um teto vegetado em climas quentes (no caso da cidade de Arapiraca) está relacionado à disponibilidade de água. Visto que, por ser um sistema vivo, recorre à vegetação, ele necessita de certa quantidade de água para se manter, seja ela proveniente de chuva ou de sistemas de irrigação.

Com isso, o sistema de irrigação deve ser pensado juntamente com o planejamento paisagístico. Seja uma irrigação por mangueira e torneira de jardim, precisando prever apenas o ponto de água, ou um sistema de irrigação completo por gotejamento ou por microaspersão, ele deve ser minuciosamente pensado para não gerar problemas futuros em relação à rega.

- Aumento da carga estrutural

O peso do sistema e das atividades que serão realizadas ali também devem ser pensadas previamente a fim de se planejar uma estrutura que suporte, pois “restrições quanto à estrutura podem inviabilizar o sistema” (Bartelle, 2023).

### 2.3.6 Valores de aplicação do sistema

O valor de aplicação do sistema ainda acaba sendo um fator limitante para sua instalação. Silva (2020) realizou o levantamento de materiais e custos para implantação do sistema de teto verde na cidade de Arapiraca – AL, onde calculou de acordo com a sua necessidade e encontrou os seguintes resultados:

Para um telhado verde extensivo de 1,3m<sup>2</sup> e 8,0cm de espessura total (3,0cm de drenagem e 5,0cm de substrato) que utiliza materiais padrões dos jardins residenciais (argila expandida, manta de jardim, terra vegetal e planta) o custo de instalação chega a R\$ 129,11 (Tabela 3), ou seja R\$ 99,31/m<sup>2</sup> (Silva, 2020, p.44).

Na Tabela 2, de materiais e custos para instalação de um telhado verde (1,3m<sup>2</sup>) na cidade de Arapiraca-AL, pode ser visto o custo total da aplicação do sistema, salientando que o desembolso da instalação estrutural não consta na tabela.

Tabela 2 - Materiais e custos para a instalação de um telhado verde (1,3m<sup>2</sup>) na cidade de Arapiraca-AL

Material	Encontrado comercialmente		Utilizado no telhado verde (1,3 m <sup>2</sup> )		Custo total (R\$)	Custo por m <sup>2</sup> (R\$ / m <sup>2</sup> )
	Volume / quantidade	Valor (R\$)	Volume / quantidade	Valor (R\$)		
Impermeabilizante (SikaFill®)	Galão (3,6 kg)	75,00	2,3 kg	47,91	<b>129,11</b>	<b>99,31</b>
Argila expandida	Saco (50 L ou 18 kg)	68,00	30 L	40,80		
Manta de jardim	1 m	10,00	1,5 m	15,00		
Terra vegetal	Saco (10kg)	10,00	15 kg	15,00		
<i>Zoysia japonica</i> (grama-esmeralda)	1 m <sup>2</sup>	8,00	1,3 m <sup>2</sup>	10,40		

Fonte: Silva (2020).

Em Florianópolis, Kock *et al* (2020) analisaram a viabilidade econômica da implantação de teto verde em comparação com telhado de fibrocimento em uma instituição de ensino, como

resultado, os autores encontraram que a aplicação do teto vegetado não seria economicamente viável. No entanto, destacam que, pelos efeitos benéficos no âmbito social e ambiental, a implantação do sistema deve ser tratada como um investimento consciente que pode otimizar o investimento econômico. Após os cálculos dos custos com os materiais da montagem do teto vegetado, Kock *et al* (2020) encontraram o valor correspondente a R\$ 165,84 por m<sup>2</sup>.

### 3 TETO VEGETADO EM ESCOLAS

Ao redor do mundo já se pode encontrar ótimos exemplares de escolas que vêm adotando o teto vegetado como sistema de cobertura para sua edificação, são instituições que se preocupam com a sustentabilidade e que viram na técnica uma maneira de contribuir com o meio ambiente enquanto se beneficiam do seu uso.

#### 3.1 ESCOLA WALDORF – BERLIM, ALEMANHA

Um bom exemplo é a escola Waldorf, dos anos 70, ver Figura 27, que fica no bairro de Prenzlauer Berg, em Berlim, na Alemanha, ela ganhou uma extensão na qual foi feito uso do teto vegetado como estratégia para melhorar a qualidade ambiental dentro e fora da edificação (Shouseedee, 2019). A escola possui área de 785m<sup>2</sup>, teve sua extensão realizada em 2012 pelo escritório de arquitetura MONO Architekten (Archdaily, 2023).

Figura 27 - Escola Waldorf localizada na Alemanha com teto verde



Fonte: Gregor Schmidt *apud* archdaily (2023).

A ampliação ganhou uma estrutura com estética totalmente diferente do prédio existente, mas que se encaixaram harmonicamente. Como pode ser visto na Figura 28 abaixo,

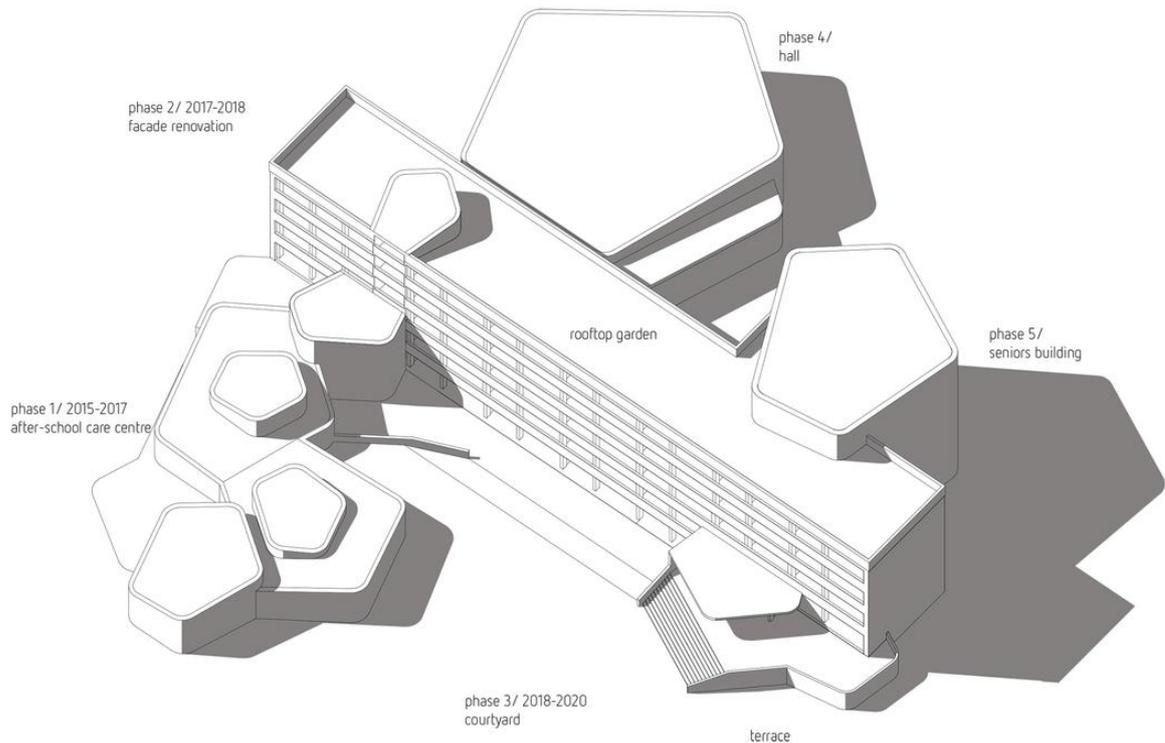
com a ampliação da escola. O teto vegetado encaixou-se de forma riquíssima dentro do contexto edificado.

Figura 28 - Ampliação da Escola Waldorf localizada na Alemanha



Fonte: Gregor Schmidt *apud* Archdaily (2023).

Figura 29 – Vista isométrica da Escola Waldorf localizada na Alemanha



Fonte: Archdaily (2023).

Nesta vista isométrica da escola, é possível ver a disposição dos telhados e como suas formas se encaixam perfeitamente ao espaço.

### 3.2 COLÉGIO ISRAELITA BRASILEIRO – RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

O Colégio Israelita Brasileiro, ver Figura 30, localizado em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, é mais um exemplar do uso do teto vegetado em instituições de ensino. Conforme a Ecotelhado (2023), uma empresa que desenvolve e fornece produtos e serviços sustentáveis, foi instalado no colégio cerca de 1000 m<sup>2</sup> de telhado verde, utilizando o sistema alveolar leve com impermeabilização com manta de PVC, sendo um dos sistemas fornecidos por essa empresa.

Figura 30 - Colégio Israelita



Fonte: ecotelhado (2023).

O uso da cobertura verde foi definido como estratégia para redução de temperatura nas salas, pois a edificação sofria com problemas de calor intenso e o uso exacerbado de ar-condicionado elevaria muito os custos com energia elétrica. Com o emprego do teto vegetado houve uma redução da temperatura interna das salas o que acarretou redução da utilização de aparelhos de ar-condicionado, que segundo a Ecotelhado (2023), atualmente é um recurso usado moderadamente em dias de muito calor.

### 3.3 COLÉGIO SANTA CRUZ – SÃO PAULO, BRASIL

No Alto de Pinheiros, em São Paulo, mais uma referência projetual que faz uso de teto vegetado. Trata-se do Colégio Santa Cruz, uma instituição privada que tem a sustentabilidade como pilar e que fez uso do teto vegetado como uma das estratégias para agregar ainda mais verde a edificação.

Conta com mais de 50.000m<sup>2</sup> de terreno e tem 30% de sua área com solo permeável. As primeiras construções da instituição terreno foram feitas em 1957, mas passou por diversas ampliações e reformas com o passar dos anos, tendo suas últimas reformas sido feitas entre 2011 e 2012 pelo escritório de arquitetura Aki Dado e a execução de paisagismo por Calux Jardins, de acordo com Raul Pereira Arquitetos Associados (2015).

A Figura 31 mostra a implantação do Colégio Santa Cruz, a distribuição dos blocos edificadas os quais receberam a vegetação em seus telhados.

Figura 31 - Implantação do Colégio Santa Cruz



Fonte: santacruz.g12.br (2023).

O uso do teto vegetado no caso do Colégio Santa Cruz traz, além dos benefícios físicos de redução de temperatura e escoamento superficial da água, uma estética agradável à edificação, como pode ser visto na Figura 32.

Figura 32 - Teto vegetado no Colégio Santa Cruz



Fonte: santacruz.g12.br (2023).

Nessa vista esquemática, Figura 33, do Colégio Santa Cruz, é possível ver o teto jardim com precisão.

Figura 33 - Vista esquemática do teto jardim do Colégio Santa Cruz



Fonte: Pereira (2015).

### 3.4 ESCOLA ESTADUAL ERICH WALTER HEINE

A Escola Estadual Erich Walter Heine foi construída em uma parceria público-privada entre o governo estadual e a prefeitura do Rio de Janeiro, juntamente com ThyssenKrupp CSA (empresa privada), na cidade de Santa Cruz, Zona Oeste do Rio de Janeiro, em um Bairro com o péssimo índice de desenvolvimento, onde predomina a carência de serviços de saneamento básico, saúde e segurança (Baratto, 2014; Albuquerque, 2014).

A escola foi construída com base no desenvolvimento sustentável e é oficialmente a primeira instituição considerada completamente sustentável da América latina. Ela recebeu a certificação Leed (Leadership in Energy and Environmental Design) da organização do U.S. Green Building Council (USGBC), o prédio recebeu a certificação em agosto de 2012 e o teto vegetado é parte dos 52 itens que pontuados pela escola para conquistar o certificado (Albuquerque, 2014).

O projeto da escola visou, com o uso do teto verde, a redução da temperatura nas salas. Para isso, conta com aproximadamente 90% da sua área de telhado com cobertura verde (Albuquerque, 2014). Ver Figura 34, referente a uma Foto aérea da Escola Estadual Erich Walter Heine mostrando o telhado verde.

Figura 34 - Foto aérea da Escola Estadual Erich Walter Heine mostrando o telhado verde



Fonte: Albuquerque (2014).

“O telhado é o grande protagonista sustentável da escola e as manutenções são feitas pelos próprios alunos que revezam este procedimento durante suas aulas de biologia que são também praticadas no telhado” destaca, (Albuquerque, 2015, p. 89). Ver na Figura 35.

Figura 35 - Alunos cuidando do telhado verde durante aula de biologia



Fonte: Albuquerque (2014).

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para desenvolvimento do projeto, algumas etapas precisaram ser seguidas a fim de desenvolver uma pesquisa completa e eficaz, como: a revisão de literatura, visando extrair as referências que possam ser positivas para aplicação no projeto e comprovar a eficácia do sistema; uma pesquisa de campo para obtenção de dados primários; pesquisa secundária para caracterização geral da cidade, do bairro e do lote no qual se situa o objeto de estudo, de modo a se compreender como deve se aplicar a tecnologia naquele ambiente para agregar aspectos positivos à edificação e à comunidade na totalidade; projetar o retrofit com uso de teto vegetado para promover o menor impacto construtivo e maiores benefícios para todos; orçar, previamente, os custos para sua instalação.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE ARAPIRACA E DA ÁREA DE ESTUDO

Conforme o IBGE (2022), a Cidade de Arapiraca fica localizada no agreste alagoano, como podemos ver Figura 36, possui área territorial de 345,655km<sup>2</sup> e tem população estimada de 234.309 habitantes, com densidade demográfica de 600,83 hab/km<sup>2</sup>. O município está situado no centro de Alagoas e é uma cidade referência no Estado.

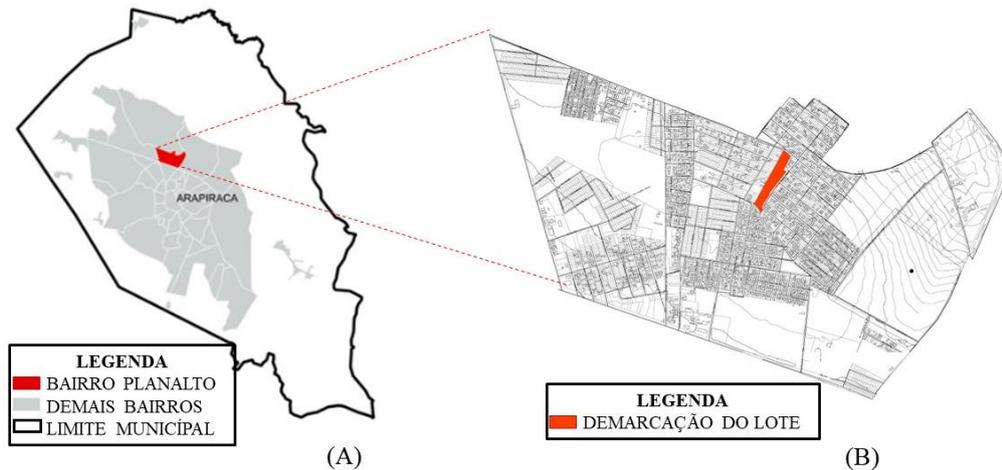
Figura 36 - Localização da cidade de Arapiraca no estado de Alagoas



Fonte: IBGE (2022).

Na cidade, encontra-se o Bairro Planalto. Na Figura 37, é possível ver a demarcação do bairro no município, bem como a demarcação do lote no qual fica situada a Escola que será objeto de estudo dessa pesquisa.

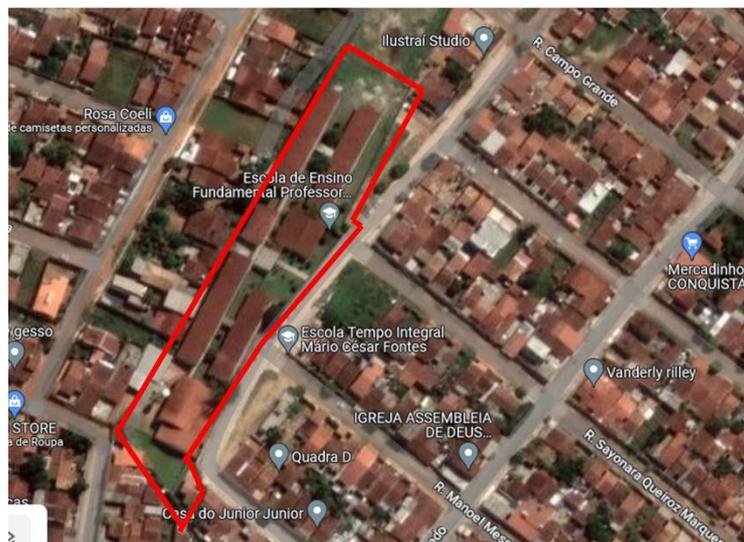
Figura 37 - (A) Localização do Bairro Planalto na cidade de Arapiraca (B) Demarcação do lote no Bairro Planalto



Fonte: A Autora (2023).

O referido lote está localizado na rua Dr Carlos André, possui formato irregular, comprido e ocupa uma área de aproximadamente 7.249m<sup>2</sup>. É possível perceber essas características ao observar a Figura 38, que se refere à imagem de satélite onde pode ser visto a delimitação do lote e a cobertura da escola.

Figura 38 - Imagem de satélite com delimitação do lote



Fonte: Google Earth, adaptado pela autora (2023).

Conforme o Plano diretor do Município de Arapiraca (2006), o bairro Planalto está localizado na Zona de Recuperação Urbana (ver Figura 39 do quadro da Macrozona Urbana) a sua ocupação é majoritariamente residencial e possui carência de infraestrutura e equipamentos

públicos. Alguns dos objetivos de atuação para essa Zona, citados nessa Lei, é justamente a concepção de áreas verdes e de lazer e a conscientização da população para cuidarem dos espaços públicos com o intuito de melhoria da qualidade de vida.

Figura 39 - Quadro da Macrozona Urbana

ZONA	LOCALIZAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	OBJETIVOS
RECUPERAÇÃO URBANA	a. Planalto; b. Jardim ; c. Esperança; d. Brasiliana; e. Senador Teotônio Vilela; f. Manoel Teles; g. Brasília; h. Caititus; i. Canafístula	a. Predominância do uso residencial; b. Alta densidade populacional pontual; c. Carência de infra-estrutura e equipamentos públicos; d. Alta incidência de loteamentos irregulares e núcleos habitacionais de baixa renda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantação de áreas de preservação ambiental;</li> <li>- Criação de áreas verdes e de lazer;</li> <li>- Proteção do patrimônio ambiental natural: bacias hidrográficas do Riacho Seco e do rio Perucaba;</li> <li>- Promover a regularização fundiária através de parcerias entre a Prefeitura e o Registro Imobiliário;</li> <li>- Realizar estudos técnicos e científicos para relocação do matadouro público;</li> <li>- Conscientização da população para manutenção desses espaços como melhoria da qualidade de vida.</li> </ul>

Fonte: Plano Diretor Municipal de Arapiraca, adaptado pela autora (2023).

A composição do projeto é pautada em melhorar a qualidade de vida das crianças que convivem na escola, bem como das demais pessoas que frequentam a instituição, ajudando, assim, também, a melhorar a qualidade de vida no bairro. Tudo isso considerando o que é previsto no plano diretor da cidade, que tem em sua pauta a necessidade de criação de áreas verdes e conscientização ambiental por parte da população. Com a proposta do teto jardim, se oferta um espaço verde com foco na sustentabilidade, conforto e conscientização.

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA MARIO CÉSAR FONTES

Localizada na Rua Dr Carlos André – S/N, no Bairro Planalto da Cidade de Arapiraca, a EMEFemTI Mário César Fontes é uma Instituição que atua em tempo integral no Município de Arapiraca, visando melhor atender as demandas da região. Oferecendo atividades curriculares e extracurriculares. Na Figura 40, é possível ver a fachada principal da Escola Mário César Fontes. Na Figura 41, a imagem mostra o pátio coberto, já na Figura 42 apresenta-se uma das salas de aula e, na Figura 43, um corredor de acesso interno.

Figura 40 - Fachada principal da EMEFemTI Mário César Fontes



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Figura 41 – Pátio coberto da EMEFemTI Mário César Fontes



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Figura 42 - Sala de aula da EMEFemTI Mário César Fontes



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

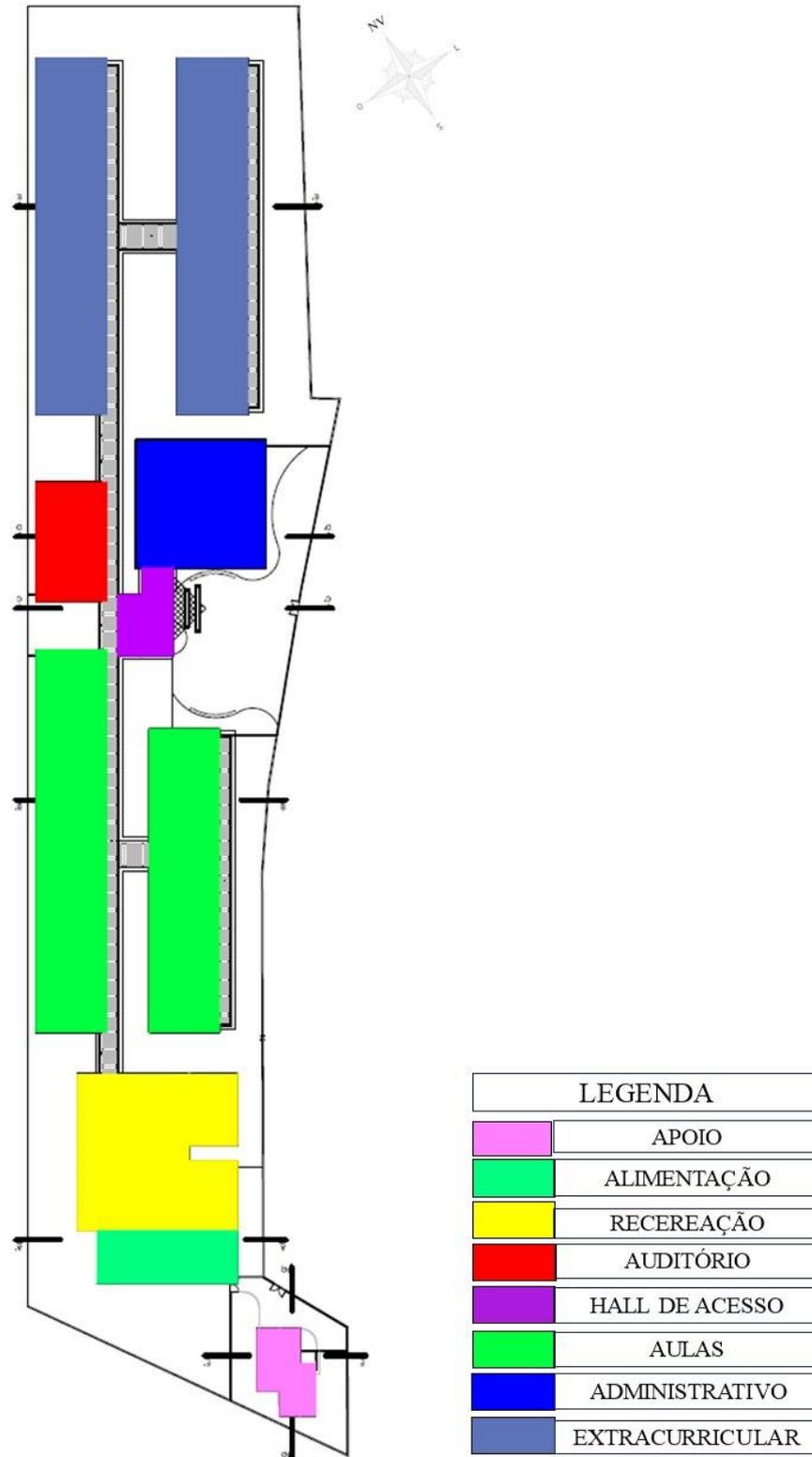
Figura 43 - Corredor de acesso interno da EMEFemTI Mário César Fontes



Fonte: Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Inaugurada em agosto de 2012, tem uma planta setorizada de forma a aproveitar melhor o espaço e proporcionar qualidade de uso ao ambiente, como pode ser visto na Figura 44 da setorização dessa instituição.

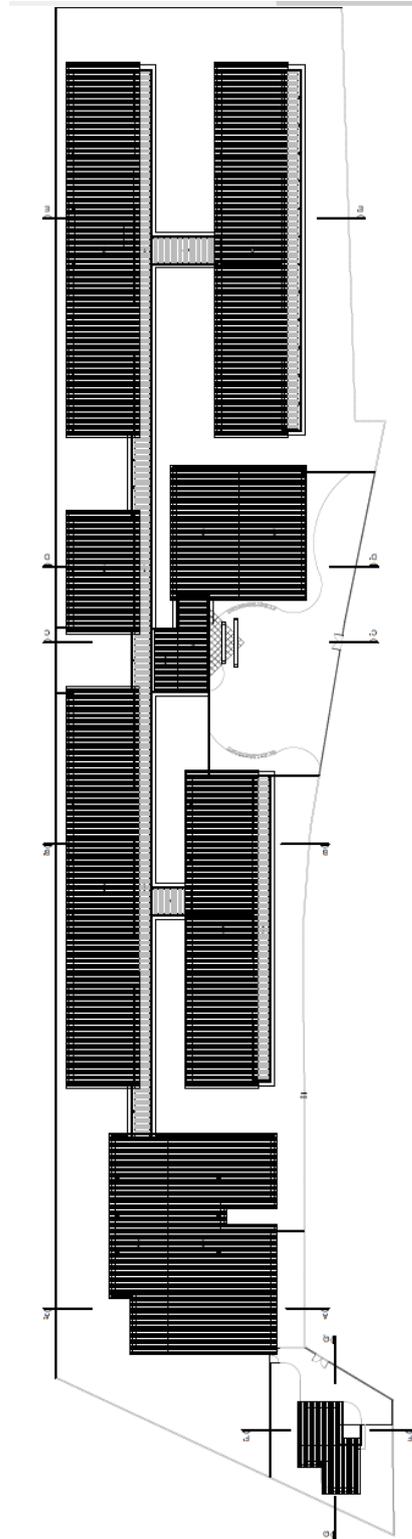
Figura 44 - Setorização da EMEFemTI Mário César Fontes (sem escala).



Fonte: Secretaria de Educação de Arapiraca, adaptada pela autora (2023).

Atualmente o sistema de cobertura da edificação é laje e telha cerâmica, como é possível ver na Figura 45, referente à planta de cobertura da escola.

Figura 45 - Planta de cobertura da EMEFemTI Mário César Fontes (sem escala).

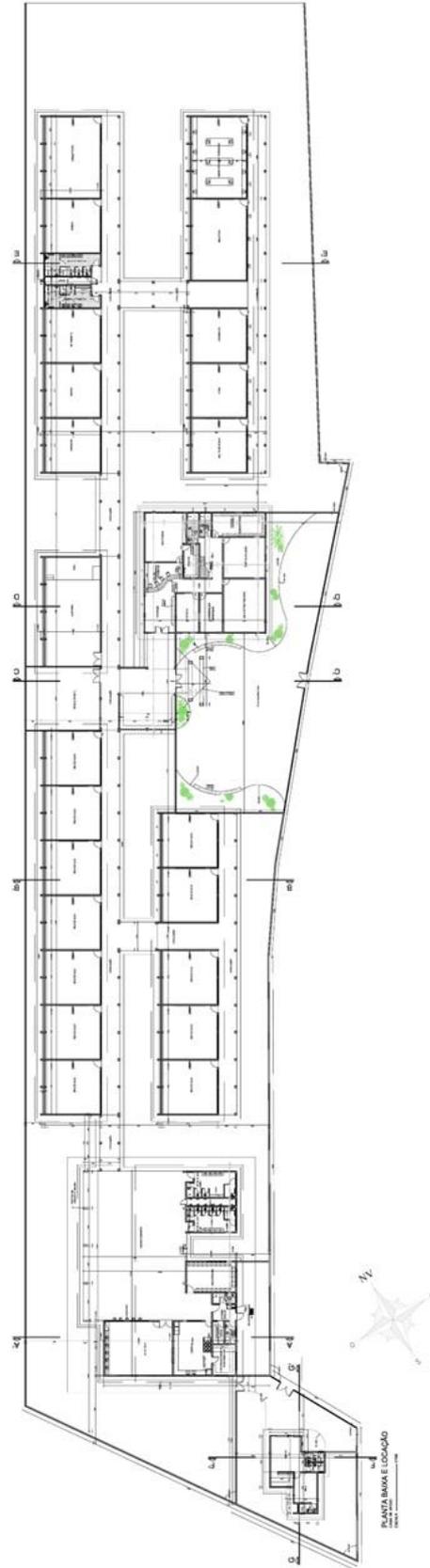


Fonte: Secretaria de Educação de Arapiraca, adaptada pela autora (2023).

O sistema estrutural dos prédios que fazem parte do conjunto educacional consiste em estrutura de concreto armado, alvenaria, madeira e também estrutura de aço. Os pilares que fazem a sustentação da edificação, bem como suas vigas e lajes são confeccionadas em concreto armado, o sistema combina concreto com barras de aço para criar uma estrutura robusta e versátil. As paredes são compostas por alvenaria, garantindo suporte e estabilidade a construção, enquanto em parte da cobertura são usadas vigas treliçadas metálicas, sendo o caso o pátio coberto, e complementada por vigas de madeira. No restante da cobertura, além da laje em concreto armado, é agregado o uso de madeira, usada em ripas, caibros, terças e vigas.

A edificação conta com salas de aulas, cozinha, refeitório, banheiros, escovódromo, pátio coberto, auditório, departamento administrativo, biblioteca, laboratório de ciências e informática, salas de dança, música, artesanato, xadrez e descanso, como pode ser visto na Figura 46, referente à sua planta baixa. Por ser uma planta grande, a imagem foi aproximada por partes para proporcionar maior compreensão, tendo a planta geral como referência.

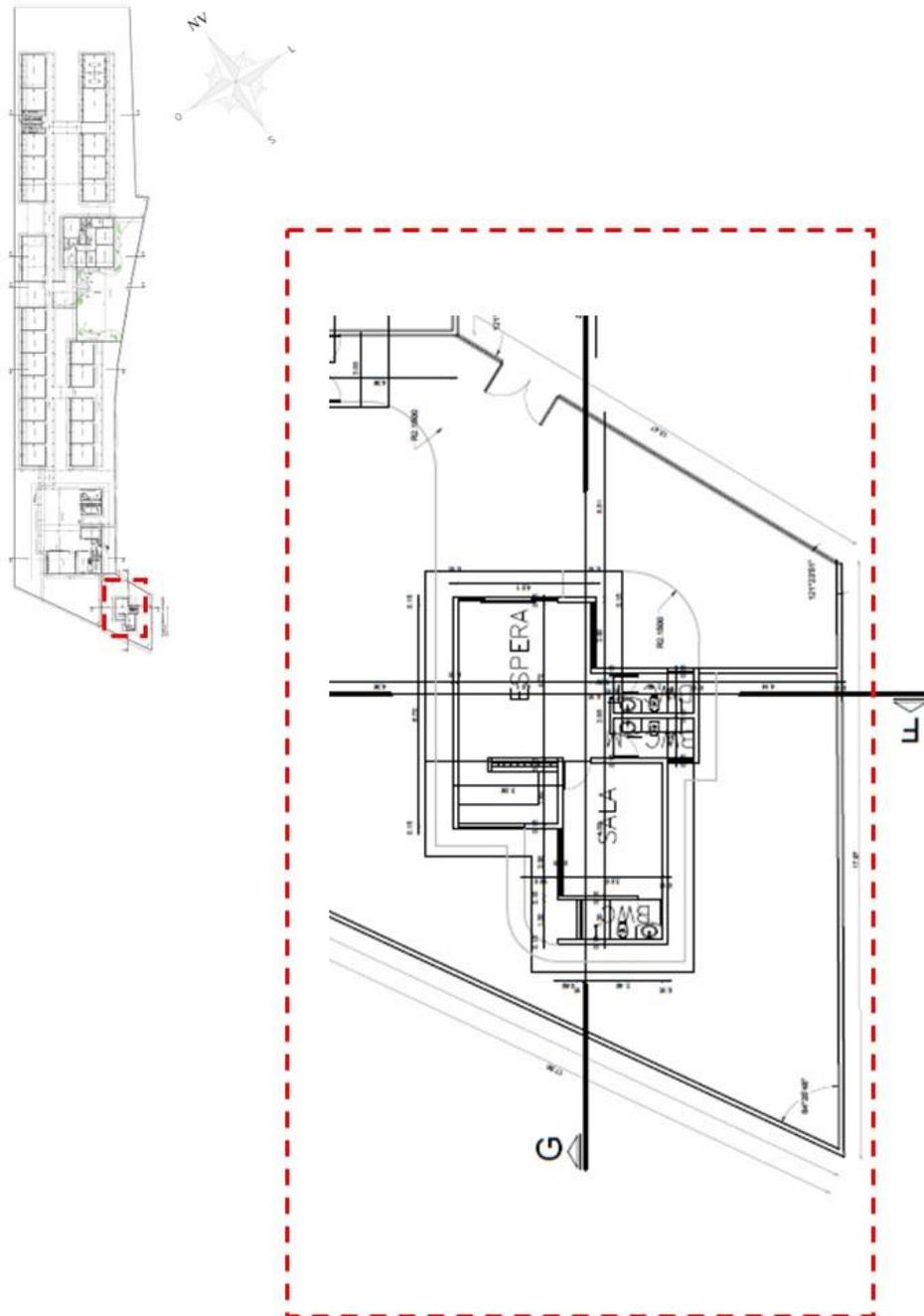
Figura 46 - Planta baixa da EMEFemTI Mário César Fontes (sem escala).



Fonte: Secretaria de Educação de Arapiraca, adaptada pela autora (2023).

A casa de apoio conta com sala de espera, banheiros e sala privada. O espaço tem como finalidade receber os visitantes da instituição enquanto aguardam para adentrar na escola. Ver Figura 47 da planta baixa aproximada - casa de apoio.

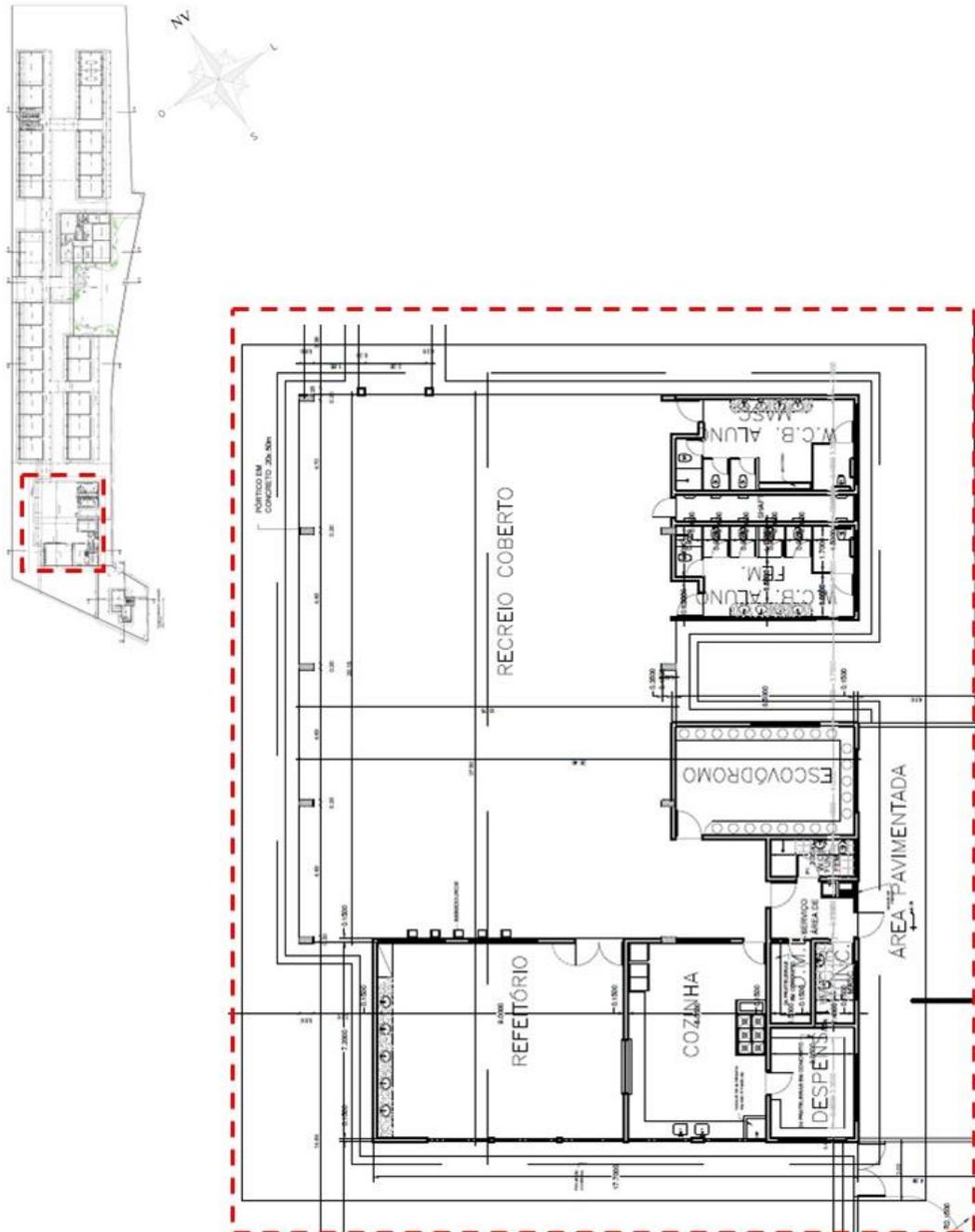
Figura 47 - Planta baixa aproximada - casa de apoio (sem escala).



Fonte: Secretaria de Educação de Arapiraca, adaptada pela autora (2023).

Na figura 48, pode ser visto o bloco que abriga a cozinha, que tem acesso para o refeitório e para área de serviço. O bloco conta também com escovódromo, espaço de recreação coberto e banheiros.

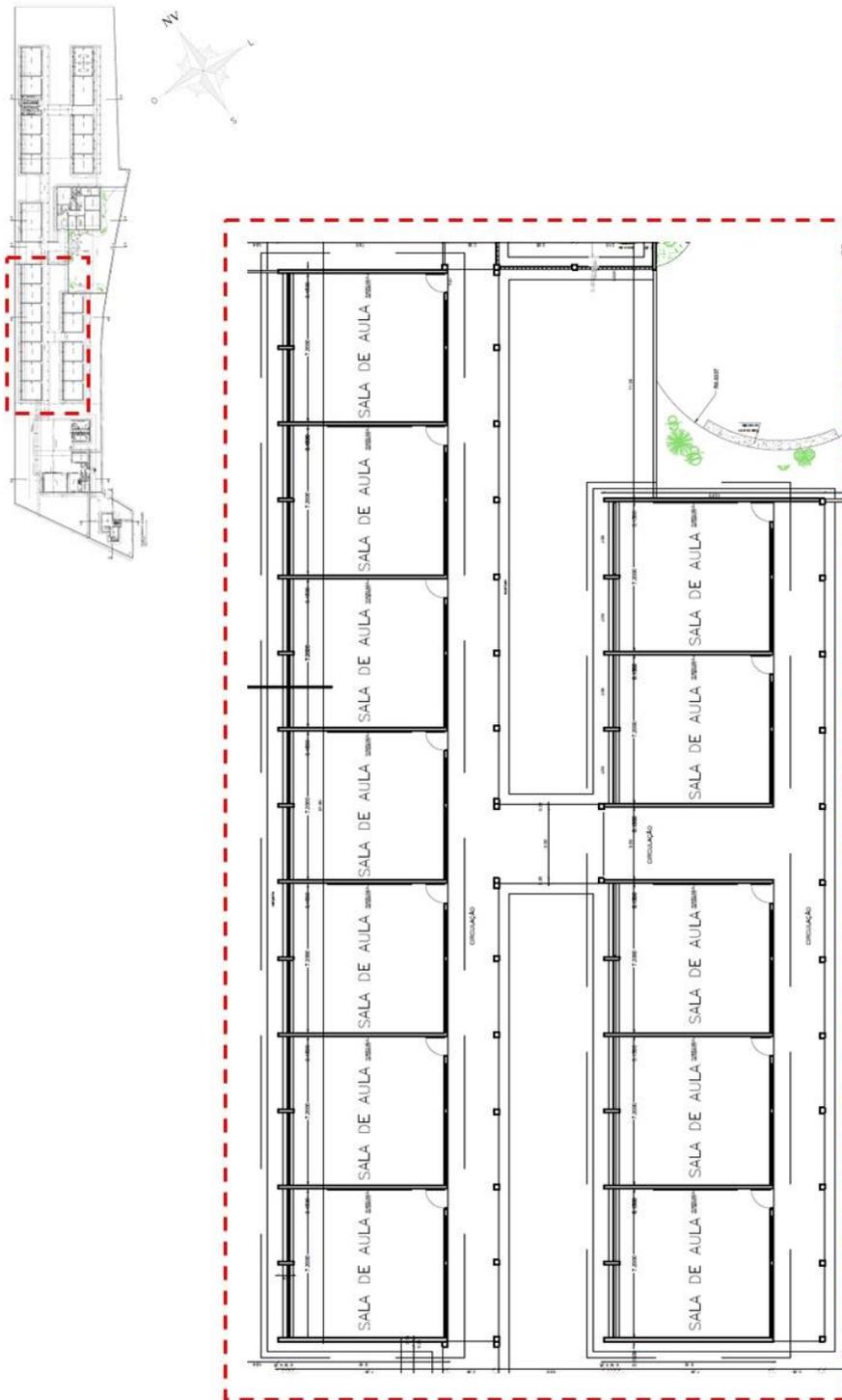
Figura 48 - Planta baixa aproximada – pátio coberto, refeitório, cozinha e banheiros (sem escala).



Fonte: Secretaria de Educação de Arapiraca, adaptada pela autora (2023).

Logo ao lado do recreio coberto, ficam as salas de aula, como pode ser visto na Figura 49 a seguir, nessa disposição é possível notar dois blocos nos quais foi feita a distribuição das salas de aulas, seus acessos e circulações.

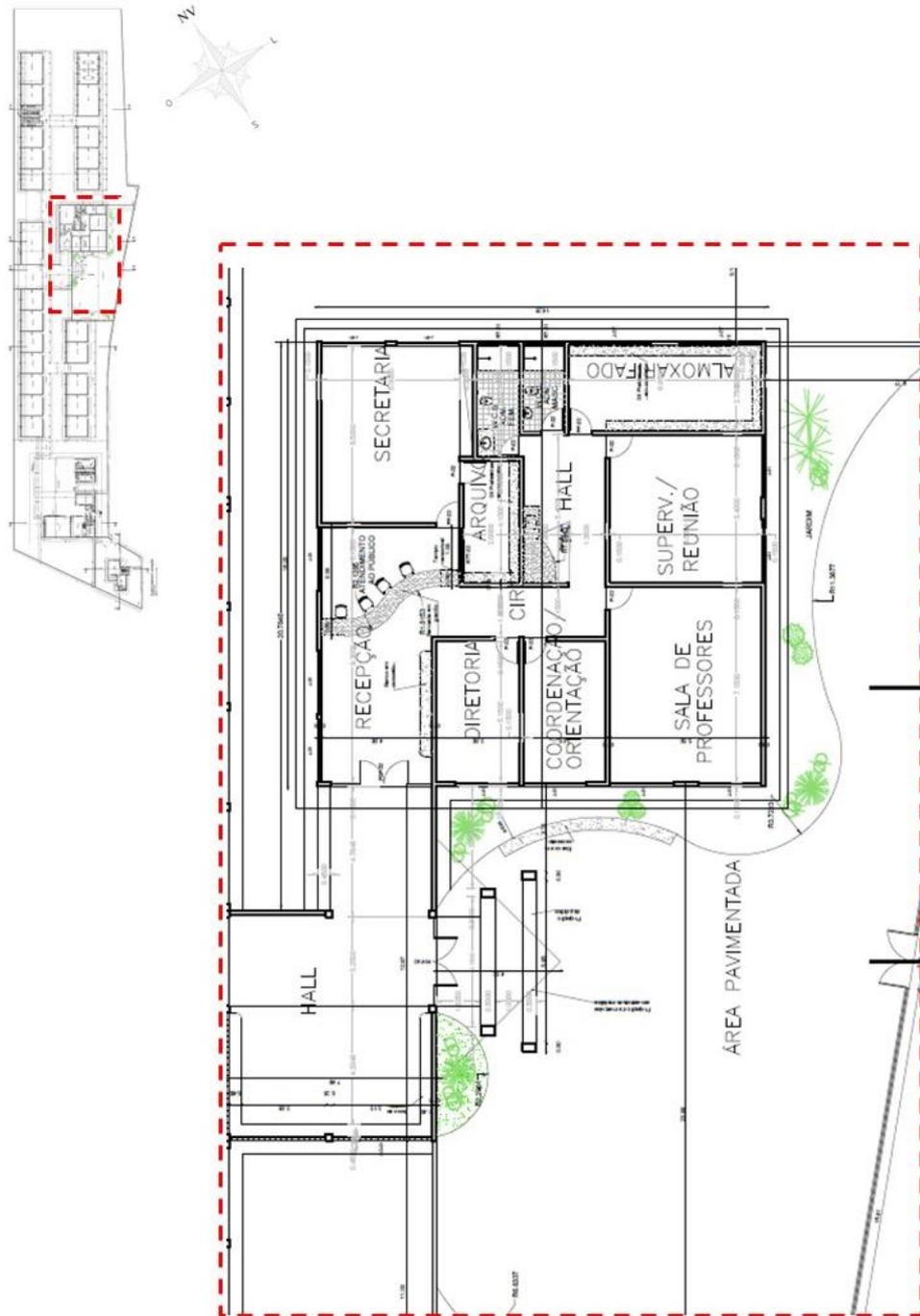
Figura 49 - Planta baixa aproximada – salas de aula (sem escala).



Fonte: Secretaria de Educação de Arapiraca, adaptada pela autora (2023).

Logo abaixo, na Figura 50, se pode ver que a entrada principal dá acesso a um hall que direciona aos demais espaços da instituição. O Bloco administrativo, logo ao lado, conta com recepção, diretoria, secretaria, sala de reunião, espaço para arquivo, sala de processos, almoxarifado e banheiros.

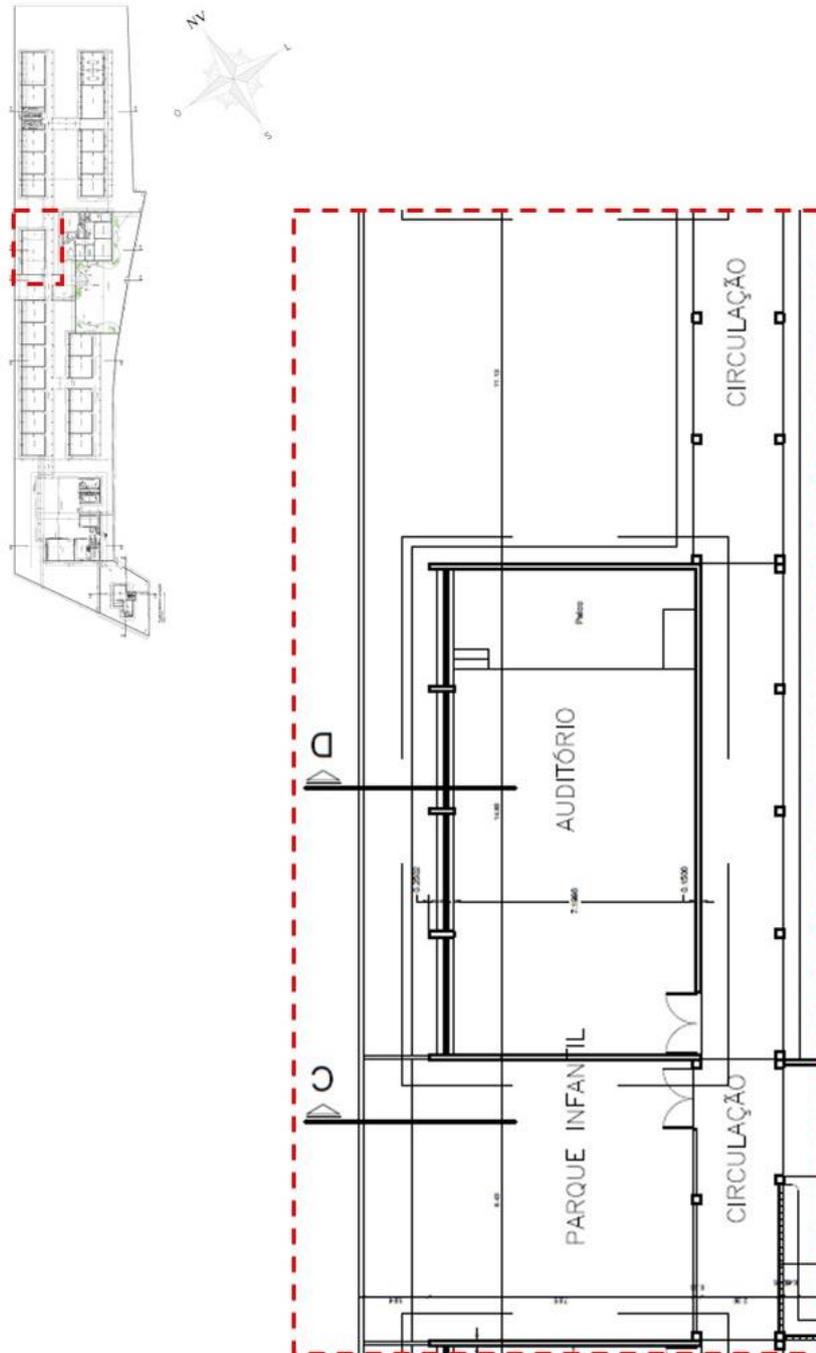
Figura 50 - Planta baixa aproximada – setor administrativo e hall de acesso (sem escala).



Fonte: Secretaria de Educação de Arapiraca, adaptada pela autora (2023).

A seguir é possível ver, na Figura 51, o auditório e o parque infantil.

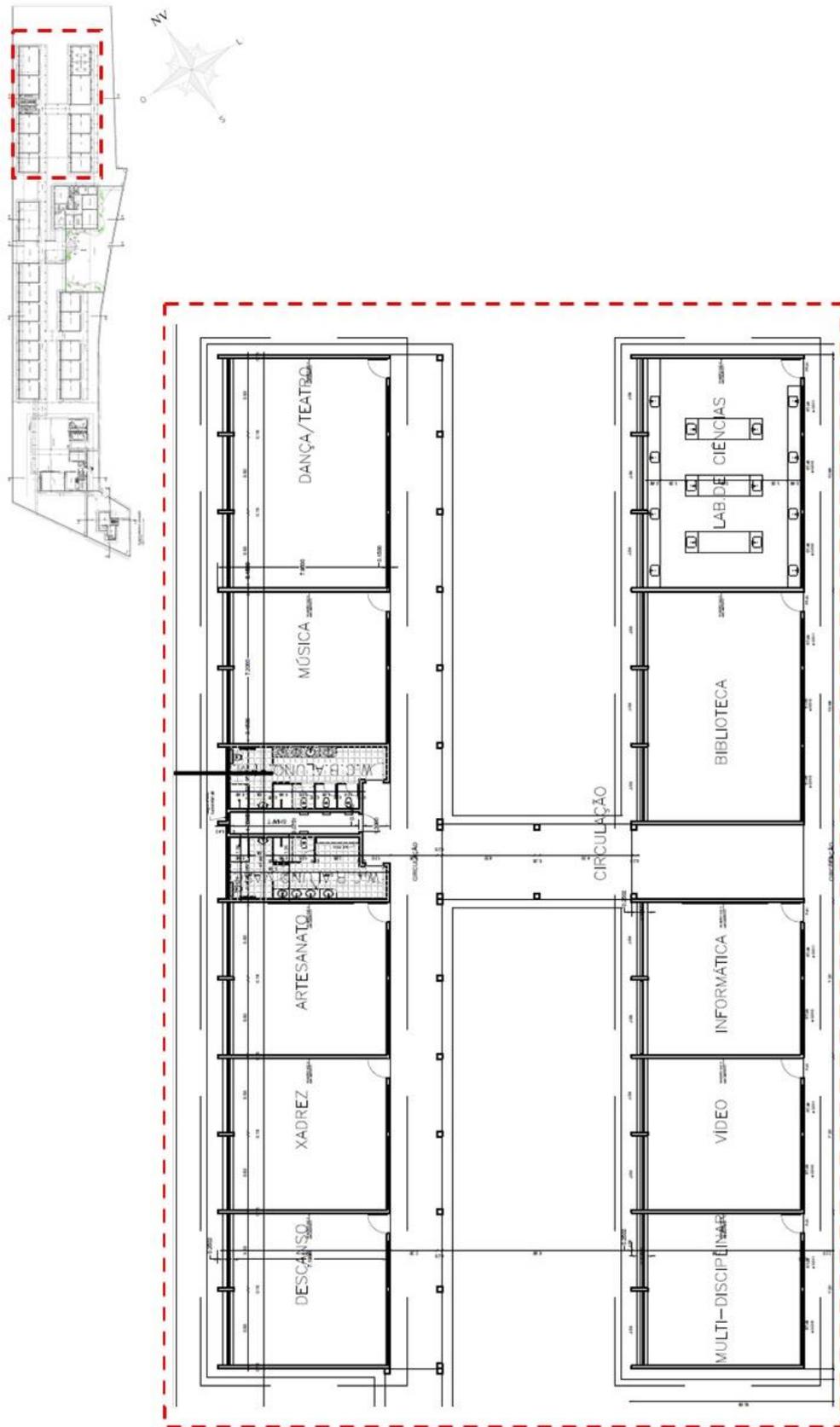
Figura 51 - Planta baixa aproximada – Auditório e parque infantil (sem escala).



Fonte: Secretaria de Educação de Arapiraca, adaptada pela autora (2023).

As salas de atividades extracurriculares contam com dois blocos para atender biblioteca, salas de dança/teatro, música, vídeo, informática, artesanato, xadrez, sala de descanso e multiuso, o bloco também conta com banheiros. Ver Figura 52.

Figura 52 - Planta baixa aproximada – salas de uso extracurriculares (sem escala).



Fonte: Secretaria de Educação de Arapiraca, adaptada pela autora (2023).

Ao todo, a instituição possui área construída de 2.515,00m<sup>2</sup> e área coberta equivalente a 2.967,47m<sup>2</sup>. É uma edificação que ocupa um espaço considerável de solo e que pode ser melhorada para agregar benefícios ao ambiente e a seus usuários. Por isso, o projeto de retrofit visa ampliar sua área permeável através do uso do teto vegetado.

#### 4.3 PROGRAMA DO PROJETO

O projeto propõe a execução de um Retrofit para a escola. Trazendo a inserção de um teto vegetado em substituição ao sistema de cobertura já existente (composto por laje inclinada e telha cerâmica). Buscando melhorar a qualidade de vida dos alunos e usuários da Escola, bem como a qualidade de ensino através do uso do verde, usado como ferramenta lúdica de contato com a natureza e desenvolvimento de intimidade com a natureza por parte dos alunos, bem como ampliar a área útil da escola. Pois, apesar de ser uma escola com uma boa estrutura física e educacional, ela pode ser melhorada, a fim de promover maior qualidade ambiental a todos, promovendo, assim, sustentabilidade dentro e fora da edificação.

Silva (2021) recomenda o uso de teto vegetado para a cidade de Arapiraca pelo seu comportamento térmico, uma vez que “esse sistema apresenta melhores resultados na redução das temperaturas superficiais e internas, e aumento das umidades superficiais e internas no período diurno” (Silva, 2021, p. 142-143). Ressalta, ainda, que “edificações que tenham funcionamento entre 6h e 18h são as mais indicadas para terem telhados verdes instalados em sua cobertura” (Silva, 2021, p.143).

A recomendação se encaixa perfeitamente no contexto do uso da escola, visto que as atividades dela ocorrem no período diurno, o qual é justamente o decurso do tempo de melhor resultado do uso do sistema.

Sendo assim, o projeto propõe que no teto vegetado sejam dispostas: área com horta, para que os usuários da escola possam cultivar diversos tipos de hortaliças; espaço contemplativo para que se possa brincar e observar a natureza em volta; espaços sensoriais projetados para auxiliar no desenvolvimento sensorial das crianças.

## 5 RESULTADOS

Ciente da importância do assunto, esta pesquisa permitiu uma maior compreensão a respeito do teto vegetado, e como a sua aplicação nas edificações pode contribuir significativamente para o bem-estar social e ambiental na totalidade.

### 5.1 PROPOSTA

A proposta traz a substituição de parte do sistema de cobertura da escola, que é laje e telha cerâmica, pelo uso do teto vegetado, intuindo proporcionar inúmeros benefícios para comunidade escolar e inspirar a biofilia nos usuários do ambiente. Optou-se por manter parte da cobertura com o sistema já existente para ser usada como área de captação de água de chuva e também para viabilizar a construção.

#### 5.1.1. Diretrizes projetuais

- Propor espaços que agreguem valor social, físico e ambiental a instituição;
- Promover a apropriação de espaços pela comunidade escolar e circunvizinha;
- Trabalhar e incentivar a biofilia;
- Propor atividades que ajudem a estimular os sentidos humanos;
- Promover conexão com a natureza.

#### 5.1.2. Programa de necessidades

O programa de necessidades vem como base para sustentar o uso do teto vegetado com fins recreativo, contemplativo, educacional e de lazer, buscando proporcionar um maior ganho para toda a comunidade escolar e, ao mesmo tempo, agregar benefícios ao meio ambiente e melhorar a qualidade térmica na edificação.

Quadro 01 - Programa de necessidades

Programa de necessidades		Área
HORTA	Canteiros	405,2m <sup>2</sup>

	<p>Covas</p> <p>Espaço para compostagem</p> <p>Espaço para restos vegetais</p> <p>Espaço para descanso/ bancos</p> <p>Lixeiras</p> <p>Depósito (a parte)</p>	
<b>PRAÇA</b>	<p>Espaços para contemplação</p> <p>Espaços para descanso</p> <p>Espaços para conversas</p> <p>Mesas para jogos e afins</p> <p>Caramanchão para sombra</p> <p>Lixeiras</p>	516,0m <sup>2</sup>
<b>BLOCO SENSORIAL</b>	<p>Caminho com diferentes texturas</p> <p>Túnel sonoro</p> <p>Passarela de equilíbrio</p> <p>Espaços aromáticos</p> <p>Lixeiras</p>	159,5m <sup>2</sup>

Fonte: A autora (2023).

### 5.1.3. Conceito

O projeto tem como conceito a relação do ser humano com a natureza, tendo como pauta a sustentabilidade e buscando promover espaços que agreguem valor social, físico e psicológico aos usuários do ambiente.

O conceito de design biofílico aplicado ao projeto tem o intuito de melhorar a consciência ambiental e promover espaços de aprendizagem, relaxamento e brincadeiras, enquanto incentiva a percepção sensorial das crianças e a biodiversidade local.

A disposição dos blocos de teto vegetado foi feita de maneira a aproveitar melhor os espaços e garantir facilidade ao seu uso.

#### **5.1.4. Partido**

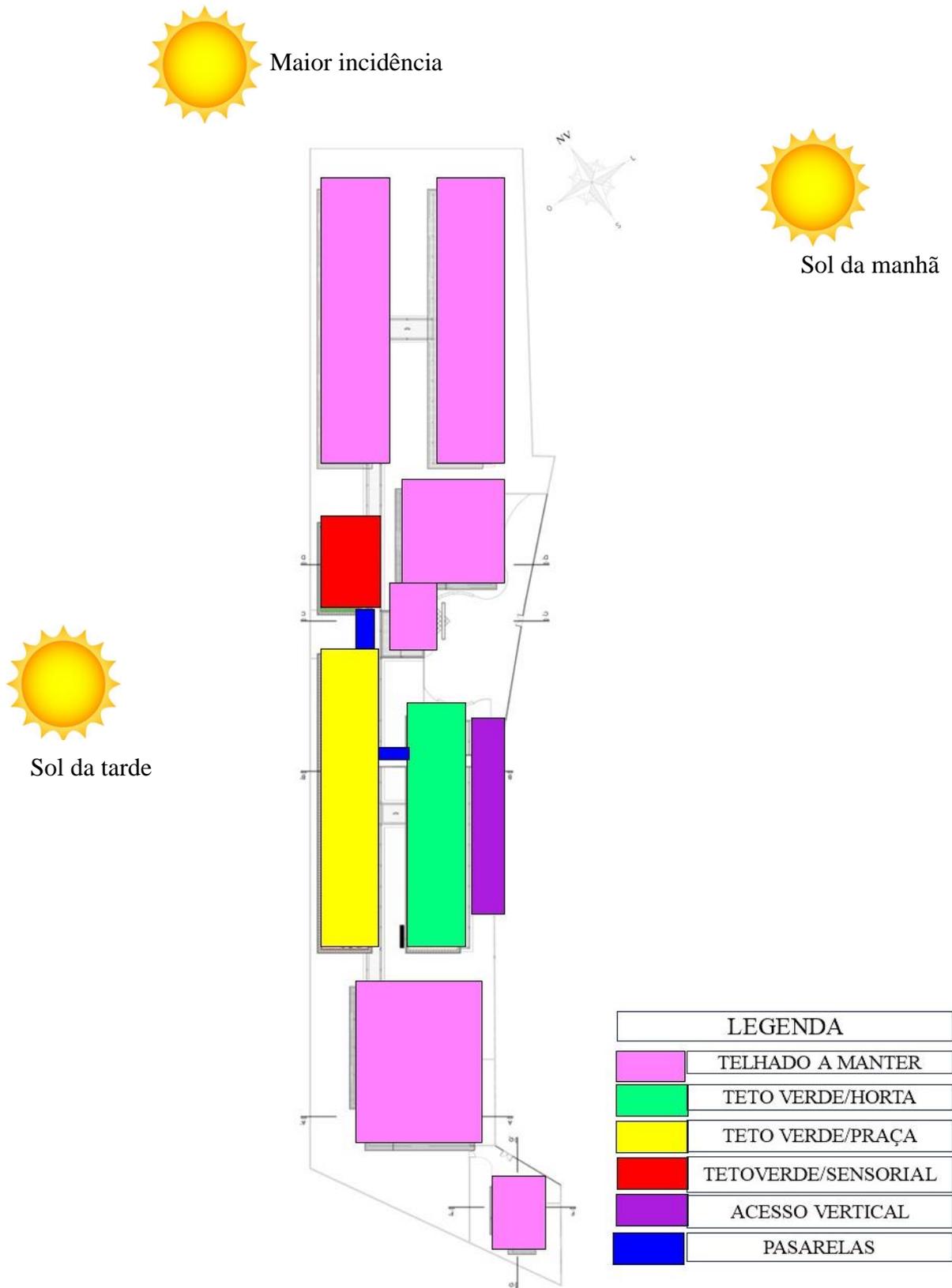
Com o intuito de alinhar-se aos princípios do conceito, empreendeu-se a disposição cuidadosa dos tetos verdes, visando a facilitação do acesso por meio de rampas e escadas. A concepção inclui a implementação de passarelas elevadas, proporcionando uma circulação fluida e integrada ao ambiente, e o uso de uma biodiversidade vegetal local, contribuindo para a adaptação natural das plantas ao clima e solo específicos da região.

Esse planejamento minucioso busca não apenas integrar a estética verde ao espaço, mas também criar um ambiente sustentável e acessível, onde a interação entre os usuários e a natureza é promovida de maneira equitativa e funcional, promovendo bem-estar, melhorando a consciência ambiental, sensorial e motora pelo uso de texturas, cheiros e formas.

#### **5.1.5. Setorização**

Com base no programa de necessidades foi realizada a setorização do projeto de para agregar funcionalidade e praticidade ao objeto trabalhado bem como garantir condições adequadas de conforto ao usar os ambientes. Ver Figura 53, correspondente a Setorização do teto vegetado e posição do sol.

Figura 53 - Setorização do teto vegetado e posição do sol (sem escala).



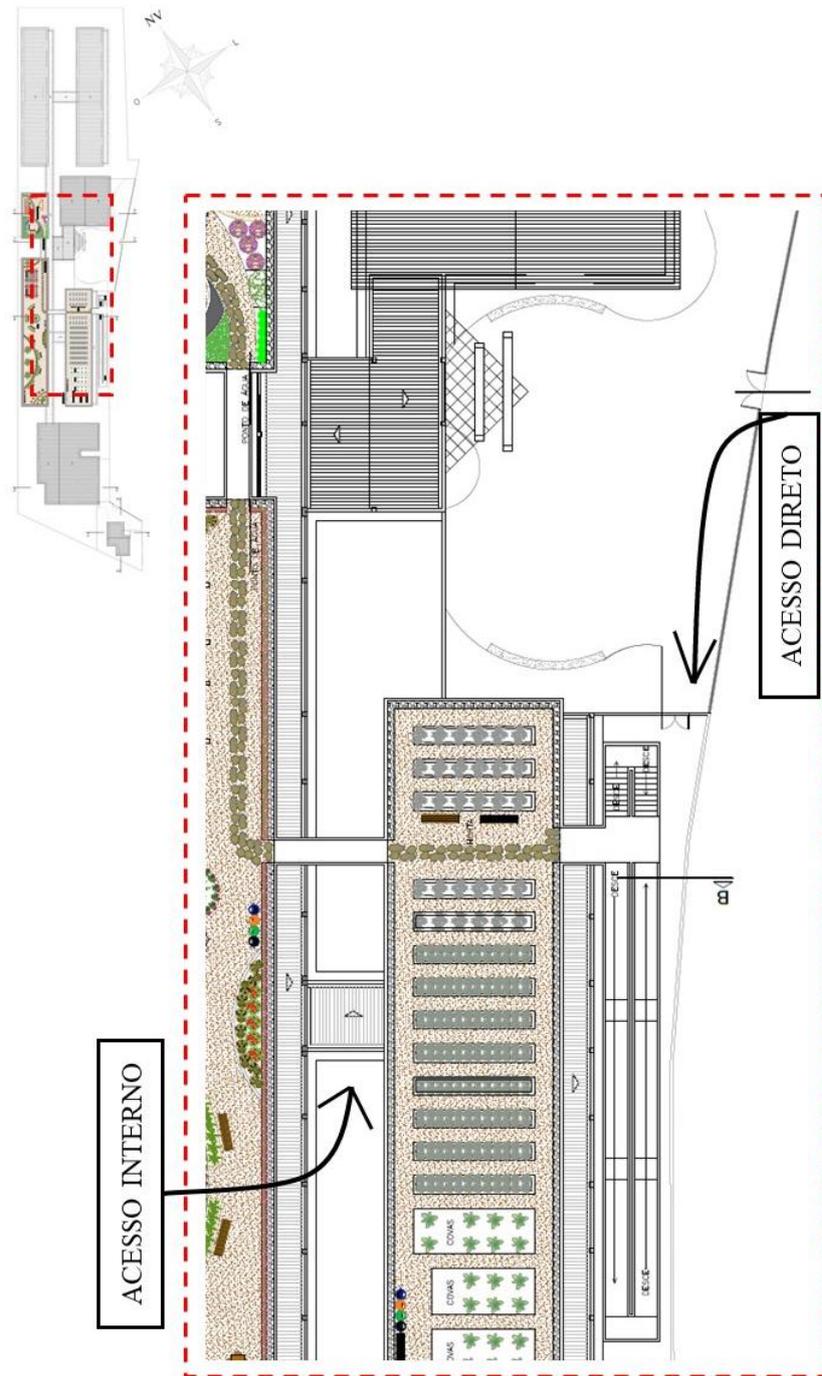
Fonte: A autora (2023).

Como proposta, foi indicado a substituição da cobertura em 3 blocos da instituição, buscando agregar maior conforto ao dia a dia de toda a comunidade escolar. Assim, o projeto conta com uma grande horta, espaço de praça e espaço para brincadeiras sensoriais, os ambientes possuem guarda corpo em metal juntamente com cerca viva, visando proporcionar maior segurança aos usuários.

Foram dispostas também uma rampa e uma escada para facilitar o acesso à cobertura (ver Figura 54 abaixo) bem como passarelas suspensas para conexão entre as coberturas. Esses acessos foram cuidadosamente dispostos para facilitar a chegada até a cobertura, dessa forma, é possível acessar os ambientes da cobertura já ao chegar na escola, sem ter que passar pelos ambientes internos da edificação, sendo que também é possível acessá-los pelo interior da escola.

A rampa, com inclinação de 7.6% e largura de 1.20m atende a NB R9050 (2020), e a escada, com 1.20m de largura e degraus com espelhos de 0.18m e piso de 0.30m atende aos parâmetros estabelecidos pela NBR9077 (2001). Ambas dispõem de patamares dispostos para tornar o percurso mais confortável, elas estão posicionadas interligadas a corredores de acessos internos e estrategicamente próximos ao setor de alimentação, para os resíduos orgânicos poderem ser levados de forma facilitada até a horta.

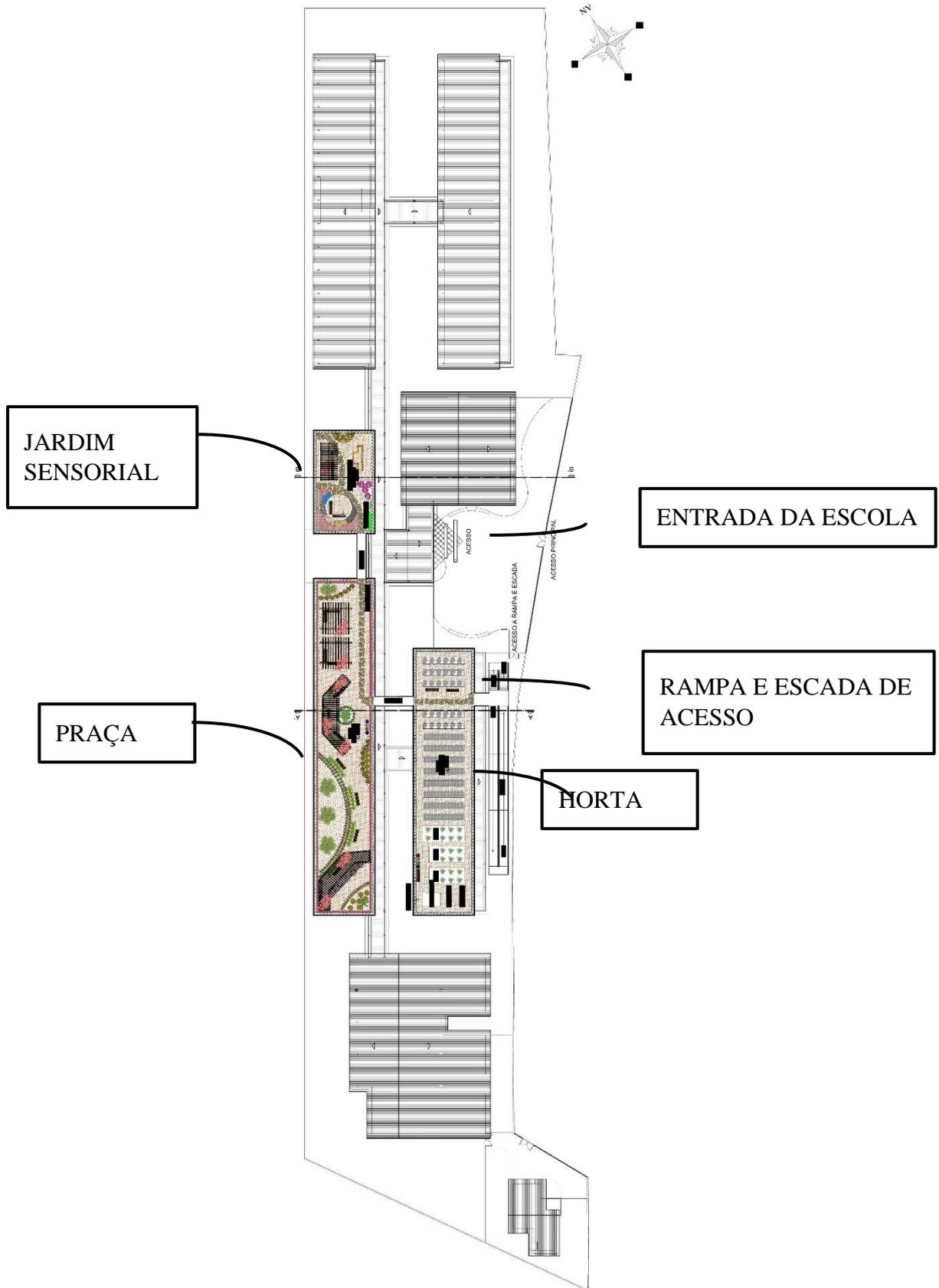
Figura 54 - Acessos ao teto vegetado (sem escala).



Fonte: A autora (2023).

Na planta baixa humanizada do teto vegetado (ver Figura 55 abaixo), é possível observar a disposição de todos esses espaços criados, bem como a composição de formas que se relacionam de maneira harmoniosa com toda a edificação.

Figura 55 - Planta baixa humanizada do teto vegetado (sem escala).



Fonte: A autora (2023).

- Horta

Ao chegar à cobertura da edificação pelo acesso vertical, o primeiro espaço a ser adentrado é a horta, que foi planejada para servir de fonte de hortaliças e vegetais para a escola, bem como para ser espaço de conhecimento entre os alunos. A depender da demanda da escola pelos alimentos produzidos, a horta poderá ser utilizada também pela população do bairro.

Vale destacar ainda que o ambiente deve ser cuidado diariamente com a ajuda de toda a comunidade escolar e local para a população ter a sensação de pertencimento com o ambiente, pois uma horta na escola vai além da produção de alimentos, ela se torna um ambiente educacional que auxilia no conhecimento e crescimento pessoal dos estudantes.

Com ela, é possível aprender sobre educação ambiental, origem dos alimentos e sustentabilidade, ao mesmo tempo em que se faz o uso desses alimentos livres de agrotóxicos e ainda proporciona aprendizado prático em conexão com a natureza para desenvolvimento de habilidades como o trabalho em equipe.

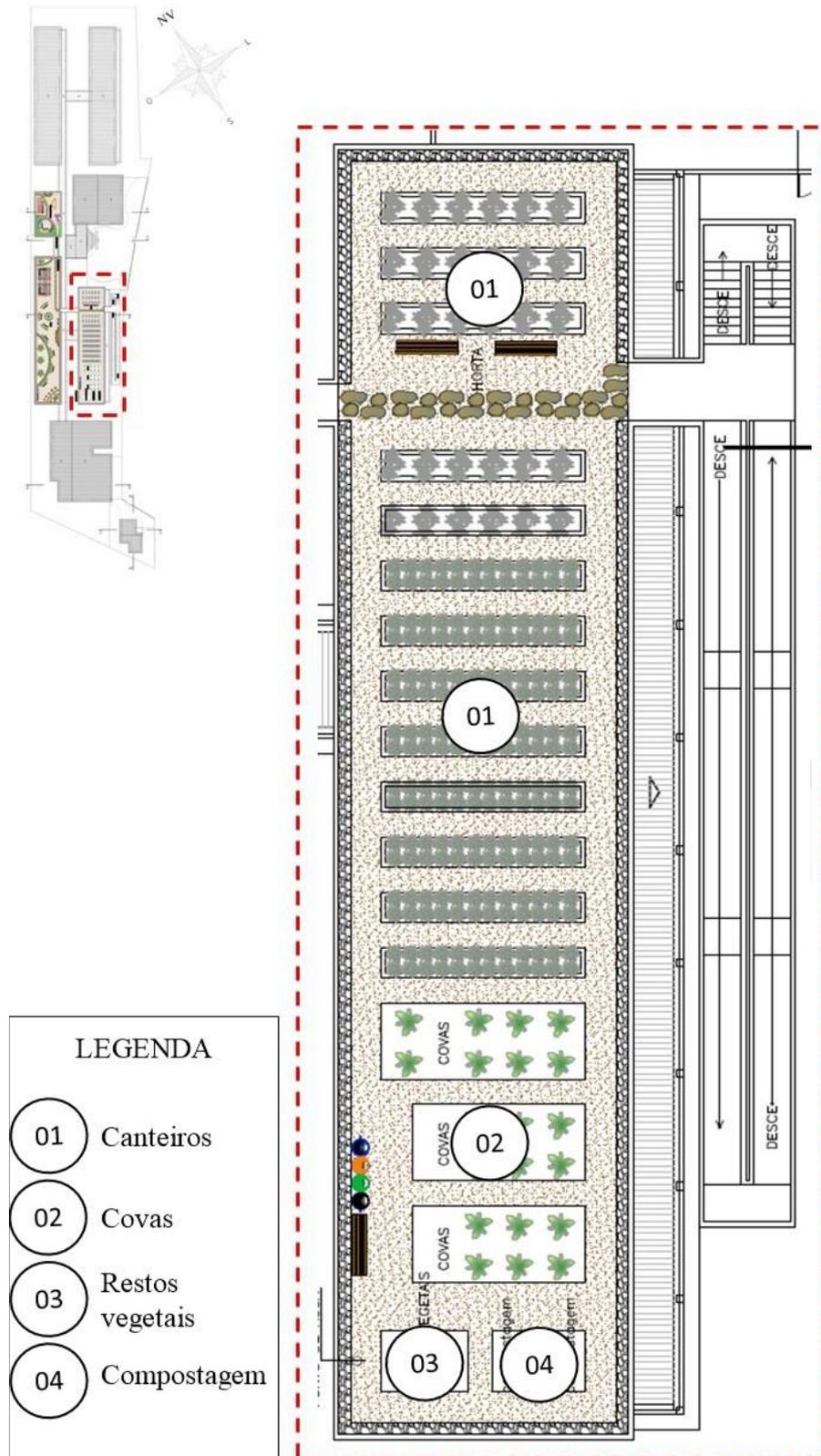
Nessa horta estão dispostos:

01. Canteiros para plantio de mudas e sementes. Esses espaços serão dedicados ao plantio de hortaliças, as variedades de culturas escolhidas devem estar conforme a orientação de necessidade nutricional da escola;
02. Espaços para plantio em covas (no caso de hortaliças que precisam de mais espaço);
03. Ambientes para destinar restos vegetais. Partes das plantas que não são destinadas ao consumo devem ser estocadas para uso como adubo;
04. Espaço para compostagem. Devem ser destinados à compostagem todos os descartes orgânicos produzidos pela escola.

Também foram dispostos bancos para descanso para que os usuários da horta possam usar durante suas atividades.

Jorge *et al* (2016) destacam a importância de se ter um depósito para os insumos em hortas de médio porte, considerando essa recomendação foi destinado um espaço embaixo da rampa de acesso para essa finalidade. A Figura 56 mostra a planta humanizada da horta.

Figura 56 - Planta baixa aproximada – horta (sem escala).



Fonte: A autora (2023).

- Praça

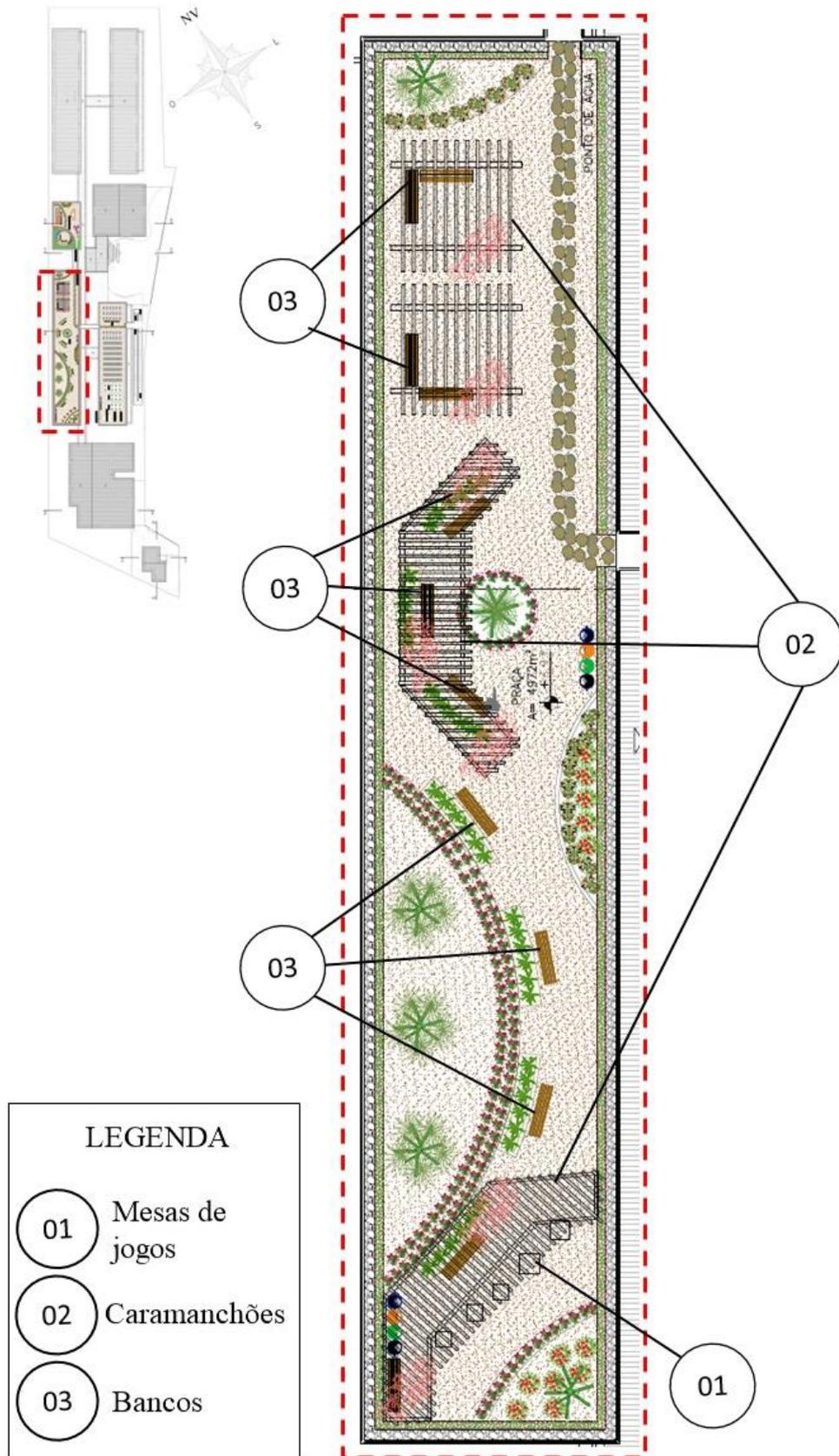
A praça conta com um canteiro central com um pé de xiquexique como espaço de contemplação principal, o qual pode ser observado logo ao adentrar no ambiente ou dos bancos dispostos ao seu redor. Oferece ainda espaços nos quais foram dispostas algumas mesas para jogos, conta também com diversos bancos que podem ser usados em momento de conversas, descontrações e descanso. O espaço conta ainda com caramanchões dispostos em conformidade com a orientação solar para proporcionar sombreamento adequado, e muita vegetação adaptada ao clima local. Ver Figura 57, referente à planta baixa aproximada da praça.

Vale salientar que a presença de uma praça em escolas desempenha um papel crucial no desenvolvimento dos estudantes e na construção de uma comunidade educativa vibrante. Esses espaços oferecem mais do que simples áreas físicas, eles se tornam centros de interação social, promoção de atividades recreativas e facilitadores do bem-estar emocional dos alunos.

É um ambiente propício para a integração social, permitindo que os estudantes, professores e a comunidade local se encontrem, interajam e construam laços significativos. Além disso, serve como local para atividades recreativas, jogos e leituras, promovendo não apenas a saúde física, mas também estimulando a aprendizagem e a criatividade através da prática física e do trabalho em equipe.

Os canteiros com vegetação estão delimitados de forma a manter as plantas espinhosas recuadas de modo a não vir a machucar quem passar por ali.

Figura 57 - Planta baixa aproximada – praça (sem escala).

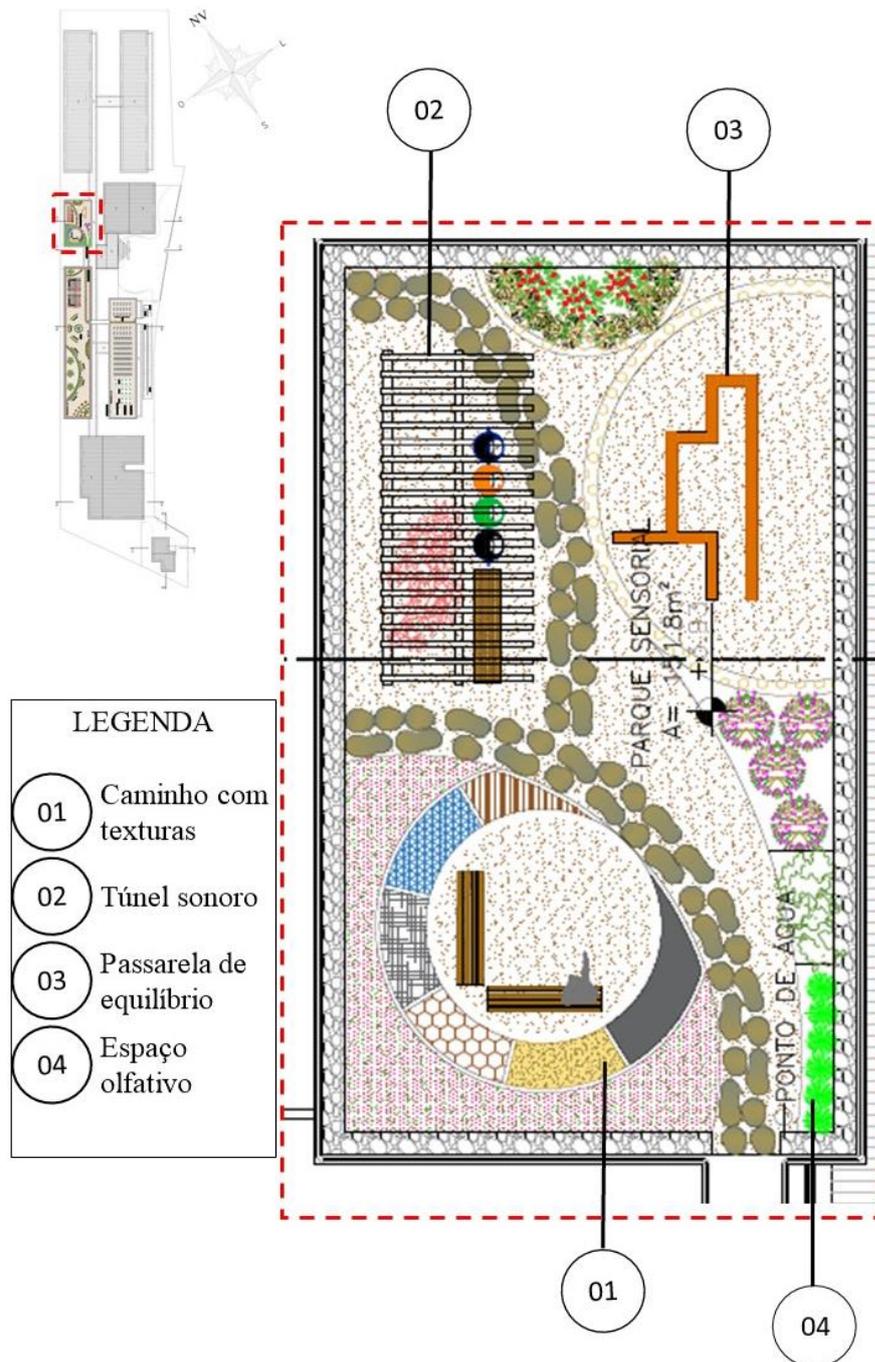


Fonte: A autora (2023).

- Bloco sensorial

Outro ambiente criado está inserido no bloco sensorial (Figura 58), um espaço dedicado a promover estímulos sensoriais e motores, principalmente o tato, a audição, o olfato e a visão e equilíbrio.

Figura 58 - Planta baixa aproximada – bloco sensorial



Fonte: A autora (2023).

O bloco está dividido em quatro micro espaços, sendo que cada um deles foi especialmente projetado para estimular os sentidos das crianças e promover seu desenvolvimento sensorial, motor e cognitivo:

#### 01. Caminho com texturas variadas no chão

Propósito: estimular o tato

Funcionamento: utilização de materiais como areia, grama, cascalho, bolinhas de gude, seixos rolados, entre outros, para as crianças poderem experimentar uma variedade de texturas enquanto percorrem o caminho sensorial. A intenção é que os materiais usados no caminho possam ser trocados de acordo com as necessidades percebidas pelos tutores;

#### 02. Túnel / caramanchão com objetos que produzem som

Propósito: Estimular o sentido da audição e a percepção espacial.

Funcionamento: Colocação de objetos no túnel, como chocalhos, sinos ou materiais que produzam sons diferentes quando tocados. À medida que as crianças passam pelo túnel, elas interagem com esses objetos, explorando diferentes tonalidades e ritmos;

#### 03. Passarela para equilíbrio

Propósito: Desenvolver habilidades motoras e de equilíbrio.

Funcionamento: Construção de uma passarela elevada e estreita que desafia as crianças a manterem o equilíbrio enquanto se movem. Essa parte do ambiente contribui para o desenvolvimento motor e a consciência corporal.

#### 04. Espaços olfativos com ervas medicinais que liberam cheiro

Propósito: Estimular o sentido do olfato e promover a consciência sensorial.

Funcionamento: Plantio de ervas medicinais, ao longo do caminho, como capim santo, velame e erva-cidreira, cujos aromas são liberados quando as crianças as tocam. Isso

proporciona uma experiência olfativa enriquecedora, além de introduzir o conceito de diferentes cheiros associados a plantas específicas.

A disposição dos microambientes foi feita de forma que as crianças escolham a sequência através da qual seguir a jornada. Uma sugestão é que elas comecem a jornada experimentando diferentes texturas sob seus pés, sigam até o túnel e sejam envolvidas por sons estimulantes, em seguida passem pela passarela e por fim explorem seu olfato com os cheiros das ervas medicinais.

## 5.2. SISTEMA UTILIZADO

Para montagem do teto vegetado serão utilizados materiais típicos de jardinagem local, para haver uma maior facilidade em encontrar o material na região e também mão de obra para montar o sistema e fazer a manutenção.

### 5.2.1 Materiais utilizados

A escolha dos materiais se deu pela qualidade e facilidade em encontrá-los na região. Eles serão usados durante a montagem de todo o sistema. A intenção é fazer uso da maior quantidade de elementos locais possíveis. Desde o solo natural, pedriscos locais, plantas nativas e caramanchões feitos com madeira de reaproveitamento do telhado antigo.

Quadro 02 - Materiais utilizados no telhado

QUADRO DE MATERIAIS		
PRODUTO	FUNÇÃO	ONDE ENCONTRAR
manta líquida Sikafill	Impermeabilizante	Carajas.com.br
Anti-raízes Extra dren	Barreira Anti-raízes	bidimwavingeossinteticos.com
Brita (granulometria 1)	Drenagem	mibasa.com.br
Manta geotextil Bidim	filtro	Magazineluisa.com.br
Solo local	Fixação das plantas	Arapiraca (terrenos do município)
Camada vegetal	Plantas especificadas em projeto	comunidades circunvizinhas ou lojas de paisagismo
Pedra rachão	decorativa	mibasa.com.br
Madeira	Decorativa (usada nos caramanchões)	(proveniente do telhado antigo da edificação a sofrer o retrofit)
Britas decorativas	Decorativa	mibasa.com.br
Brita 0	Decorativa / Sensorial	mibasa.com.br
Areia	Decorativa / Sensorial	Casa de material de construção
Argila expandida	Decorativa / Sensorial	Magazineluisa.com.br
Bolinhas de gude	Decorativa / Sensorial	Amazon.com.br
Seixo rolado	Decorativa / Sensorial	Lojas de paisagismo
Separador de grama	Limitar canteiros	Magazineluisa.com.br

Fonte: A autora (2023).

### 5.2.3 Etapas da montagem do sistema:

Para que o sistema funcione de forma adequada deve ser seguida uma ordem para montagem do mesmo, e assim garantir qualidade na execução.

Sequência de montagem:

01. Remoção do antigo sistema de cobertura e ajuste necessário nas paredes para que atinjam um pé direito de 3.36m;
02. Construção de laje com 15cm de espessura e inclinação de 3%;
03. Impermeabilização da laje com manta líquida sika fill (para evitar infiltrações);
04. Aplicação de camada de proteção mecânica anti-raízes com manta geotextil ExtraDren, a qual possui alta resistência a compressão, que servirá como proteção para a impermeabilização e auxiliará a camada drenante;
05. Aplicação da camada drenante (5cm de brita granulometria 1 para garantir a eficiente drenagem da água);
06. Aplicação de camada filtrante, usando manta Bidim. A manta geotextil Bidim impede que o solo vá para a camada de drenagem e evita entupimento de drenos;
07. Colocação do solo já adubado. Deverá ser aplicado solo coletado na própria cidade com uma mistura de areia e adubo orgânico (se possível já produzido na escola). Na parte da horta, o solo dos canteiros deverá ser preparado de acordo com cultura que será cultivada ali;
08. E por fim a aplicação da camada vegetal e demais elementos paisagísticos de acordo com o projeto.

#### **5.2.4 Vegetações escolhidas**

O potencial paisagístico de plantas típicas, nativas e adaptadas à região de Arapiraca foi aproveitado para o desenvolvimento deste projeto. Foram escolhidas plantas que conseguem suportar as altas temperaturas locais, que têm grande resistência à seca, são pouco exigentes em rega e manutenção e que precisam de uma pequena camada de solo para se manterem vivas e bem, já que a proposta é de um teto vegetado semi-intensivo.

A vegetação foi cuidadosamente selecionada para trazer sustentabilidade e eficiência no uso dos recursos, ajudar a promover a biodiversidade local e criar ambientes visualmente harmoniosos, contribuindo com um design paisagístico sustentável e com a integridade ecológica da área em qual será inserida.

Parte das espécies escolhidas pertence ao bioma da caatinga, enquanto as demais são plantas são espécies que já se adaptaram a região. Abaixo, pode ser visualizado o quadro botânico das espécies presentes no projeto.

Quadro 03 - Quadro botânico

QUADRO BOTÂNICO		
IMAGEM	IDENTIFICAÇÃO	
 <p>Imagem: NEMA, 2022.</p>	Nome popular	Quipá
	Nome científico	Tacinga inamoena
	Família	Cactaceae
	Origem	Nativa / caatinga
	Porte	Pequeno / 30-60cm
	Luminosidade	Sol pleno
	Categoria	Arbusto
	Ciclo de vida	Perene
 <p>Imagem: Santos, 2023.</p>	Nome popular	Primavera
	Nome científico	Bougainvillea spectabilis
	Família	Nyctaginaceae
	Origem	Brasil
	Porte	Médio
	Luminosidade	Sol pleno
	Categoria	Trepadeira
	Ciclo de vida	Perene
	Nome popular	Cacto estrela

 <p>Imagem: Ribeiro, 2023.</p>	Nome científico	Stapelia hirsuta
	Família	Asclepiadaceae
	Origem	África do sul
	Porte	Pequeno / 20cm
	Luminosidade	Sol pleno
	Categoria	Herbácea
	Ciclo de vida	Perene
 <p>Imagem: Regardiz, 2021.</p>	Nome popular	Rosinha de sol
	Nome científico	Aptenia cordifolia
	Família	Aizoaceae
	Origem	África
	Porte	Pequeno / 15-20cm
	Luminosidade	Sol pleno - meia sombra
	Categoria	Forração
	Ciclo de vida	Perene
	Nome popular	Espada de são Jorge
	Nome científico	Sansevieria trifasciata
	Família	Asparagaceae
	Origem	África

 <p>Imagem: Martins, 2022.</p>	Porte	Pequeno / 40-90cm
	Luminosidade	Sol pleno - meia sombra
	Categoria	Herbácea
	Ciclo de vida	Perene
 <p>Imagem: Braga, 2023.</p>	Nome popular	Alancoê Fantasma
	Nome científico	Kalanchoe fedtschenko
	Família	Crassulaceae
	Origem	Madagascar
	Porte	Pequeno 40-60cm
	Luminosidade	Sol pleno - meia sombra
	Categoria	Herbácea
	Ciclo de vida	Perene
 <p>Imagem: Monteiro, 2023.</p>	Nome popular	Macambira
	Nome científico	Bromelia laciniosa
	Família	Broméliaceae
	Origem	Nativa / caatinga
	Porte	Pequeno 40-60cm
	Luminosidade	Sol pleno
	Categoria	Herbácea

	Ciclo de vida	Perene
 <p>imagem: Souza, 2018.</p>	Nome popular	Velame
	Nome científico	<i>Croton heliotropiifolius</i>
	Família	Euphorbiaceae
	Origem	Nativa / caatinga
	Porte	Pequeno 100-200cm
	Luminosidade	Sol pleno
	Categoria	Arbusto
	Ciclo de vida	-
 <p>Imagem: Costa, 2011.</p>	Nome popular	Xiquexique
	Nome científico	<i>Pilocereus gounellei</i>
	Família	Cactacea
	Origem	Nativa / caatinga
	Porte	Pequeno 100-300cm
	Luminosidade	Sol pleno
	Categoria	Arbusto
	Ciclo de vida	Perene
	Nome popular	Capim santo

 <p>Imagem: Santos, 2023.</p>	Nome científico	Cymbopogon citratus
	Família	Poaceae
	Origem	Índia
	Porte	Pequeno 60cm
	Luminosidade	Sol pleno
	Categoria	Herbácea
	Ciclo de vida	Perene
 <p>Imagem: Cordeiro, 2020.</p>	Nome popular	Erva cideira
	Nome científico	Lippia alba
	Família	Verbenacea
	Origem	Continente americano
	Porte	Pequeno 100-200cm
	Luminosidade	Sol pleno – meia sombra
	Categoria	Arbusto
	Ciclo de vida	Perene
	Nome popular	Amor agarradinho rosa
	Nome científico	Antigonum leptopus
	Família	poligonáceas
	Origem	México

	Porte	Grande 10m
	Luminosidade	Sol pleno
	Categoria	Trepadeira arbustiva
	Ciclo de vida	Perene

Imagem: Fazenda Citra, 2023.

Fonte: A autora (2023).

### 5.3. APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DO TETO VEGETADO

As imagens a seguir apresentam o resultado final do telhado verde, são representações simples em 3 dimensões para que se possa compreender melhor a proposta. Nas Figura 59 e 60 é possível ver a disposição dos canteiros e demais elementos na horta.

Figura 59 - Horta - Espaço para cultivo



Fonte: A autora (2023).

Figura 60 - Horta - Espaço para cultivo e compostagem



Fonte: A autora (2023).

A seguir, nas figuras 61, 62 e 63 é possível observar imagens da praça, onde podem ser observados espaços para contemplação, descontração e relaxamento, sendo a maioria deles sombreados por caramanchões.

Figura 61 - Praça – Caramanchões para sombreamento



Fonte: A autora (2023).

Figura 62 - Praça – Espaço para contemplação



Fonte: A autora (2023).

Figura 63 - Praça – Espaço para jogos e descontração



Fonte: A autora (2023).

Por fim, podem ser observadas as perspectivas do bloco sensorial para uma melhor visualização do espaço.

Figura 64 – Bloco sensorial – Espaço para aguçar os sentidos



Fonte: A autora (2023).

#### 5.4. PROJETOS COMPLEMENTARES NECESSÁRIOS PARA CONSOLIDAÇÃO DA PROPOSTA

Para que a proposta do teto vegetado seja efetivamente realizada, se faz necessária a contribuição de projetos e sistemas complementares como: estrutural, irrigação e captação de água de chuva para, com isso, garantir a qualidade no desempenho do projeto.

- Projeto estrutural

O projeto estrutural complementar se faz essencial na construção do teto vegetado, ao desempenhar um papel fundamental na viabilidade e eficácia do sistema, determinando a capacidade da estrutura para suportar o peso adicional da vegetação, solo e água. Para se adequar a estrutura já existente na escola, visto que as paredes de vedação serão mantidas, o projetista estrutural deverá realizar a disposição de vigas, lajes e pilares de forma cuidadosamente planejada para garantir a estabilidade e durabilidade do sistema, maximizando os benefícios ambientais e estruturais.

A consideração primordial no planejamento estrutural para sustentar um teto verde é a carga adicional que será imposta à estrutura. O peso significativo do solo, das plantas, da água de irrigação e outros componentes do sistema requer um cálculo preciso na disposição das vigas, assegurando que a carga seja distribuída de maneira uniforme e segura. Uma análise

minuciosa das cargas é indispensável para prevenir sobrecargas e garantir a estabilidade a longo prazo.

A organização estratégica dos pilares desempenha uma função essencial na distribuição do peso e na estabilidade geral. Sua disposição deve ser projetada para minimizar os vãos, oferecendo suporte eficaz e evitando pontos de tensão excessiva. Ao utilizar vigas de maneira apropriada, com dimensionamento adequado, contribui-se para uma distribuição uniforme das cargas, garantindo a resistência da estrutura.

A seleção apropriada de materiais é de extrema importância, uma vez que todos os elementos devem ser concebidos para resistir não somente às cargas adicionais, mas também às condições ambientais, tais como chuva, umidade e variações de temperatura. A durabilidade dos materiais desempenha um papel essencial para assegurar a longevidade do sistema.

A importância do projeto estrutural para sustentar o sistema de teto verde vai além da estabilidade da construção, é essencial para a eficácia e sustentabilidade do projeto. Uma abordagem meticulosamente planejada é fundamental para maximizar os benefícios ambientais, econômicos e estéticos desse da edificação.

- Projeto de irrigação

A introdução de um projeto adicional de irrigação é fundamental para o êxito e a sustentabilidade de um teto vegetado. Essa estratégia não apenas assegura o suprimento adequado de água para as plantas, mas também maximiza a utilização eficiente dos recursos hídricos, promovendo a eficácia do sistema.

Vale salientar que o bloco que comporta a horta é o que terá maior necessidade de planejamento específico de irrigação, visto que, por comportar hortaliças, demandará uma maior quantidade de regas. Os demais blocos, por acomodarem plantas que são adaptadas ao clima local, conseguem se manter com as chuvas locais, sendo preciso apenas um ponto de água para uso em situações específicas.

O projeto de irrigação deve atender às demandas hídricas da horta. Sistemas como gotejamento ou irrigação por microaspersão, permitem uma distribuição uniforme da água, atendendo às demandas específicas de cada espécie vegetal.

- Sistema de captação de água de chuva

Aliado ao projeto de irrigação, se pode prever também um sistema de captação de água de chuva como uma estratégia para otimizar o uso sustentável do recurso natural, visto que a

grande área de telhado da escola propicia um ambiente adequado à coleta de águas pluviais. Ao integrar um sistema de captação de água da chuva ao projeto de irrigação, é possível aproveitar as precipitações sazonais para suprir as necessidades hídricas do teto vegetado.

O recolhimento e armazenamento adequado da água da chuva pode representar para a instituição uma prática viável e ecologicamente responsável, assegurando o bem-estar da vegetação e promovendo sustentabilidade ambiental.

Arapiraca é uma cidade com índices pluviométricos baixos durante grande parte do ano, por esse motivo, se faz necessário que sejam pensadas outras técnicas sustentáveis para a irrigação.

- Sistema de reuso de águas cinzas

O reuso de águas cinzas é uma estratégia sustentável que contribui para a conservação dos recursos hídricos, reduzindo a necessidade de água potável em atividades que não requerem seu nível de pureza.

São consideradas águas cinzas às águas residuais provenientes de atividades domésticas, industriais ou comerciais que não contenham materiais fecais. É uma água que pode ser tratada e reutilizada em diversos fins, um deles é a irrigação de jardins.

Por ter inúmeras pessoas utilizando a edificação frequentemente, existe uma geração de água residual vultuosa, com isso, fazer uso dessa água para irrigar o teto vegetado da escola pode ser uma alternativa viável e enriquecedora do ponto de vista econômico e ambiental.

O uso dos projetos e sistemas complementares contribuem com a eficaz execução do projeto bem como com a qualidade e eficiência no uso do ambiente construído.

## 6 CONSIDERAÇÕES

A execução deste projeto foi extremamente satisfatória, uma vez que proporcionou vantagens significativas para a comunidade escolar analisada. Dentre os benefícios, destaca-se a melhoria na qualidade da merenda, com a introdução de alimentos livres de agrotóxicos, o aprimoramento do conforto térmico na instituição e a redução dos custos com energia elétrica. Além disso, propicia um melhor desenvolvimento no processo de aprendizagem dos alunos, uma vez que o teto verde oferece oportunidades para a aplicação de diversas metodologias educacionais.

É importante salientar que o projeto não se limita ao ambiente escolar, podendo ser adotado em outros espaços. Contudo, durante a realização da pesquisa, surgiram desafios, como a escassez de projetos de teto verde na cidade de Arapiraca e em todo o estado de Alagoas. A constatação é que, em todo o Brasil, são poucos os exemplos de uso de tetos verdes em edificações escolares, o que dificultou a busca por referências.

Dessa forma, a expectativa é que o projeto não apenas inspire, mas também seja replicado em outras escolas da cidade. A ideia é que ele deixe de ser apenas um conceito no papel e seja efetivamente implantado, proporcionando melhorias tanto para as pessoas quanto para o meio ambiente. A interação com a natureza, proveniente do teto verde, traz uma sensação reconfortante de bem-estar.

Almeja-se que a pesquisa e a aplicação do projeto incluam diferentes tipos de vegetação, sistemas de irrigação eficientes e técnicas adequadas para a implementação e manutenção desses sistemas. É fundamental que os gestores municipais estejam cientes das pesquisas realizadas sobre tetos verdes e possam incorporar essas ideias em projetos públicos. Além disso, é essencial que a população compreenda os benefícios por trás da implementação desses sistemas e os adote. A universidade, ao desenvolver projetos como esse, não apenas contribui para a academia, mas também demonstra a viabilidade e a importância dessas práticas sustentáveis para toda a sociedade.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Rafael Tavares de. **A certificação Leed na arquitetura escolar: reflexões sobre a Escola Estadual Erich Walter Heine**. 2014. 229f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

ALCANTARA, Alex; CEZARIO, Bruna. **Rosinha-de-sol (aptenia cordifolia): a suculenta com flores diurnas**. Disponível em: <https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Paisagismo/Plantas/noticia/2021/10/rosinha-de-sol-aptenia-cordifolia-suculenta-com-flores-diurnas.html>. Acesso em: 14 nov. 2023.

AMAZON. **Bolinha de gude**. Disponível em: [https://www.amazon.com.br/Bolinhas-Gude-Bola-Vidro-Diversos/dp/B0BM721F5H/ref=asc\\_df\\_B0BM721F5H/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=394267755730&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=5205659163784585362&hvppone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=20086&hvtargetid=pla-1944059938449&pssc=1&mcid=c6d2ec70807c3b2380f367e728698f93](https://www.amazon.com.br/Bolinhas-Gude-Bola-Vidro-Diversos/dp/B0BM721F5H/ref=asc_df_B0BM721F5H/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=394267755730&hvpos=&hvnetw=g&hvrnd=5205659163784585362&hvppone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvlocphy=20086&hvtargetid=pla-1944059938449&pssc=1&mcid=c6d2ec70807c3b2380f367e728698f93). Acesso em: 30 nov. 2023

ARAPIRACA. **Momento de “Quietude e Atenção” da Liga Pela Paz promove maior concentração em sala de aula**. Disponível em: <https://web.arapiraca.al.gov.br/2016/05/momento-de-quietude-e-atencao-da-liga-pela-paz-promove-maior-concentracao-em-sala-de-aula/>. Acesso em: 08 maio 2023.

ARCHDAILY Brasil. **Creche e Escola Waldorf / MONO Architekten**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/935636/creche-e-escola-waldorf-mono-architekten>. ISSN 0719-8906. Acesso em: 07 maio 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9077: Saída de emergência em edifícios**. Rio de Janeiro. 2001.

BALDESSAR, Silvia Maria Nogueira. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. 2012. 125f. Dissertação (Mestrado) Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

BARATTO, Romulo. **Colégio público do Rio de Janeiro é a primeira escola sustentável certificada da América Latina** 02 Jan 2014. ArchDaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-164540/colégio-publico-do-rio-de-janeiro-e-a-primeira-escola-sustentavel-certificada-da-america-latina>. Acesso em: 08 maio 2023.

BARTELLE, Claudia. **Telhado verde**. Disponível em: <https://www.claudiabartellearquitetura.com.br/telhado-verde/> Acesso em: 20 out. 2023.

BIDIMWAVIN. **Extradren**. Disponível em:  
<https://bidimwavingeossinteticos.com/extradren/>. Acesso em: 30 nov. 2023.

BOECHAT, S.L.; ESPINDULA, L. escola parque – áreas verdes e unidades escolares. In: II seminário científico da FACIG, 2, 2016. **Anais [...]**. Manhuaçu: I Jornada de iniciação científica, 2016. p. 1-10. Disponível em:  
<https://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/140/0>. Acesso em: 07 jun.2023.

BRAGA, Cristina. **Calanchoê Fantasma – Kalanchoe fedtschenkoi**. Disponível em:  
<https://www.floresefolhagens.com.br/calanchoe-fantasma-kalanchoe/>. Acesso em: 14 nov. 2023.

BRASIL. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Resumo Técnico: Censo Escolar da Educação Básica 2021**. Brasília, DF: Inep, 2021. Disponível em:  
[https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas\\_e\\_indicadores/resumo\\_tecnico\\_censo\\_escolar\\_2021.pdf](https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_escolar_2021.pdf). Acesso em 10 mar. 2023.

CARAJAS. **Manta Líquida Rápido Borracha Líquida com Microesferas Isolantes, Galão, Concreto Sikafiill 15KG – Sika**. Disponível em: [https://www.carajas.com.br/manta-liquida-rapido-borracha-liquida-com-microesferas-isolantes--galao--concreto-sikafiill-15kg---sika-580122743/p?idsku=9814&region\\_id=000103&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjAggGrBhDtARIsAM5s0\\_IRv2VThkc3eXBUtF0s20uZJJ-JK3psdHphvumYM58KF1zW7-kt1\\_0aAnHREALw\\_wcB](https://www.carajas.com.br/manta-liquida-rapido-borracha-liquida-com-microesferas-isolantes--galao--concreto-sikafiill-15kg---sika-580122743/p?idsku=9814&region_id=000103&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjAggGrBhDtARIsAM5s0_IRv2VThkc3eXBUtF0s20uZJJ-JK3psdHphvumYM58KF1zW7-kt1_0aAnHREALw_wcB). Acesso em: 30 nov. 2023.

CONSTANTINO, Ana Paula Tatiana Kleinübing Constantino; AMARÃES, Thais Kawamoto. Biofilia em ambiente escolar. Revista da Iniciação científica – **Ricfamma**, v.8, p.1 – 15, 14 de março de 2023. Disponível em:  
<http://revista.famma.br/index.php/ic/article/view/218>. Acesso em 21 de mar. 2023.

CORDEIRO, Sandra Zorat. **Lippia alba (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson**. Disponível em: <https://www.unirio.br/ccbs/ibio/herbariohuni/lippia-alba-mill-n-e-br-ex-britton-p-wilson>. Acesso em: 14 nov. 2023.

COSTA, Agefran. **Xique-Xique (Pilocereus gounellei)**. Disponível em:  
<https://www.naturezabela.com.br/2011/03/xique-xique-pilocereus-gounellei.html>. Acesso em: 14 nov. 2023.

COSTA, Izabela Aranha. Bio arquitetura técnicas construtivas sustentáveis. Revista eletrônica da UNIVAG - **Connecti online**, n24, p. 67 - 74, 2021. Disponível em:  
<https://www.periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/view/1631/1762>. Acesso em: 04 jun. 2023.

CRUZ, Kauana Gabriela Pereira da. **Biblioteca parque: arquitetura aliada à biofilia**. 2022. 80f. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Instituição de Ensino Superior Unicuritiba do grupo Ânima educação, Curitiba, 2022.

DEGREAS, Helena. **Praças e hortas nas alturas? Como as cidades estão criando novos usos para seus antigos telhados.** Disponível em: <https://jovempan.com.br/opiniaio-jovempan/comentaristas/helena-degreas/pracas-e-hortas-nas-alturas-como-as-cidades-estao-criando-novos-usos-para-seus-antigos-telhados.html>. Acesso em: 22 mar.2023.

ECOTECNOLOGIAS. **Telhados verdes – Conceito.** Disponível em: [https://ecotecnologias.org/?page\\_id=561](https://ecotecnologias.org/?page_id=561). Acesso em: 20 out. 2023.

ECOTELHADO. **Colégio Israelita / RS.** Disponível em: <https://ecotelhado.com/sistema/israelita-rs/>. Acesso em: 04 maio 2023.

ECOTELHADO. **Telhado verde ecológico / teto verde.** Disponível em: <https://ecotelhado.com/sistema/telhado-verde/>. Acesso em: 17 maio 2023.

ELALI, Gleice Azambuja. **O ambiente da escola - o ambiente na escola:** uma discussão sobre a relação escola-natureza em educação infantil. Estudos de Psicologia 2003, 8(2), p. 309-319, Programa de Pós-graduação em Psicologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epsic/a/DFpfPmBzKqVDWNRbth7vtWN/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

ESCOLA MÁRIO CÉZAR FONTES. **Escola de Ens. Fund. em Tempo Integral Prof. Mário César Fontes.** Disponível em: <https://escolamariocesar.webnode.page/>. Acesso em: 12 jun.2023.

FAZENDA CITRA. **Amor agarradinho.** Disponível em: <https://fazendacitra.com.br/amor-agarradinho.html>. Acesso em: 30 nov. 2023.

FERNANDA DG. **Um shopping com telhado verde e compostagem do lixo.** Disponível em: <https://dicasdearquitetura.com.br/um-shopping-com-telhado-verde-e-compostagem-do-lixo/>. Acesso em: 04 jun. 2023.

FERRAZ, Iara Lima. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica.** 2012. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GOUVEIA, Lucas. **Telhado Verde:** A união perfeita entre Design Arquitetônico, Otimização do Espaço Urbano e Sustentabilidade. Disponível em: <http://fastcon.com.br/blog/telhado-verde/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

IBGEE. **Cidades e Estados / Arapiraca.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/arapiraca.html>. Acesso em: 23 fev. 2023.

INSTITUTO Cidade Jardim. **Telhado verde verde de verdade.** Disponível em: <https://institutocidadejardim.com.br/>. Acesso em: 30 maio 2023.

JORGE, Marçal Henrique Amici *et al.* Implantação e condução de uma horta de médio porte. **Circular técnica 155, Embrapa.** Brasília, DF. Dezembro de 2016.

KOCK, R. V.; THEISS, V.; PARIZOTTO, F. S. Análise econômica financeira do emprego de cobertura vegetada em edifícios públicos. In: Navus: Revista de Gestão e Tecnologia, ISSN-e 2237-4558, N.º. 11, 2021. **Anais** [...] Florianópolis, SC. p. 1 – 17.

KOTSCHO, Mariana. **Sustentabilidade no colégio Santa Cruz**. Disponível em: <https://santacruz.g12.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 07 maio 2023.

LOPES, D. A. R. 2007. **Análise do comportamento térmico de uma cobertura verde leve (CVL) e diferentes sistemas de cobertura**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos – SP

MACHADO, Ana Lucia. **Educação ao ar livre: escola, criança e natureza integradas**. Agosto de 2022. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/vida-sustentavel/equilibrio/educacao-ao-ar-livre-escola-crianca-e-natureza-integradas/>. Acesso em: 06 jun 2023.

MAGALHÃES, Cristiane Maria. **De jardim em jardim: itinerário histórico pelas paisagens culturais brasileiras**. cultura histórica e patrimônio. Campinas, v.1, n.1, p. 108 – 130, 21 de agosto de 2013. Disponível em: [http://publicacoes.unifalmg.edu.br/revistas/index.php/cultura\\_historica\\_patrimonio/article/view/08\\_v1n1\\_ChP](http://publicacoes.unifalmg.edu.br/revistas/index.php/cultura_historica_patrimonio/article/view/08_v1n1_ChP). Acesso em: 23 mar. 2023.

MAGALU. **Manta Tipo Bidim Geotextil 35mts<sup>2</sup> Para Drenagem 2,30 X 15,20 - GBS GEO**. Disponível em: [https://www.magazineluiza.com.br/manta-tipo-bidim-geotextil-35mts2-para-drenagem-230-x-1520-gbs-geo/p/hjc04h19g8/fj/mdrn/?&seller\\_id=gbsgeo&utm\\_source=google&utm\\_medium=pla&utm\\_campaign=&partner\\_id=73499&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiAgqGrBhDtARIsAM5s0\\_m515Fzu1\\_p9cFNkyeNDXSmvKB9qw1MvjG9ohw25oPNFgfoP8xbnBUaAsrREALw\\_wcB&gclsrc=aw.ds](https://www.magazineluiza.com.br/manta-tipo-bidim-geotextil-35mts2-para-drenagem-230-x-1520-gbs-geo/p/hjc04h19g8/fj/mdrn/?&seller_id=gbsgeo&utm_source=google&utm_medium=pla&utm_campaign=&partner_id=73499&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAgqGrBhDtARIsAM5s0_m515Fzu1_p9cFNkyeNDXSmvKB9qw1MvjG9ohw25oPNFgfoP8xbnBUaAsrREALw_wcB&gclsrc=aw.ds). Acesso em: 30 nov. 2023.

MARTINS, Iris. **Como plantar espada de São Jorge: cuidados em vasos, na decoração e mais**. Disponível em: <https://portalvidalivre.com/articles/97>. Acesso em: 14 nov. 2023.

MASSAROTO, Fernanda. **Casa com telhado verde e muita, muita, muita grama**. Disponível em: <https://casa.abril.com.br/casas-apartamentos/casa-com-telhado-verde-e-muita-muita-muita-grama/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

MELLO, Jéssica Bronzatti; BIANCHI, Cleusa Adriane Menegass E LIBARDONI, Felipe. Design biofílico. In: XXV Jornada de Pesquisa da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 20 a 23 de outubro de 2020, Rio Grande do Sul, **Anais**. UNIJUÍ, 2020.

MENDONÇA, Tatyane Nadja Martins de. **Telhado verde extensivo em pré-moldado de concreto EVA (Acetato Etil Vinila)**, 2015. 234 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

MIBASA. **Conheça nossa linha para construção civil**. Disponível em: <https://www.mibasa.com.br/construcao-civil/>. Acesso em: 30 nov. 2023.

MONTEIRO, R.F. **Bromelia in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB16578>. Acesso em: 14 nov. 2023.

MUZA, Pedro Henrique Ferreira. Design Biofílico: **Ampliando o Conceito de Sustentabilidade de Edificações**. 2021. 140 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

NEMA. **Espécie do mês: Quipá**. Disponível em: [https://nema.univasf.edu.br/site/index.php?page=newspaper&record\\_id=67](https://nema.univasf.edu.br/site/index.php?page=newspaper&record_id=67). Acesso em: 11 nov. 2023.

NETO, Geraldo Silvio Leite. Teto verde: construção sustentável e reaproximação do homem a ambientes verdes em Manaus. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, Ed. 11, v. 08, p. 114-127, 04 de dezembro de 2018. ISSN:2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/arquitetura/construcaosustentavel?pdf=23274>. Acesso em: 22 mar. 2023.

NICOLAU, Bárbara Rioga. **Arquitetura biofílica e saúde mental: a hipótese da biofilia aplicada no ambiente residencial estudantil coletivo**. 2021. 85f. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

NUNES, Teresa. **Cacto estrela: conheça a flor que atrai moscas**. Disponível em: <https://pontobiologia.com.br/cacto-estrela-conheca-flor-atrai-moscas/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

OLIVEIRA, Tarcísio Dorn de, *et al.* Coberturas verdes: Uma alternativa viável de sustentabilidade na construção civil. *In: V encontro de sustentabilidade em projeto*, 5., 2017, Florianópolis. **Anais eletrônicos** [...] Florianópolis: Repositório institucional da UFSC, 2017. p. 1 – 11. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/240729>. Acesso em: 20 out. 2023.

PADILHA, Regina. **Sítio com 160m<sup>2</sup> de telhado verde**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YHtBaj8tvMQ>. Acesso em: 30 maio 2023.

PROJETEEE. **Teto jardim**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/implementacao/teto-jardim/>. Acesso em: 07 maio 2023.

ROCHA, Sergio. **Pic-nic no telhado verde**. Disponível em: <https://institutocidadejardim.wordpress.com/2014/07/17/pic-nic-no-telhado-verde/>. Acesso em: 04 jun.2023

RPAA. **Colégio Santa Cruz**. Raul Pereira Arquitetos Associados, 2015. Disponível em: <http://rpaa.com.br/institucionais/colégio-santa-cruz/>. Acesso em: 07 maio 2023.

SANTOS, Anderson. **Bougainvillea: a primavera das plantas**. Disponível em: <https://www.escoladebotanica.com.br/post/bougainvillea>. Acesso em: 12 nov. 023.

SANTOS, Jane Oliveira da Silva. **O (des)conforto térmico na sala de aula: dificuldades de aprendizagem.** Monografia (Especialização em Educação no Semiárido) – Universidade Federal de Alagoas. Delmiro Gouveia, 2018.

SANTOS, Vanessa Sardinhas. **Capim santo.** Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/saude-bem-estar/capimsanto.htm>. Acesso em: 14 nov. 2023.

SHOUSEEED. **Escola na Alemanha é ampliada e ganha teto verde.** Disponível em: <https://decordiarioblog.home.blog/2019/09/22/escola-na-alemanha-e-ampliada-e-ganha-telhado-verde/>. Acesso em: 02 mar. 2023.

SILVA, W. S.; BARBOSA, R. V. R. Teto verde como estratégia bioclimática para o semiárido alagoano. in: encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 17., 2018. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 1089–1096. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1450>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SILVA, Wellington Souza. **Desempenho do sistema de telhado verde como estratégia de condicionamento térmico passivo no semiárido alagoano.** 2020. 208 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

SOUZA, Francisco V. **Velame** (croton heliotropiifolius). 2018. Disponível em: <https://faunaefloradorn.blogspot.com/2018/03/velamecroton-heliotropiifoliusplanta.html>. Acesso em 14 novembro 2023.

SOUZA, Kym; COELHO, Yeska. **Telhado verde – o que é e quais vantagens.** Disponível em: <https://casacor.abril.com.br/sustentabilidade/telhado-verde-o-que-e/>. Acesso em: 15 out. 2023.

VACILIKIO, D. V.; FLEISCHFRESSER, L. Comparação entre telhado verde e convencional nas temperaturas internas dos ambientes. *In*: II Simpósio ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 6 a 10 de julho de 2011, Paraná, **Anais**. Paraná: UTFPR, 2011. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as\\_sdt=0%2C5&q=compara%C3%A7%C3%A3o+entre+telhado+verde+e+convencional&btnG=](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=compara%C3%A7%C3%A3o+entre+telhado+verde+e+convencional&btnG=). Acesso em: 11 maio 2023.

VADA, Pedro. **Casa Plana / studio mk27.** 04 Abr 2021. ArchDaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/895902/casa-plana-studio-mk27-plus-marcio-kogan-plus-lair-reis>> ISSN 0719-8906. Acesso em: 23 out. 2023.