



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

**A INFLUÊNCIA DO JARDIM VERTICAL NO MICROCLIMA: ANÁLISE  
PRELIMINAR DOS INDICADORES CLIMÁTICOS TEMPERATURA E UMIDADE  
DO AR**

**BERNARDO MAFRA VASCONCELOS**

Belo Horizonte  
2016

BERNARDO MAFRA VASCONCELOS

**A INFLUÊNCIA DO JARDIM VERTICAL NO MICROCLIMA: ANÁLISE  
PRELIMINAR DOS INDICADORES CLIMÁTICOS TEMPERATURA E UMIDADE  
DO AR**

Projeto de pesquisa apresentado como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Ricardo José Gontijo Azevedo.

Belo Horizonte

2016



Serviço Público Federal – Ministério da Educação  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENGENHARIA  
AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ATA DE DEFESA FINAL  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

Aos 29 dias do mês de Novembro de 2016, no *campus* I do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, reuniram-se os professores Ricardo José Gontijo Azevedo, Carolina Dias de Oliveira e Valéria Cristina Palmeira Zago para participarem da banca de avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **“A influência do jardim vertical no microclima: diagnóstico e comparação dos indicadores ambientais temperatura e umidade do ar”** de autoria do aluno **Bernardo Mafra Vasconcelos**, do curso de Engenharia de Ambiental e Sanitária. Uma vez avaliado, o trabalho foi declarado:

- Aprovado.  
 Reprovado.

Belo Horizonte, 29 de Novembro de 2016.

Banca Examinadora:

Prof. Orientador - Ricardo José Gontijo Azevedo

Prof<sup>a</sup> Carolina Dias de Oliveira

Prof<sup>a</sup> Valéria Cristina Palmeira Zago

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE TABELAS .....	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT .....	10
AGRADECIMENTOS .....	12
1 INTRODUÇÃO .....	13
2 OBJETIVOS .....	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 O CLIMA URBANO .....	15
3.2 URBANIZAÇÃO E IMPACTOS CLIMÁTICOS .....	18
3.3 CONFORTO TÉRMICO.....	22
3.4 A VEGETAÇÃO E O CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE URBANO ...	25
3.5 VARIÁVEIS QUE INTEGRAM E CARACTERIZAM O CLIMA .....	28
3.5.1 TEMPERATURA DO AR .....	28
3.5.2 UMIDADE ATMOSFÉRICA .....	30
3.6 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA ARQUITETURA VERDE SUSTENTÁVEL.....	31
3.7 ESTUDOS SOBRE AMENIZAÇÃO CLIMÁTICA DOS JARDINS VERTICAIS.....	32
3.8 PROJETO DE CONCEPÇÃO DO JARDIM VERTICAL DO CEFET MG .	33
4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	36
4.1 AMBIENTE URBANO DE BELO HORIZONTE .....	36
4.1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	36
4.1.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	37
4.1.3 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
4.2 SELEÇÃO DOS LOCAIS DE MEDIÇÃO.....	41
4.3 INSTRUMENTO UTILIZADO NAS MEDIÇÕES.....	42
4.4 PARÂMETROS ANALISADOS .....	43
4.5 DESCRIÇÃO DO JARDIM VERTICAL.....	44
4.5.1 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES.....	47
4.6 CONSTRUÇÃO DO JARDIM VERTICAL.....	50

4.7	LEVANTAMENTO DE EMPRESAS DE PAISAGISMO.....	54
5	RESULTADOS.....	55
5.1	RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO.....	55
5.2	IDENTIFICAÇÃO DE JARDINS VERTICAIS EM BELO HORIZONTE.....	58
5.3	INFLUÊNCIA DO JARDIM NO MICROCLIMA .....	60
5.3.1	AVALIAÇÃO REALIZADA NO DIA NOVE DE NOVEMBRO .....	62
5.3.2	AVALIAÇÃO REALIZADA NO DIA DEZ DE NOVEMBRO .....	65
5.3.3	AVALIAÇÃO REALIZADA NO DIA ONZE DE NOVEMBRO .....	67
6	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE CONTINUIDADE .....	70
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
	LISTA DE ANEXOS .....	76
	ANEXO 1.....	76
	ANEXO 2.....	77

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Equilíbrio térmico do homem.....	22
Figura 2: Absorção, reflexão e transmissão da radiação no meio ambiente. ....	26
Figura 3: Efeito da oxigenação pela vegetação.....	27
Figura 4: Transmissão de calor no meio. ....	29
Figura 5: Placa 1 de compensado resignado com bolsos de Bidim a esquerda e Placa 2 de Chapa Ecológica com bolsos de Feltro a direita .....	34
Figura 6 - Aspecto final da placa 2. ....	35
Figura 7: Gráfico da precipitação média em (mm) e temperatura média (em graus celsius) ao longo do ano, para o período de 1961 e 1990. ....	38
Figura 8: Gráfico umidade relativa em (%) e temperatura média mensal (em graus celcius) ao longo do ano, para o período de 1961 e 1990. ....	38
Figura 9: Gráfico de temperatura média mensal (°C) ao longo do ano, para o período de 1961 e 1990. ....	39
Figura 10: Dados climáticos de Belo Horizonte, 2006 a 2016.....	39
Figura 11: CEFET-MG, Campus I, Belo Horizonte, MG. ....	40
Figura 12: Foto do local onde o jardim vertical foi construído no Campus I, CEFET-MG , com o antes e o depois da instalação. ....	40
Figura 13: Projeto do Jardim Vertical com as duas áreas de medição, Elevação Frontal.....	41
Figura 14: Locais onde foram aferidas a temperatura e umidade do ar .....	42
Figura 15: Aparelho utilizado para fazer as aferições dos parâmetros.....	43
Figura 16: Configuração do jardim vertical.....	46
Figura 17: Exemplo de algumas espécies selecionadas para o experimento. ....	47
Figura 18: Alocação dos Elementos para a Montagem da Base Estrutural .....	50
Figura 19: Processo de fabricação da estrutura metálica feita pelo professor João Maurício.....	51
Figura 20: Timer e Gotejador utilizados para irrigação do jardim .....	53
Figura 21: Imagem do Substrato Padrão Carolinall .....	53
Figura 22: Estação Automática da UFMG.....	61
Figura 23: Localização do Jardim Vertical e da Estação Automática da UFMG....	62

Figura 24: Comparação do Parâmetro Temperatura nas Diferentes Áreas, 09/11/2016 .....	62
Figura 25: Comparação do Parâmetro Umidade nas Diferentes Áreas, 09/11/2016 .....	63
Figura 26: Imagem da Árvore Resedá Gigante Próxima da Área 2 .....	64
Figura 27: Comparação do Parâmetro Temperatura nas Diferentes Áreas, 10/11/2016 .....	65
Figura 28: Comparação do Parâmetro Umidade nas Diferentes Áreas, 10/11/2016 .....	65
Figura 29: Comparação do Parâmetro Temperatura nas Diferentes Áreas, 11/11/2016 .....	67
Figura 30: Comparação do Parâmetro Umidade nas Diferentes Áreas, 11/11/2016 .....	68

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Metodologias aplicadas em dissertações de mestrado .....	44
Tabela 2: Espécies de plantas utilizadas em jardins verticais, com o nome científico e o local de preferência.....	45
Tabela 3: Empresas que prestam serviço de paisagismo em Belo Horizonte.....	54
Tabela 4: Tabela identificando com Quanto Tempo cada Empresa Trabalha com Jardim Vertical.....	55
Tabela 5: Total de Projetos Realizados pelas Empresas de Paisagismo com a Tecnologia dos Jardins Verticais.....	56
Quadro 6: Jardins Verticais identificados em Belo Horizonte .....	59
Tabela 7: Parâmetros das diferentes áreas no dia 09/11/2016 .....	63
Tabela 8: Parâmetros das diferentes áreas no dia 10/11/2016 .....	66
Tabela 9: Parâmetros das diferentes áreas no dia 11/11/2016 .....	68



## RESUMO

BERNARDO MAFRA VASCONCELOS, A influência do jardim vertical no microclima: diagnóstico e comparação dos indicadores ambientais temperatura e umidade do ar. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

Com o acelerado processo de urbanização, observa-se um adensamento cada vez maior das cidades, diminuindo áreas verdes e contribuindo para a ocorrência de fenômenos microclimáticos como as ilhas de calor. O aumento da temperatura nas áreas urbanas ocasiona um aumento do desconforto térmico e prejudica a qualidade de vida da população. Com a finalidade de atenuar o desconforto térmico surgiram nas últimas décadas alternativas relacionadas à arquitetura verde, como os jardins verticais, que podem diminuir a temperatura do ar e aumentar a umidade relativa do ar no local de sua instalação. Além de contribuir com o microclima, os jardins verticais cumprem importante função estética e permitem a criação de ambientes externos mais agradáveis para o convívio social. Nesse sentido, o presente trabalho analisou a influência no microclima de um jardim vertical instalado no Campus I do CEFET-MG, por meio da aferição dos parâmetros de temperatura e umidade do ar. Além disso, a pesquisa realizou um levantamento dos jardins verticais existentes em Belo Horizonte e ressaltou a importância de considerar a escala microclimática no ambiente interno das cidades, por meio da comparação de dados aferidos no Jardim Vertical com dados da Estação Meteorológica Automática da UFMG. Os resultados da pesquisa evidenciaram a contribuição do Jardim Vertical na diminuição da temperatura do ar e no aumento da umidade relativa do ar. As diferenças nos parâmetros analisados não foram tão significativas em função do jardim vertical se localizar, em uma área de insolação irregular devido à presença de edifícios e árvores em seu entorno.

Palavras chave: jardim vertical; microclima; conforto térmico; temperatura do ar; umidade relativa do ar.

## ABSTRACT

BERNARDO MAFRA VASCONCELOS, The influence of the vertical garden in the microclimate: diagnosis and comparison of environmental indicators temperature and humidity of the air. 2016. Monograph (Undergraduate in Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

With the accelerated process of urbanization, an increasing density of cities is observed, reducing green areas and contributing to the occurrence of microclimatic phenomena such as heat islands. The increase in temperature in urban areas causes an increase in thermal discomfort and impairs the quality of life of the population. In order to mitigate the thermal discomfort, in the last decades, there have been alternatives related to green architecture, such as vertical gardens, which can decrease the air temperature and increase the relative humidity of the air at the installation site. In addition to contributing to the microclimate, vertical gardens fulfill an important aesthetic function and allow the creation of more pleasant outdoor environments for social interaction. In this sense, the present work analyzed the influence of a vertical garden installed in Campus I of the CEFET-MG in the microclimate, by means of the measurement of the parameters of temperature and humidity of the air. In addition, the survey carried out a survey of the existing vertical gardens in Belo Horizonte and emphasized the importance of considering the microclimatic scale in the inner environment of the cities, by comparing data obtained in the Vertical Garden with data from the UFMG Automatic Weather Station. The results of the research evidenced the contribution of the Vertical Garden in the decrease of the air temperature and the increase of the relative humidity of the air. The differences in the parameters analyzed were not as significant due to the location of the vertical garden, in an area of irregular sunshine due to the presence of buildings and trees in their surroundings.

Keywords: vertical garden; microclimate; thermal comfort; Air temperature; relative humidity.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus por ter me provido de sua Graça ao ter me sustentado com saúde e toda sorte de bênçãos. Aos meus familiares por terem me dado todo o amor e suporte. A minha mãe Lorna, meu pai Rogério, minha irmã Ana Luíza, meus avós Tom, Maria Luíza e Lêda, aos todos os meus tios, mas em especial ao Luiz e Lídia, bem como a todos os primos.

Agradeço ao meu querido orientador e amigo Ricardo Gontijo pela forma e o trato que teve comigo ao longo desse ano, pela paciência, confiança, incentivo e disposição durante todo o trabalho, pela sua competência que muito me ajudou na elaboração do estudo.

A querida professora Valéria Zago, pela amizade e disposição em todos os sentidos, pela atenção demonstrada durante a realização da pesquisa e valiosas contribuições durante as orientações da disciplina

A toda a equipe do PET ambiental, por proporcionar a ampliação dos meus conhecimentos na temática da pesquisa, viabilizar a construção do jardim vertical, aos estudantes que compõe o grupo, em especial ao mestre João Maurício pelo conhecimento e cuidado a discente e amiga Ingrid Resende.

Por fim, agradeço a instituição CEFET MG por ter me proporcionado todo o suporte de me tornar um profissional capacitado e reconhecido no mercado, ao corpo de professores e profissionais, aos amigos e colegas ali feitos.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização apresentou um expressivo crescimento nas últimas décadas e neste início de século mais da metade da população mundial passou a viver em cidades. As transformações no espaço urbano pelas ações humanas, juntamente com a circulação do ar, favorecem o surgimento de uma dinâmica climática própria nas cidades, denominada clima urbano.

Nesse contexto, o ambiente urbano deve ser um local onde as necessidades de bem estar para o indivíduo sejam contempladas. Em alguns casos, porém, esses centros urbanos não oferecem condições ambientais adequadas para que seus habitantes tenham uma qualidade de vida satisfatória. Tendo em vista a importância do conforto térmico para a manutenção da qualidade de vida, tornam-se necessários estudos voltados para a compreensão de mecanismos que amenizem o desconforto ambiental gerado por condições meteorológicas adversas, como o calor excessivo e a escassez de umidade do ar.

As paredes ou jardins verticais estão dentre as tecnologias mais interessantes para melhoria da qualidade do ar e do microclima em ambientes urbanos. Essa técnica enobrece a utilização de superfícies verticais, muitas vezes esquecidas e depredadas por edificações e prédios urbanos (CAETANO, 2014).

Esse tipo de jardim possui diversas vantagens ambientais, como o alto índice de filtragem do ar em relação aos gases nocivos possibilitado por determinadas espécies vegetais. A vegetação contribui também no isolamento acústico, no equilíbrio da umidade e na função estética em ambientes urbanos carentes dessas amenidades (PAULA, 2004).

Nesse sentido, o presente estudo busca avaliar a contribuição do jardim vertical para atenuação do ganho de calor e aumento da umidade do ar, comparando os parâmetros ambientais aferidos em locais com características distintas, uma onde possui o jardim vertical, e a outra sem tal tecnologia.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a influência do jardim vertical para a melhoria do microclima por meio do levantamento e análise de temperatura e umidade do ar, no hall do Campus I, do CEFET-MG.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Aferir dois indicadores climáticos (temperatura do ar e umidade relativa do ar) em áreas distintas, uma onde possui o jardim vertical, e a outra sem tal tecnologia.
- Comparar os dados obtidos nas diferentes áreas, com o propósito de mensurar a diferença entre os parâmetros.
- Identificar a existência de jardins verticais na cidade de Belo Horizonte.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 O CLIMA URBANO

De acordo com Pezzuto (2007) os primeiros estudos relacionados ao clima urbano iniciaram no começo do século XIX, na Inglaterra. O trabalho de Howard (1833) *apud* Landsberg (1981), publicado pela primeira vez em 1818, tratava sobre o clima de Londres e foi um dos pioneiros a observar e comparar as diferenças de temperatura na cidade com a do meio rural.

Com a intensificação do processo de urbanização ao longo dos séculos XIX e XX, diversos trabalhos começaram a ser realizados considerando as particularidades das condições climáticas urbanas. O que se viu nas décadas de 60 e início dos anos 70 foram estudos climáticos focados no interesse da atmosfera urbana, principalmente na questão da problemática da concentração de poluentes em meio urbano. Nesse período, a Organização Mundial de Meteorologia (WMO) patrocinou uma série de estudos e pesquisas sobre o assunto. (PEZZUTO, 2007).

As cidades representam a aglomeração de uma infinidade de atividades e elementos que, em interação com a dinâmica climática regional, propiciam o surgimento do clima urbano. O desenvolvimento do presente trabalho tem como pressuposto teórico a concepção de clima defendida pelo geógrafo francês Max Sorre (1984, p. 32), na qual o clima pode ser entendido como “a série de estados da atmosfera, em sua sucessão habitual”. Essa concepção dinâmica de clima leva em consideração os diferentes elementos climáticos, que agindo de modo integrado, caracterizam a noção de tempo.

Nesse sentido, Tavares (1976, p. 79) salienta que “o fato das condições que caracterizam um tempo meteorológico se repetirem, se não exatamente, pelo menos de modo similar, leva-nos à noção de tipos de tempo”. De acordo com o autor, essa sucessão habitual dos tipos de tempo ajuda a compreender a noção de ritmo climático, que pode ser entendido como o deslocamento gradual e sucessivo das variáveis climáticas em direção a valores mínimos e máximos sucessivos, em intervalos de tempo similares. Assim, a gênese do ritmo climático

É fruto da atuação, sobre determinado local, de duas componentes que juntas condicionam a sucessão habitual dos tipos de tempo: a vertical, expressa pela radiação solar, e a horizontal, representada pela circulação atmosférica.

A proposição em considerar a análise rítmica nos estudos de climatologia no Brasil foi feita inicialmente por Monteiro (1971, p. 9), ao considerar que

o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação, concomitante, dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do clima.

O clima urbano não pode ser relacionado somente ao clima local, uma vez que ele também depende da dinâmica regional e de suas interações com o sistema planetário. Assim, para a análise do clima urbano torna-se necessária a compreensão da hierarquia entre as diferentes escalas climáticas. Considerando a participação das cidades nesses diferentes níveis, Monteiro (2003, p.20) destaca que “o clima local se insere em climas sub-regionais e sazonais, assim como pode ser subdividido até os microclimas. A cidade, tanto se integra em níveis superiores como se divide em setores, bairros, ruas, casas, ambientes internos etc.”

Analisando as transformações do clima na escala local decorrentes do processo de urbanização, Gonçalves (2003, p. 76) destaca que

a materialidade física da cidade e as atividades dela decorrentes promovem alterações nos balanços energético, térmico e hídrico resultantes, trazendo como consequência modificações importantes nas propriedades físicas e químicas da atmosfera, propiciando, assim, a criação de condições climáticas distintas das áreas não urbanizadas.

Nesse mesmo contexto Tavares (1974, p. 112), ao estudar o clima urbano de Campinas, afirmou que a construção de “edifícios elevados, a expansão industrial, a pavimentação das vias de circulação, em detrimento das áreas verdes, contribuíram para a modificação do clima local”.

Como uma referência para o estudo do clima urbano, Monteiro (2003, p.20) propôs a Teoria dos Sistemas, com o objetivo de analisar a complexidade do fenômeno urbano. Para o autor, “o espaço urbanizado, que se identifica a partir do sítio, constitui o núcleo do sistema que mantém relações íntimas com o ambiente



regional imediato em que se insere”. Assim, para análise do clima urbano é de fundamental importância considerar as características do sítio urbano, espaço concreto no qual se assentam as cidades.

Frota e Schiffer (2003) destacam que as aglomerações urbanas não apresentam necessariamente as mesmas condições climáticas relativas ao ambiente circundante no qual estão inseridas, uma vez que essas diferenças relacionam-se com o tamanho e setores do espaço intraurbano, bem como pelas mudanças no sistema de drenagem do solo e pelo revestimento dessas áreas com superfícies de concreto e asfalto.

Além das variações de temperatura entre as cidades e o ambiente regional, observa-se que no espaço intraurbano também ocorrem variações térmicas significativas.

A definição de clima, segundo Mascaró (1996), é a feição característica e permanente do tempo, num lugar, em meio a suas infinitas variações. De acordo com Lynch (1980), a temperatura, a umidade, as precipitações, a nebulosidade, a velocidade, a insolação e a direção dos ventos atuam como condicionantes externos do clima geral.

Entende-se por fatores climáticos globais, segundo Romero (1988), os condicionantes que determinam e dão origem ao clima em seus aspectos mais gerais, e seriam esses: a radiação solar, a altitude, a latitude, a longitude, os ventos e as massas de terra e água. A origem do microclima está relacionada a fatores climáticos locais como topografia, vegetação e superfície do solo.

Um dos fatores que impulsionaram o surgimento de estudos relacionados ao clima urbano no Brasil foi a preocupação com a queda da qualidade ambiental das grandes cidades brasileiras, em meados de 1960. Cidades de pequeno, médio e grande porte foram objeto das investigações, a maioria delas localizadas na região centro-sul, onde na época se concentrava a maioria da produção industrial. Com o passar dos anos, houve uma relativa desconcentração industrial pelo território nacional, embora o Centro-Sul ainda concentre o maior parque industrial do país. Dentre os estudos que analisaram a questão do clima urbano destacam-

se os trabalhos de Gallego (1972), Monteiro (1976), Tarifa (1977), Fonzar (1981), Lombardo (1985) entre outros.

Destaca-se que a influência antrópica nas condições climáticas deve considerar a diferentes escalas de abordagem, como os níveis micro, meso e topoclimáticos. Para a realização deste trabalho a escala abordada será a microclimática, pois possibilita uma análise mais adequada sobre a influência dos jardins verticais nas variações climáticas.

### **3.2 URBANIZAÇÃO E IMPACTOS CLIMÁTICOS**

O acentuado processo de urbanização nas últimas décadas contribuiu para que diversos fatores interferissem na qualidade de vida da população urbana, entre eles os impactos ambientais causados pela impermeabilização do solo, a poluição atmosférica verificada com o advento da industrialização e a interferência no conforto térmico provocada pelas ilhas de calor.

Monteiro (2003) ao admitir uma visão sistêmica para o estudo do clima urbano ressalta que as entradas de energia nesse sistema são de natureza térmica, através da fonte primária de energia que é o Sol. Para melhor análise e compreensão do clima urbano o autor propõe a adoção de três canais de percepção que iniciam na atmosfera e desembocam na percepção do cidadão, que são: o termodinâmico, associado ao conforto térmico; o físico-químico, referente a qualidade do ar; e o hidrometeorológico, que se relaciona aos impactos meteorológicos. Enquanto o canal meteorológico tem como responsabilidade a natureza e o físico-químico tem como responsável o homem, o canal termodinâmico é resultante da relação homem-natureza. A importância desse canal é ressaltada por Monteiro (2003, p. 44) ao afirmar que

as componentes termodinâmicas do clima não só conduzem ao referencial básico para a ação do conforto térmico urbano como são, antes de tudo, a constituição do nível fundamental de resolução climática para onde convergem e se associam todas as outras componentes.

Ao analisar a evolução dos estudos do clima urbano no Brasil, Monteiro (2003) relata que a diminuição da qualidade do ar nas cidades, com o processo de

industrialização, foi o principal alerta para despertar o interesse de pesquisas na área. O autor afirma ainda que dos três campos de estudo do Sistema Clima Urbano, o termodinâmico foi aquele em que a maior parte dos estudos se desenvolveu.

Oke (1987) ressalta que o fenômeno da ilha de calor é o resultado das alterações dos parâmetros da superfície e da atmosfera oriundos da urbanização. Ainda segundo o autor, esta anormalidade térmica tem ocorrido em grande parte dos centros urbanos, sejam eles extensos ou não. De acordo com Landsberger (1981) a ocorrência do fenômeno é mais significativa com céu claro e com o ar em calma, com disposição a dissipar-se com tempo nublado e ventilado.

Estudos voltados para o conforto térmico indicam os fatores que interferem na formação da ilha de calor, dentre eles pode-se citar: redução do resfriamento, gerado pela diminuição da evaporação (causados pela diminuição das áreas verdes, impermeabilização do solo e transporte da água de chuva pela canalização), efeitos da transformação de energia no interior da cidade, geração de calor através de processos industriais, trânsito, habitações; além das propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais de pavimentação que absorvem energia durante o dia, e à noite emitem energia de onda longa, tendo como consequência o aumento da temperatura noturna (PEZZUTO, 2007).

Pesquisas realizadas por Oke (1982) vêm tratar do efeito da ilha de calor, onde há uma abordagem das características qualitativas do fenômeno e a forma como ele relaciona com aspectos urbanos e meteorológicos. Das características do local que interferem na formação das ilhas de calor destacam-se a localização geográfica, a topografia, a pedologia, a vegetação, o uso do solo e o tamanho da cidade. Soma-se a isso também a relevância dos parâmetros meteorológicos como o vento e a cobertura de nuvens.

As ilhas de calor representam um fenômeno significativo do clima urbano, tornando-se necessário para seu estudo o conhecimento sobre o uso do solo, os tipos de edificações, as propriedades térmicas dos materiais de construção, a morfologia e o tamanho da cidade, sua densidade populacional, as áreas verdes, entre outros. A rugosidade urbana favorecida por edificações em diferentes níveis

e com variados materiais com propriedades de difundir o calor em múltiplas direções possibilita a retenção de energia nas cidades, resultando no aumento da temperatura do ar nas áreas urbanas. (GARCIA, 1999).

A dinâmica climática da metrópole paulistana foi analisada por Lombardo (1985), que constatou variações de temperatura entre o centro da cidade e a área rural que chegaram a 10°C, sendo essa diferença verificada em condições de estabilidade, com céu claro e calma. Nesse contexto, diversos estudos foram realizados nas últimas décadas para verificar o comportamento térmico de cidades brasileiras, como os trabalhos de Cruz (1995), Martins (1996), Nodari (2000) e Caetano (2014).

Frota e Schiffer (2003) argumentam que as cidades também produzem calor através da instalação de grande quantidade de equipamentos termoelétricos e de combustão para atividades econômicas relacionadas à produção e transporte de mercadorias, bem como para deslocamento dos cidadãos. Além disso, a quantidade de radiação recebida pelas edificações existentes nas cidades varia em função das posições das edificações vizinhas, que podem servir como barreiras em relação ao sol ou ao vento.

Ao analisarem a complexidade térmica das cidades Tarifa e Armani (2001, p. 52) ressaltam que:

a superfície topológica dos prédios parece criar no seu arranjo volumétrico e espacial uma enorme variedade de diferenças. A distância entre blocos, a altura de cada edifício (rugosidade da superfície topológica), bem como a combinação com áreas verdes e diferentes altitudes possibilitam enormes diferenças de aquecimento e na emissividade térmica dessas unidades.

Discutindo a interferência do revestimento do solo nas condições climáticas locais Frota e Schiffer (2003, p. 60) salientam que “quanto maior for a umidade do solo, maior será a sua condutibilidade térmica”, de modo que um solo com baixa umidade irá se aquecer e se resfriar rapidamente, favorecendo uma grande amplitude térmica diária. Assim,

os materiais de revestimento do solo, não só nos calçamentos das ruas, mas das edificações, alteram sobremaneira as condições de porosidade, e conseqüentemente, de drenagem do solo, acarretando alterações na umidade e pluviosidade locais; (FROTA e SCHIFFER, 2003, p. 62).

Observa-se através desses apontamentos que as cidades apresentam grande influência na variação do campo térmico, tendo como consequência a formação de uma dinâmica climática própria nos espaços urbanos.

Nesse contexto, o acelerado processo de urbanização vem promovendo mudanças bruscas nas características do meio natural, gerando, diversas vezes, em alterações prejudiciais ao meio ambiente e ao homem. Em relação ao clima urbano, notam-se alterações climáticas significativas oriundas do processo de urbanização. O processo de urbanização vem interferir nas mais diversas formas de variáveis climáticas, tais como a radiação solar, a umidade relativa do ar, a precipitação, a nebulosidade, os ventos. Além disso, o espaço urbano favorece a ocorrência de ilhas de calor, da neblina e da inversão térmica oriundos das atividades antrópicas (PEZZUTO, 2007).

As cidades que possuem clima tropical possuem certas propriedades do clima urbano, consideradas prejudiciais, que irão acarretar os seguintes problemas:

- Aumento da temperatura do ar e diminuição da umidade relativa, produzindo uma condição de *stress bioclimático*;
- Aumento do consumo energético para o resfriamento artificial dos edifícios, sem contudo solucionar o problema de conforto térmico de modo geral;
- Aumento da incidência de tempestades sobre os centros urbanos, resultando grandes danos sociais e materiais;
- A concentração da poluição do ar e a diminuição da ventilação natural pelo aumento da rugosidade da superfície terrestre (PEZZUTO, 2007, p.11 e 12).

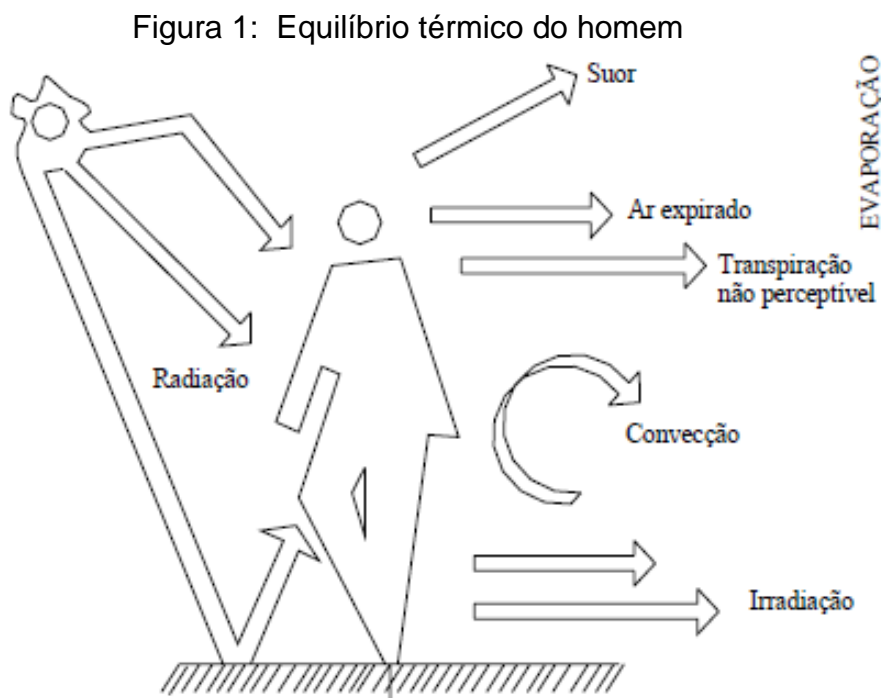
Inseridos neste contexto, a ciência dos fatores climáticos, somados as distinções da área, tais como topografia, corpos hídricos, presença de cobertura vegetal, característica do solo, entre outros é de fundamental importância a criação de orientações urbanísticas que busquem na constante melhoria das condições climáticas nos meios urbanos.

### 3.3 CONFORTO TÉRMICO

Segundo Paula (2004) a temperatura do ar, a umidade relativa, a temperatura radiante e a movimentação do ar vêm influenciar na sensação térmica do homem. O ser humano é homeotérmico, isso quer dizer que a temperatura corpórea se mantém num valor quase constante, buscando um equilíbrio próximo de 37°C.

O corpo humano possui ainda um mecanismo de termorregulação que lhe possibilita adaptar-se às diferentes temperaturas que ocorrem no clima, agindo nos organismos através do controle das perdas e ganhos de calor, o que por sua vez representa um esforço extra e, sendo assim, uma propensão na diminuição da potencialidade de trabalho (SHIFFER, 2001).

Com a finalidade de se estabelecer um equilíbrio com o meio e manter sua temperatura interna em torno de 37°C ocorrem vários processos de trocas térmicas entre o homem e o meio ambiente (evaporação, condução, radiação e convecção). A figura 01 representa alguns destes processos:



O conforto e balanço térmico do corpo humano estão em consonância com a sensação de bem-estar térmico e esta, por sua vez, depende da intensidade de atuação do sistema termorregulador na manutenção do equilíbrio térmico. Isso quer dizer que, quanto maior for o gasto energético desse sistema para conservar a temperatura corpórea interna, maior será a sensação de desconforto (RUAS, 1999). Ainda segundo o autor, as trocas entre o corpo humano e o ambiente podem ser expressas pela equação:

$$C_{\text{met}} + C_{\text{conv}} + C_{\text{rad}} - C_{\text{ev}} = \pm Q$$

Onde:

$C_{\text{met}}$  - Parcela da energia metabólica transformada em calor ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$C_{\text{conv}}$  - Calor trocado por convecção ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$C_{\text{rad}}$  - Calor trocado por radiação ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$C_{\text{ev}}$  - Calor perdido por evaporação do suor ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$Q$  - Calor total trocado pelo corpo ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

Na equação acima, se o valor de  $Q$  for igual à zero, o corpo estará em equilíbrio térmico com o ambiente, desta forma, ele terá a sensação de conforto térmico.

Lechner (1990) destaca que para atingir o conforto térmico devemos nos atentar não só para os mecanismos de dissipação de calor do corpo humano, necessita-se compreender também os quatro fatores ambientais que podem gerar a perda de calor: a temperatura do ar, a umidade relativa, a velocidade do ar e a temperatura radiante média do meio. Alguns desses temas serão abordados adiante, tais como a temperatura do ar e a umidade relativa, parâmetros de suma importância para o estudo proposto.

Outros fatores, além dos ambientais, vão influenciar no trabalho do sistema termorregulador, bem como na sensação de conforto térmico, como os fatores pessoais relacionados à vestimenta e à atividade desenvolvida. Também se devem levar em conta outros fatores que influenciam na sensação subjetiva de conforto térmico, como a aclimatação, idade e sexo do indivíduo.

## **A) Fatores pessoais**

- Vestimenta

Segundo Shiffer (2001), a roupa, dependendo do seu material, pode dificultar a troca de calor do corpo com o meio, ao agir como empecilho ao movimento do ar junto à pele, abrandando assim as trocas térmicas por convecção.

A quantidade de evaporação do suor muda de acordo com a permeabilidade da roupa. A vestimenta ao intervir na permuta térmica por radiação depende principalmente da emissividade e absorvância de radiação da vestimenta e da amplitude de onda da radiação. Para a radiação de onda longa, a emissividade é igual a absorvância. Já para a radiação solar, de onda curta, a absorvância vai depender da pigmentação da pele e da tonalidade de cor da roupa, sendo mais elevada para tonalidades escuras (RUAS, 1999).

- Atividade física

A atividade ou o exercício físico desenvolvido pela pessoa é decisivo para a quantidade de calor metabólico produzido, a qual implicará em maior ou menor grau o equilíbrio térmico do corpo humano com o meio inserido. A quantidade de calor gerada aumenta conforme o esforço físico executado. (RUAS, 1999).

## **B) Outros fatores**

Além dos fatores citados acima, existem outros fatores, que influenciam no conforto térmico, mas que são de difícil quantificação.

O período em que o corpo humano requer para se ajustar a uma mudança de estação pode ser de até trinta dias. Esse processo é conhecido como



aclimatação. Com um tempo maior, o indivíduo poderá preferir as novas condições climáticas as quais já se adaptou (SHIFFER, 2001).

O metabolismo é outro fator que influencia no conforto térmico, tendo em vista que as pessoas mais idosas e as mulheres possuem um metabolismo mais lento quando comparado aos jovens e aos homens. Devido a isso as pessoas com metabolismo mais lento normalmente sentem-se melhor em temperaturas um pouco mais elevadas.

Outros fatores que podem influenciar individualmente na sensação de conforto são a forma do corpo, isto é, a relação superfície/volume e o estado de saúde dos indivíduos (RUAS, 1999).

### **3.4 A VEGETAÇÃO E O CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE URBANO**

As cidades diferem-se umas das outras, contudo elas apresentam alguns elementos comuns entre si, como as zonas residenciais, comerciais e industriais, o sistema viário, as praças de convivência e espaços livres. Com o desenvolvimento dos centros urbanos, as áreas construídas se expandem, avançando para espaços pertencentes antes à vegetação.

Ao se retirar a cobertura vegetal optando pela pavimentação e pelas construções observam-se alguns problemas tanto para a saúde física quanto mental dos habitantes, como o desconforto visual e o estresse que repercute na salubridade das populações urbanas (ROMERO, 1988). A partir da observação desse fenômeno, passou a se desenvolver muitos estudos sobre as modificações nos ambientes dos centros populacionais e a influência da vegetação neste contexto.

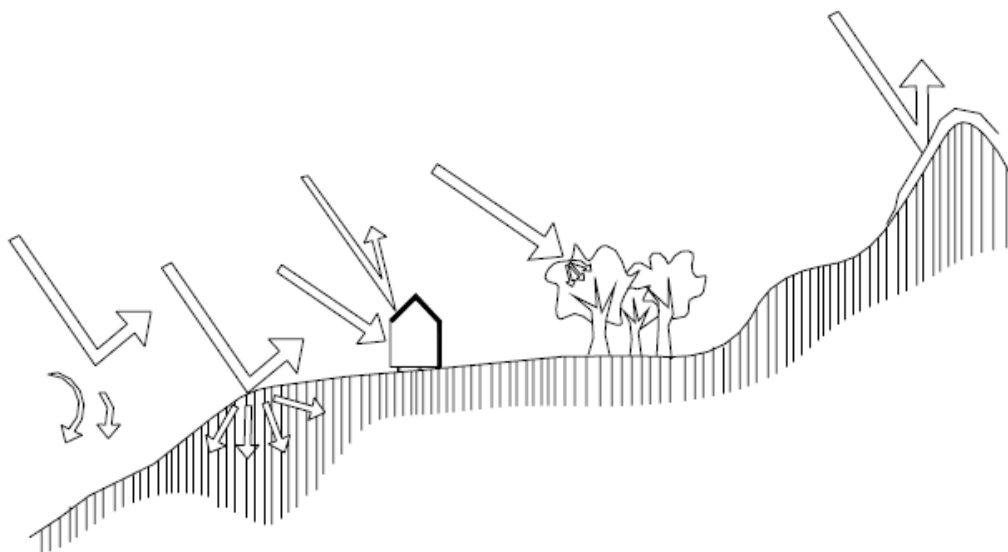
Paula (2004) aborda como exemplo o estudo realizado por Lombardo (1985), onde ficou comprovado, para ao município de São Paulo, a existência de uma interdependência entre os diferentes tipos de solo urbano e a alteração das temperaturas superficiais. As áreas de maior densidade demográfica apresentaram as temperaturas mais elevadas, agravando-se devido a pouca vegetação encontrada nesses locais. Por sua vez, regiões que apresentaram maior quantidade de espaços livres, com maior presença de vegetação ou

próximas a reservatórios de água, apresentam uma queda acentuada de temperatura. Isto se deve ao fato da água interferir no balanço de energia graças à sua elevada capacidade térmica e pelo consumo de calor latente pela evaporação. Além disso, a maior quantidade de vegetação também vem influenciar no microclima ao mudar o balanço de energia local, uma vez que as plantas assimilam a radiação solar por meio dos processos de transpiração e fotossíntese.

Através dos estudos de Izard et al (1983) *apud* Paula (2004), pode-se inferir alguns efeitos particulares oriundos da vegetação, como por exemplo o umedecimento do ar obtido através do envio de vapor d'água gerados pelas folhas, proteção contra fortes ventos, o efeito acústico sobre os ambientes e a porção das radiações de curto e grande comprimento de onda.

Na Figura 02 observa-se o comportamento dos diferentes tipos de materiais em relação à absorção, reflexão e transmissão de radiação solar, permitindo compreender a relação da radiação com a vegetação.

Figura 2: Absorção, reflexão e transmissão da radiação no meio ambiente.

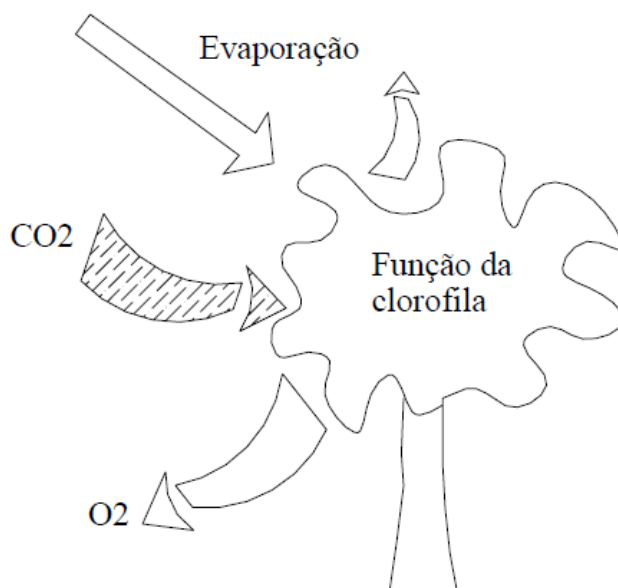


Fonte: Bueno (1998) p.34.

Na imagem, verifica-se que a vegetação se comporta de maneira diferente dos demais meios, uma vez que toda a radiação solar que chega à sua superfície é absorvida através dos processos de transpiração e fotossíntese.

De acordo com Furtado (1994), valer-se da vegetação como fonte de sombreamento possibilita não só economizar energia, mas também cria-se espaços externos aprazíveis às práticas de lazer e contemplação humana. A vegetação vem agir também por meio do resfriamento passivo a partir de dois mecanismos: o sombreamento lançado pelas plantas diminui a conversão de energia radiante em calor sensível, que através desta vem a diminuir as temperaturas da superfície dos objetos que por elas foram sombreados; a evapotranspiração da superfície da folha vem resultar num resfriamento da folha e do ar ao passar pela sua superfície, devido à troca de calor latente (Figura 03).

Figura 3: Efeito da oxigenação pela vegetação.



Fonte: Izard et al (1983, p.46).

No estudo realizado por Barbosa et al (2003), foram aferidos parâmetros de variáveis climáticas nos centros urbanos da cidade de Maceió-AL, em locais que possuía áreas verdes e outro em áreas desprovidas de vegetação. Observa-

se nos resultados que a presença da vegetação influenciou nos valores da temperatura, da umidade relativa do ar e da direção dos fluxos de ventos, de modo a contribuir de forma significativa no microclima e favorecendo o conforto térmico sentido por seus habitantes, confirmando o impacto positivo da vegetação urbana na melhoria das condições climáticas.

### **3.5 VARIÁVEIS QUE INTEGRAM E CARACTERIZAM O CLIMA**

Diversas variáveis integram as condições climáticas de determinado local, tais como a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a radiação solar, a incidência de ventos, entre outros. Para análise pretendida neste trabalho, considera-se que as variáveis mais representativas para avaliar a influência do jardim vertical no microclima são a temperatura do ar e a umidade relativa do ar. Diversos trabalhos utilizam esses dois fatores (temperatura e umidade) na análise do microclima, tais como Castro (1999), Barbosa et al (2003) e Caetano (2014).

#### **3.5.1 TEMPERATURA DO AR**

A temperatura do ar é um parâmetro meteorológico de suma importância. Em todo o globo terrestre esse parâmetro está suscetível a grandes extremos e mudanças repentinas, interferindo de forma direta nos seres humanos, plantas e animais que são sensíveis a ela. A temperatura do ar representa assim um importante fator que influencia nas condições de vida e na produtividade dos solos em diferentes partes da terra.

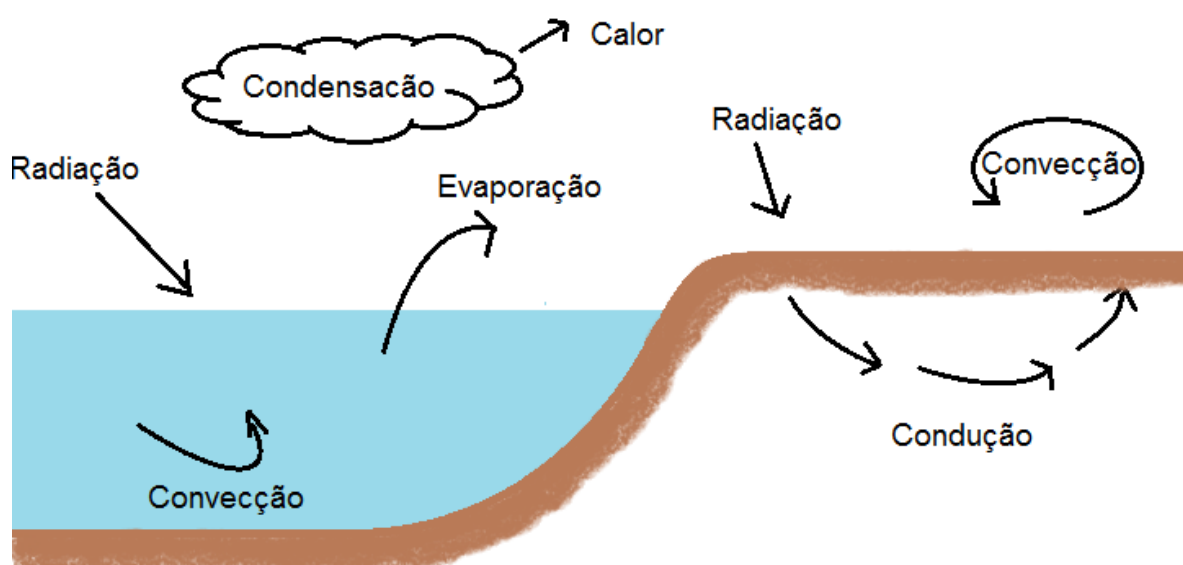
Farias (1984) afirma que a temperatura é a condição que causa fluxos de calor de um material para outro. O fluxo de calor move-se de um corpo com temperatura mais elevada para um corpo com temperatura mais branda. Esta condição de deslocamento do fluxo de calor está baseada na tendência dos corpos em conservar a estabilidade ou equilíbrio térmico.

As diferenças de temperatura na superfície terrestre se dão por vários fatores: a distribuição das correntes marítimas, da topografia, da natureza da

superfície (albedo), dos ventos predominantes; a diferença de radiação que entra e que sai da superfície ou corpo; sua conversão em calor latente ou sensível e também pelas variadas taxas de resfriamento e aquecimento da superfície (CASTRO, 1999).

De acordo com Ayoade (1996), o modelo de alteração da temperatura média do ar na superfície tem como fator de transformação a incidência da radiação solar na superfície terrestre e a maneira como esse calor é transmitido. (Figura 04).

Figura 4: Transmissão de calor no meio.



Fonte: Modificado de Bardou et al, (1980).

A forma como a temperatura se comporta na superfície terrestre é bem distinta, variando no sentido dos Polos a partir da linha do Equador, comprovando assim o papel que a latitude exerce no nosso planeta. Há também a variação da mesma ao longo das estações, ao mudar o ângulo de inclinação de incidência dos raios solares. Na região dos Trópicos, onde se encontra o Brasil, tem-se a propensão de uma maior homogeneidade térmica, com elevadas temperaturas no verão, devido ao maior volume de insolação nesse período, já no inverno as

temperaturas são menores por consequência de uma menor recepção da insolação (FARIAS, 1984).

De acordo com Ayoade (1996) há uma alteração da temperatura ao longo das vinte e quatro horas, que varia de acordo com o período do dia. Onde as temperaturas no começo da manhã e no fim da tarde são menores do que as temperaturas medidas no meio do dia. Isso ocorre devido ao aquecimento da superfície em função do ângulo que a radiação incide e da espessura da camada atmosférica que deve ser transpassada por ela.

### **3.5.2 UMIDADE ATMOSFÉRICA**

A umidade atmosférica é outro parâmetro ambiental estudado nesse trabalho, considerado um importante elemento atmosférico que compõe o clima. Sua determinação se deve por alguns fatores climáticos e também age regulando alguns outros, como por exemplo, as variações que ocorrem na temperatura em virtude dela. Em suma, entende-se por umidade do ar, como sendo quantidade de moléculas de água presente no ar atmosfera em forma de vapor, ou seja, o quanto o ar que respiramos está úmido, interferindo não só no clima, mas também na saúde dos homens e animais.

Segundo Ayoade (1996) a umidade atmosférica representa apenas 2% de massa total da atmosfera e 4% do seu volume, sendo o vapor d'água um componente importante na definição do clima e do tempo.

De acordo com Geiger (1961) *apud* Castro (1999), entende-se por vapor d'água como sendo a origem de todas as formas de condensação e precipitação. O vapor d'água tem a capacidade de absorver a radiação terrestre, assim como a radiação solar. Em particular ela exerce uma grande implicação sobre a temperatura do ar. Ao condensar, o vapor d'água libera calor latente e este é importante como fonte energética para a circulação atmosférica, modificando a estabilidade do ar.

A quantidade de vapor d'água no ar é importante fator que influencia nas taxas de evaporação e evapotranspiração, sendo assim, é fundamental para

determinar a temperatura sentida pelo organismo humano, influenciando diretamente no conforto térmico sentido pelo indivíduo.

### **3.6 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA ARQUITETURA VERDE SUSTENTÁVEL**

De acordo com Caetano (2014), o aparecimento das atuais configurações tecnológicas dos muros verdes situa-se em um contexto histórico da Europa com os estudos de Patrick Blanc, idealizador e dono da patente do jardim vertical. Naquele momento, a percepção do ambiente construído passava por grandes transformações, devido a uma maior preocupação com a qualidade ambiental e ecológica nas cidades.

Entende-se por muros verdes como sendo as diferentes tecnologias que existem para se fazer um jardim na posição vertical, podendo ser em forma de trepadeira, ou plantada em compartimentos de diferentes níveis cobrindo a parede com uma densa camada foliar oriundas das espécies de plantas ali presentes (PAULA, 2014).

Como parte de um forte movimento pró-natureza que teve início na Alemanha, durante as décadas de 1970 a 1980, as pesquisas sobre novas formas de somar a vegetação ao ambiente construído proporcionaram o redescobrimto e adaptação tecnológica das paredes verdes, antes utilizadas somente como uma estratégia de melhoria estética das residências (KÖHLER, 2008).

Neste processo, a tecnologia foi velozmente adaptada para tirar proveito das benfeitorias ambientais da vegetação. De início, os sistemas de coberturas verdes (entende-se por coberturas verdes como sendo toda espécie vegetação que compõe a natureza, seja ela arbórea ou na forma de gramínea) tiveram suas pesquisas antes dos muros verdes. Porém, os estudos mais atuais têm se concentrado nos jardins verticais, com indícios de que esta configuração supera sob muitos aspectos os benefícios ambientais das coberturas verdes. (DUNNETT et al 2008).

De acordo com Caetano (2014), a configuração vertical dos muros verdes

possibilita um Índice de Área Foliar (IAF) por metro quadrado de solo muito maior do que o alcançado com as coberturas verdes, aumentando assim os benefícios da vegetação. Por meio destas vantagens, atualmente diversos pesquisadores ao redor do mundo têm despertado interesse pela tecnologia, buscando realizar uma caracterização funcional mais precisa das diferentes conformações do sistema, em diferentes condições climáticas, principalmente no que diz respeito ao seu potencial para o condicionamento térmico passivo das edificações.

### **3.7 ESTUDOS SOBRE AMENIZAÇÃO CLIMÁTICA DOS JARDINS VERTICAIS**

Os primeiros estudos sobre o comportamento térmico dos sistemas de jardins verticais foram na Europa, porém atualmente podem ser vistas em diversas regiões de clima subtropical e tropical. Em Singapura, por exemplo, Wong et al (2009) realizaram uma pesquisa com a finalidade de analisar a eficiência termoacústica de diversas tipologias de muros verdes, num programa de governo que visava a recuperação da vegetação urbana. Segundo os autores, dentre os resultados encontrados, comprovou-se redução na temperatura superficial do muro de até 11,58 °C. No entanto, os resultados de isolamento acústico não obtiveram resultados tão favoráveis.

De acordo com Caetano (1986), estudo feito na Grécia, com utilização de parede revestida com trepadeiras, constatou uma diminuição de 5,7°C na média térmica superficial. Na Espanha, outro estudo identificou um declínio de 5,5°C na temperatura superficial de um muro com revestimento de trepadeiras em treliças. No Brasil, em anuência com os resultados obtidos na Grécia e na Espanha, estudo demonstrou uma atenuação de 1,2°C no comportamento térmico de um edifício coberto com trepadeiras.

Todavia, apesar de tais modelos aceitarem uma rápida quantificação preliminar do efeito do jardim vertical, outros autores assinalam que muitas vezes os modelos desenvolvidos não representam a realidade da tecnologia, pois os mesmos não consideram os fatores envolvidos no balanço energético das plantas. Holm (1989) tratou deste assunto, ao afirmar que “uma das principais limitações



dos modelos com vegetação reside no fato de não somar-se ao processo o efeito da evapotranspiração das plantas, o qual pode corresponder a 30 % das trocas de calor nas folhas”.

Apesar disto, mesmo os modelos que não contêm uma parte de resfriamento proveniente evaporação das plantas em sua composição, ainda obtiveram bons resultados de abrandamento térmico, evidenciando uma contribuição com efeito de isolamento térmico da camada superficial das folhas. Na década de 1980, Holm (1989) já havia comprovado que a superfície das folhas chegam a refletir até 18% da radiação solar, absorve 64% e reflete para o meio 18%.

Em consentimento com os resultados citados acima, Perini et al (2011), também demonstraram através de experimentos que “a velocidade do ar dentro da folhagem de um muro verde tende a zero”, tornando o mesmo um bom isolante térmico. Soma-se ainda à proteção física da alvenaria, agindo na atenuação dos ventos diretos, contribuindo para que não haja uma interferência relevante do meio externo.

### **3.8 PROJETO DE CONCEPÇÃO DO JARDIM VERTICAL DO CEFET MG**

O jardim vertical construído possui duas placas: a de manta geotêxtil, conhecido como bidim, e uma ao invés de duas de feltro. Quanto ao número de bolsos e portanto mudas, as duas placas totalizaram 120 espécies, sendo 72 mudas na placa 1 e 48 na placa 2.

Para a montagem do jardim vertical, usou 2 placas medindo 1m x 2m, sendo uma de compensado resignado (placa 1) e as outras chapa ecológica placas 2, totalizando uma área de 4m<sup>2</sup>. A placa 1 foi feita com 6 bolsos na horizontal e 12 na vertical, totalizando 72 bolsos, portanto 72 mudas.

Na placa 1, o material utilizado na confecção dos bolsos é a manta geotêxtil, conhecido como bidim. Na placa 2 as dimensões dos bolsos foram diferentes tendo cada uma 4 bolsos na horizontal e 12 bolsos na vertical, totalizando 48 bolsos para o plantio de 48 mudas. Na placa 2, o material utilizado para a confecção dos bolsos foi o feltro, como visto na figura 5.

Figura 5: Placa 1 de compensado resignado com bolsos de Bidim a esquerda e Placa 2 de Chapa Ecológica com bolsos de Feltro a direita



Fonte: Arquivo pessoal da discente Ingrid Resende

Placa 1: Espécies de plantas utilizadas na Placa 1.

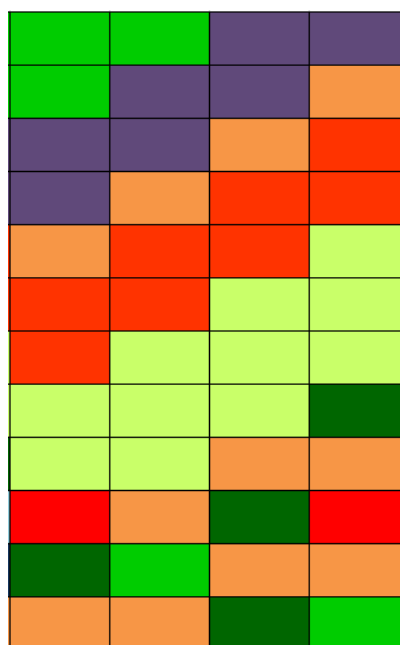
Espécies utilizadas na Placa 1:	Número de mudas:
Beterraba	10
Hortelã	5
Manjericão	14
Alface	15
Rabanete	6
Alecrim	15
Cebolinha	12
Total de mudas:	72

Placa 2: Espécies de plantas utilizadas na Placa 2.


Espécies utilizadas na Placa 2:	Número de mudas:
Russélia	8
Aspargo	9
Lambari Roxo	6
Samambaia Americana	8
Barba de Serpente	8
Renda Portuguesa	9
Total de mudas:	48


O resultado final do processo de design do sistema se encontra na figura 15, com as espécies definidas na placa 2, como pode-se ver de acordo com a legenda da imagem. Verificar o croqui do projeto no anexo 1.


Figura 6 - Aspecto final da placa 2.





Legenda:


 Barba-de-serpente

 Samambaia americana

 Aspargo

 Lambari-roxo

 Russélia

 Renda Portuguesa

Fonte: Próprio Autor

As espécies de mudas que foram plantadas na placa 1 são do tipo hortaliças. A princípio o jardim seria composto apenas por espécies de plantas ornamentais, que contam com apelo estético, porém surgiu a necessidade de modificar o projeto inicial, passando para espécies alimentícias, ou seja, horticultura. Sendo assim espécies como alface, alecrim, hortelã entre outras substituíram as espécies escolhidas no projeto da placa 1.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 AMBIENTE URBANO DE BELO HORIZONTE**

Tendo em vista que o objeto da pesquisa localiza-se no espaço urbano de Belo Horizonte, realiza-se neste momento uma breve contextualização da cidade em aspectos relacionados à temática da pesquisa, bem como se caracteriza a área do estudo onde se instalou o jardim vertical, no Campus I do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-MG).

#### **4.1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS**

O município de Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, está localizado na região central do estado, tendo suas coordenadas geográficas do ponto central onde se localiza a praça sete, situadas no paralelo 19°49'01" sul e no meridiano 43°57'21" oeste. A área do município, segundo IBGE (2010) é de 330,95 km<sup>2</sup>. As cidades que fazem fronteira com o município e também integram a região metropolitana são: Nova Lima e Brumadinho ao sul; Sabará e Santa Luzia ao leste; Santa Luzia e Vespasiano ao norte; e Ribeirão das Neves, Contagem e Ibirité ao oeste. A sede da capital mineira encontra-se a uma altitude média de 852,19 metros (IBGE, 2010).

Belo Horizonte está inserida na maior região metropolitana do estado de Minas Gerais e a terceira maior do país, em termos de população e importância

industrial, com uma população estimada para 2015 de 2.502.557 habitantes. A região metropolitana de Belo Horizonte engloba 34 municípios, onde residem aproximadamente 25% da população do estado (IBGE, 2010).

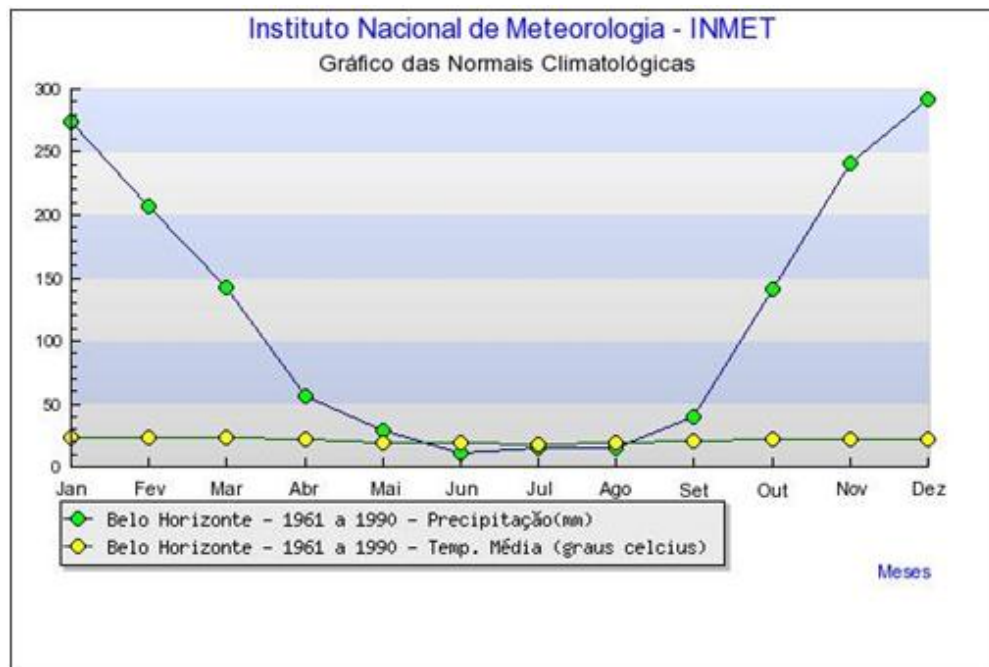
#### **4.1.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS**

Quanto à classificação climática, Belo Horizonte é considerada como de clima Tropical de Altitude, tendo verão com chuvas e temperaturas elevadas e inverno com baixas temperaturas e pouca precipitação. De acordo com a Köppen et al (1928) a classificação do clima é Cwa: clima temperado húmido com inverno seco e verão quente. A temperatura média em Belo Horizonte é 20,5°C, com as médias térmicas variando de 18°C a 23°C durante o ano. A pluviosidade média anual é de 1430 (mm).

O índice pluviométrico da capital mineira é superior 1400 milímetros anuais (mm), onde a precipitação é mais frequente nos meses de outubro a março, sendo dezembro o mês de maior precipitação 292 (mm). A umidade média relativa do ar fica em torno de 72%. Através dos dados obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foi possível ter acesso a documentos climatológicos de Belo Horizonte, e compará-los. Com isso no ano de 1986, a menor temperatura registrada em Belo Horizonte foi de 3,1°C, medida no bairro Santo Agostinho, no dia primeiro de junho de 1979, e a maior temperatura já registrada aconteceu em 22 de outubro de 2015 e atingiu 37,4°C. O maior volume acumulado de precipitação foi em 14 de fevereiro de 1978, quando se mediu um valor de 164,2 mm, já o maior acumulado mensal foi de 781,6 (mm) em janeiro de 2003. O menor índice de umidade relativa do ar foi de 10% foi registrado em 12 de outubro de 2014.

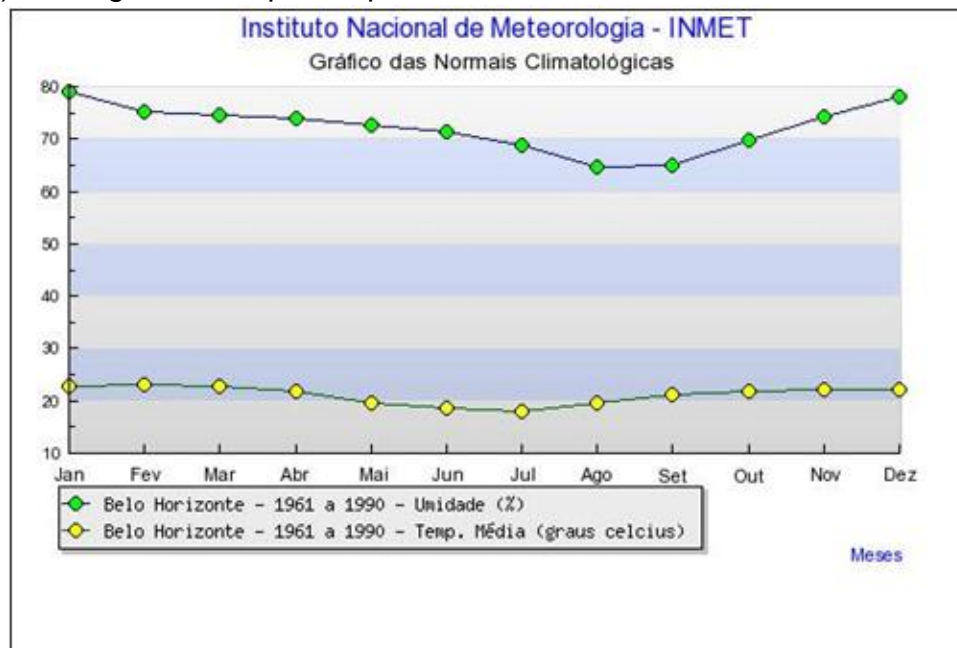
Os gráficos (figuras 07, 08, 09) a seguir revelam as médias históricas obtidas no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) de precipitação, umidade relativa e temperatura média, obtidas entre os anos de 1961 e 1990. Já na figura 10 apresenta uma tabela com os mesmos parâmetros que os dos gráficos, porém com dados mais atualizados, aferidos nos anos de 2006 a 2016.

Figura 7: Gráfico da precipitação média em (mm) e temperatura média (em graus celsius) ao longo do ano, para o período de 1961 e 1990.



Fonte: INMET, (2016).

Figura 8: Gráfico umidade relativa em (%) e temperatura média mensal (em graus celsius) ao longo do ano, para o período de 1961 e 1990.



Fonte: INMET, 2016.

Figura 9: Gráfico de temperatura média mensal (°C) ao longo do ano, para o período de 1961 e 1990.

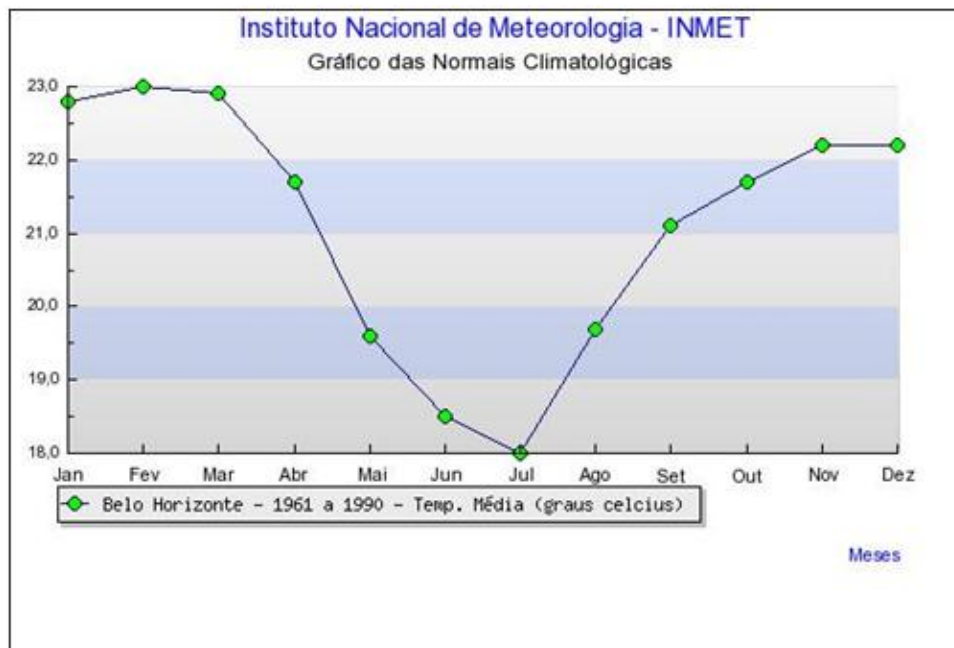


Figura 10: Dados climáticos de Belo Horizonte, 2006 a 2016.

Meses	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Temperatura máxima média (°C)	27,8	28,4	28,0	27,2	25,7	24,8	24,9	26,5	27,5	28,2	27,5	27,5
Temperatura mínima média (°C)	20,0	20,2	19,9	19,1	16,8	15,5	15,2	16,4	17,4	19,0	19,0	19,5
Umidade relativa do ar (%)	71	67	69	66	62	61	57	53	55	59	68	72
Número de dias com chuva	18	12	16	8	3	2	2	1	5	10	15	21
Precipitação mensal total (mm)	353	187	216	83	20	10	6	11	59	116	250	430
Notas:	1. A temperatura mínima chega a 10°C nos meses de maio a julho. 2. A umidade relativa do ar chega a valores críticos menores que 20% nos meses de junho e julho. 3. Média dos últimos 10 anos.											

Fonte: INMET, (2016).

#### 4.1.3 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O campus I está localizado na Av. Amazonas número 5253, no bairro Nova Suíça, região Oeste da cidade de Belo Horizonte. Esta região é bastante diversificada em termos de uso e ocupação do solo, sendo, portanto, adequada ao estudo da escala climática (microclima) arremetida neste trabalho, como pode se ver na figura 11. Para a realização do trabalho foram aferidos os parâmetros temperatura do ar e a umidade relativa do ar, no jardim vertical instalado no



Campus I no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), próximo ao hall principal, ao lado da cantina.

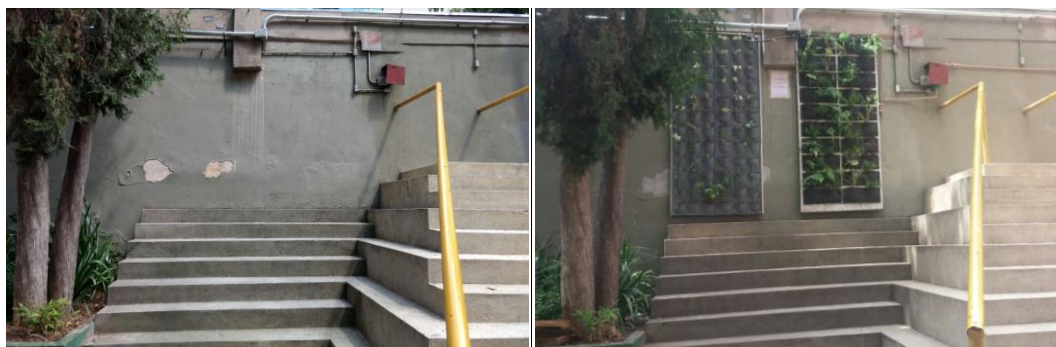
Figura 11: CEFET-MG, Campus I, Belo Horizonte, MG.



Fonte: Google Earth, (2016).

A imagem de satélite acima mostra a localização do Campus I, em vista superior, obtida junto ao Google Earth em maio de 2016. Na figura 12, nota se a diferença do local com a comparação do antes e o depois da instalação.

Figura 12: Foto do local onde o jardim vertical foi construído no Campus I, CEFET-MG, com o antes e o depois da instalação.



Fonte: Próprio Autor

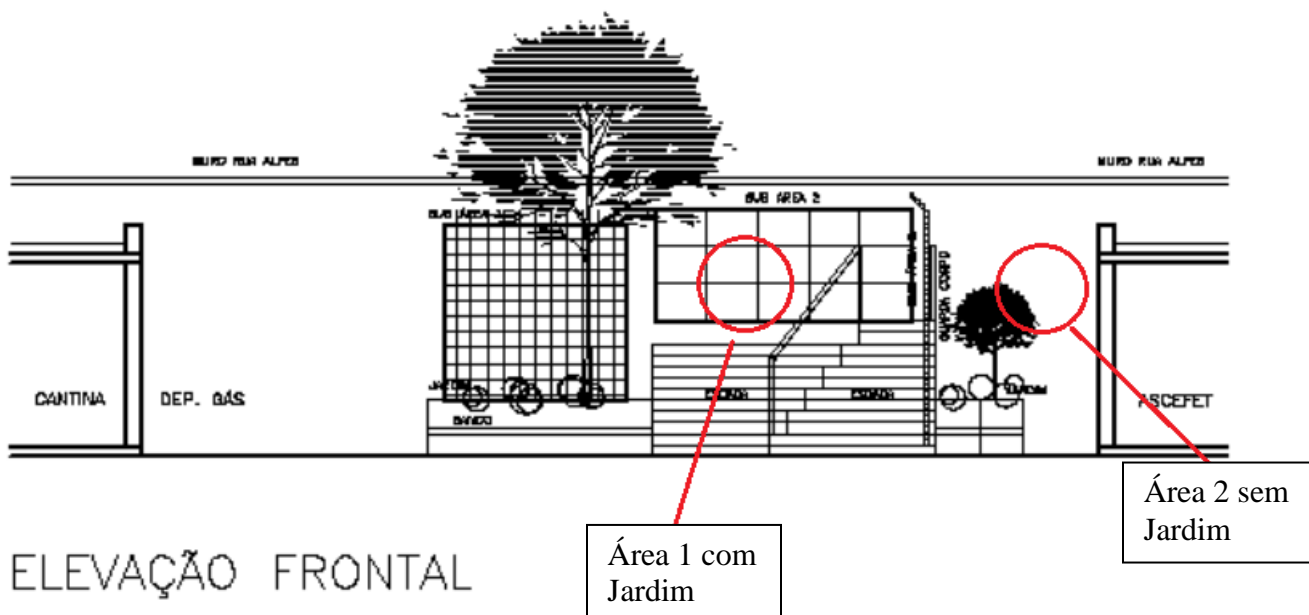


## 4.2 SELEÇÃO DOS LOCAIS DE MEDIÇÃO

A escolha dos locais de medição se baseou nas seguintes justificativas:

- A localização favorável do jardim vertical e a disposição do sistema de amostragem, que permitisse a realização das medições;
- Por se encontrar dentro da instituição CEFET-MG, a acessibilidade ao sistema de amostragem se torna mais fácil do se fosse aferido em outro local;
- Segurança dos equipamentos, principalmente quanta a interferência de terceiros;
- Seleção de dois locais distintos um onde possui o jardim vertical, e a outra sem tal tecnologia, com o propósito de mensurar a diferença entre os parâmetros, como pode ser visto nas figuras 13 e 14.

Figura 13: Projeto do Jardim Vertical com as duas áreas de medição, Elevação Frontal.



Fonte: Levantamento e desenvolvimento no CAD realizado pelos alunos Bernardo Mafra, com apoio do prof. João Maurício Goulart.

Figura 14: Locais onde foram aferidas a temperatura e umidade do ar



Fonte: Próprio Autor.

Para aferição da temperatura e umidade foi estabelecido um padrão de metragem para posicionamento do instrumento de medição nas duas áreas. O aparelho de medição foi posicionado a uma altura 1,20m a partir solo e a distância do aparelho foi de 30 cm do jardim vertical ou do muro, a distancia entre as áreas é de 1,30 m.

### 4.3 INSTRUMENTO UTILIZADO NAS MEDIÇÕES

O instrumento utilizado para a coleta dos dados foi um Termo-Higrômetro Portátil - AK630, a fim de se obter dados referentes à umidade relativa e temperatura ambiente..

O equipamento Termo-Higrômetro responsável pela leitura dos dados, é portátil facilitando a coleta dos dados se comparado a outros aparelhos que tem de ser fixados, como o Testotestor 1752, utilizado em outros trabalhos. Outra vantagem apresentada pelo aparelho é a capacidade de medir os parâmetros temperatura e umidade simultaneamente.

Dentre as especificações apresentadas pelo aparelho Termo-Higrômetro Portátil - AK630, mede a temperatura: -20 a 70°C (exatidão  $\pm 1^\circ\text{C}$ ) e com relação ao parâmetro umidade, tem a capacidade de aferir: 0 a 100%UR, com uma exatidão  $\pm 3\%UR$ . (Figura 16):

Figura 15: Aparelho utilizado para fazer as aferições dos parâmetros.



Fonte: <http://www.lojainstrusul.com.br/produto/termo-higrometro-portatil-ak630-19201>, (2016).

#### 4.4 PARÂMETROS ANALISADOS

Após a revisão bibliográfica da pesquisa, optou-se por analisar os parâmetros ambientais temperatura e umidade relativa do ar, pois diversos pesquisadores trabalharam com esses dois parâmetros, como os autores Caetano (2014), Castro (1999) e Paula (2004), que chegaram à conclusão de que a temperatura e a umidade influenciam de forma direta no microclima, como visto na tabela 1.

Tabela 1: Metodologias aplicadas em dissertações de mestrado

Autores	Título	Períodos de medição
Roberta Zakia Rigitano de Paula	A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído	Duas fases: - 29/10/2003 a 12/11/2003 - 03/05/2004 a 24/05/2004
Claudia Cotrim Pezzuto	Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos: estudo de caso em Campinas, SP	Duas fases: - 28/07/2004 a 08/09/2004. - 01/03/2005 a 10/03/2005.
Larissa Lemos Fonseca de Lima e Castro	Estudo de parâmetros de conforto térmicos em áreas inseridas no ambiente urbano de Campinas	Dias: - 16, 18 e 27 de março/1998 - 03 e 04 de abril/1998.
Fernando Durso Neves Caetano	Influência de muros vivos sobre o desempenho térmico de edifícios	3 meses: 13/10/2013 a 10/01/2014.

Fonte: Próprio Autor.

Após analisar a metodologia utilizada pelos autores que trabalharam com a temática semelhante ao estudo, optou-se por fazer aferição dos parâmetros nos dias 09, 10 e 11 de novembro de 2016. Foram feitas três medições diárias, às 9h, 12h e 15h, totalizando 9 coletas de cada parâmetro nos diferentes dias.

#### 4.5 DESCRIÇÃO DO JARDIM VERTICAL

Nos jardins verticais, as espécies que foram adotadas caracterizam o item de maior interesse tecnológico do sistema, influenciando na estética do mesmo e na sua funcionalidade. Sendo assim, uma seleção de plantas adequadas à localidade de implantação do muro verde se fez necessária no planejamento.

Dunnet et al (2008) argumentam que um dos aspectos que deve ser levado em consideração é a resistência ambiental da espécie ao meio externo, isto porque, os muros verdes apresentam uma configuração vertical, aumentando a velocidade do escoamento da irrigação, além de estarem expostas a fortes ventos. Por estar plantada numa área reduzida há o risco de um menor desenvolvimento radicular da planta, que poderá leva-la a um ressecamento e até mesmo morte das

espécies, principalmente em regiões de clima tropical onde as temperaturas atingem valores extremos.

Existem ainda outros fatores importantes para esta seleção das espécies que vão influenciar o desempenho do sistema, além da resistência ambiental, sendo eles: o aspecto visual, o interesse ecológico, o tipo de folhagem e a cobertura que a planta proporciona o tipo de crescimento, e o ciclo de vida das plantas. Portanto, as espécies escolhidas devem englobar todos os quesitos, pois uma espécie que apresente alta resistência ambiental, mas que não gere uma boa cobertura foliar da fachada e uma boa taxa de evapotranspiração não é tão interessante, uma vez que ela não contribuiu tanto na amenização térmica. (CAETANO, 2014).

Desse modo, foi feito um levantamento inicial das espécies de plantas, avaliando-se ao todo dezenove espécies. Após esse levantamento, essa lista foi submetida um refinamento chegando a uma seleção final de 9 espécies para serem testadas no jardim vertical, conforme a tabela 02. As tabelas contém a lista das espécies de plantas utilizadas em jardins verticais, com o nome científico e o local de preferência.

Tabela 2: Espécies de plantas utilizadas em jardins verticais, com o nome científico e o local de preferência.

<b>Nome popular da Espécie</b>	<b>Nome científico da Espécie</b>	<b>Local Preferencial</b>
Aspargo	<i>Asparagus densiflorus Sprengeri</i>	Sol pleno
Samambaia americana	<i>Nephrolepis exaltata</i>	Semi-sombreados
Lambari-roxo	<i>Tradescantia zebrina</i>	Sol pleno
Russélia	<i>Russelia equisetiformis</i>	Sol pleno
Barba-de-serpente	<i>Ophiopogon jaburan</i>	Sol pleno ou semi-sombreados
Ripsális	<i>Rhipsalis baccifera</i>	Semi-sombreados
Asplênio	<i>Asplenium nidus</i>	Luz Difusa
Renda Portuguesa	<i>Davallia fejeensis Hook</i>	Sol pleno
Avenca	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	Luz Difusa, meia Sombra

Fonte: Próprio Autor

Após a conclusão da lista definitiva de espécies foi então pensado e elaborado o design do sistema. De uma maneira geral as espécies selecionadas possuíam um perfil herbáceo, promovendo um tapamento de uma maior área, criando um efeito de cascata no muro vivo (figura 16).

Figura 16: Configuração do jardim vertical.



Fonte: <http://atitudesustentavel.com.br/blog/2011/07/13/shopping-de-curitiba-constroi-jardim-vertical/>, (2015).

A distribuição das espécies na área do muro verde foi orientada por aspectos estéticos e funcionais, baseados nos seguintes conceitos:

- Composição de desenhos orgânicos;
- Mesclagem de diferentes espécies;
- Combinação de cores e texturas;
- Distribuição no perfil vertical ponderando as necessidades individuais das plantas em relação à disponibilidade de água e à exposição ambiental.



Figura 17: Exemplo de algumas espécies selecionadas para o experimento.



Fonte:

1- *Tradescantia zebrina*:

<http://plantandocarinho.blogspot.com.br/2012/07/lambari-roxo.html>, (2014)

2- *Rhipsalis baccifera*:

Fonte: <http://www.conteudomega.com.br/decoracao/plantas-para-jardim>, (2016).

3- *Asparagus densiflorus Sprengeri*:

Fonte: [http://www.cultivando.com.br/plantas\\_detalhes/aspargo\\_pendente.html](http://www.cultivando.com.br/plantas_detalhes/aspargo_pendente.html), (2016).

4- *Davallia fejeensis* Hook:

Fonte: <https://gabrielayagui.wordpress.com/2012/04/16/jardim-vertical-dicas-e-sugestoes-de-vegetacao>, (2014).

5- *Russelia equisetiformis*:

Fonte: [http://www.jardimdasideias.com.br/560-russelia\\_equisetiformis](http://www.jardimdasideias.com.br/560-russelia_equisetiformis), (2015).

#### 4.5.1 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES

**Aspargo:** é ideal para plantar em jardineiras e vasos suspensos, como fazemos com as samambaias, valorizando desta maneira sua folhagem pendente e delicada. Como o aspargo-pluma, o aspargo-pendente apresenta as folhas verdadeiras transformadas em espinhos, enquanto as pseudo-folhas são em forma de agulha. Durante todo o ano apresenta flores brancas, discretas e pequenas além de frutinhas vermelhas e esféricas. Sua utilização paisagística deve valorizar a textura de sua folhagem.

Devem ser cultivadas a meia-sombra, em vasos ou jardineiras com terra rica em matéria orgânica, regadas a intervalos regulares. Tolerante ao frio. Multiplica-se por sementes e por divisão da planta, preservando a sua estrutura.

**Samambaia Americana:** As samambaias-americanas são plantas herbáceas, rizomatosas, com folhas longas (frondes) subdivididas em folíolos lisos e retilíneos. De coloração verde clara, elas apresentam aspecto compacto, com frondes novas semi-eretas e as mais velhas pendentes. Normalmente formam touceiras volumosas, demonstrando sua bela textura.

A iluminação ideal para as samambaias-americanas é a meia-sombra, mas também podem receber iluminação indireta, difusa. São plantas rústicas e que não gostam de frio intenso, mas são capazes de tolerar o clima subtropical. Os vasos devem ser irrigados com frequência, porém devem ser bem drenados. A alta umidade do ar também as favorece, e pulverizações periódicas são importantes principalmente quando o tempo está seco. Fertilizações foliares, ricas em nitrogênio, a cada 15 dias contribuem para um verde sempre vibrante. Multiplicam-se por divisão das touceiras, preservando frondes, rizoma e raízes em cada muda. Crescer as mudas novas em estufas.

**Lambari Roxo:** O lambari é uma herbácea perene, muito rústica, de folhagem prostrada e suculenta. Suas folhas são muito decorativas, ovaladas, brilhantes, de coloração verde escura, com duas listras de variação prateadas na face superior e, completamente arroxeadas na face inferior. As flores são pequenas e róseas, de importância ornamental secundária.

Devem ser cultivados à meia-sombra ou sombra, em solo fértil e enriquecido com matéria orgânica, mantido úmido. Planta tipicamente tropical, não é tolerante ao frio rigoroso e às geadas, mas adapta-se muito bem às estufas em países de clima temperado. Multiplica-se facilmente por estacas ou pela divisão da ramagem enraizada.

**Russélia:** é uma planta pendente, de textura herbácea e muito florífera. Seus ramos são filiformes, ramificados, arqueados e longos, com cerca de 1 metro de comprimento, e apresentam florescimento muito ornamental. Suas folhas são



semi-perenes, sendo que na parte inferior dos ramos elas têm a forma linear a lanceolada e na parte superior encontram-se reduzidas a pequenas escamas. Da primavera ao outono despontam as inflorescências, com flores tubulares, de coloração vermelha, amarela ou branca, muito numerosas e bonitas. Os frutos, do tipo cápsula, têm pouca importância decorativa.

Deve ser cultivada sob sol pleno ou meia-sombra, em solo fértil, bem drenável, rico em húmus e irrigado regularmente. Não tolera estiagens prolongadas. É bastante rústica e responde bem a adubação rica em fósforo e potássio, florescendo em abundância. Tolerante ao frio, ao vento e à salinidade, torna-se própria para regiões litorâneas. Aprecia o calor, podendo estender a floração por todo o ano em regiões tropicais e equatoriais. Multiplica-se por sementes, estaquia e divisão das touceiras.

**Barba de Serpente:** A barba-de-serpente é uma planta herbácea, perene, estolonífera e de folhagem ornamental, semelhante a uma gramínea. Ela cresce em tufos (touceiras) baixos, de 20 a 40 cm de altura, e apresenta folhas longas e estreitas como fitas, coriáceas, glabras e recurvadas. A forma típica é de cor verde escura, mas a forma mais difundida e ornamental é a variegada, de folhas com estrias branco-creme ou amarelo-pálido. As inflorescências surgem no verão, em espigas com flores delicadas, em forma de sino, brancas ou arroxeadas. Apesar de bonitas, as flores são pequenas e acabam tendo importância ornamental secundária. Após a floração pode formar belos frutinhas do tipo baga, oblongos, de cor violácea a azul.

Deve ser cultivada sob sol pleno ou meia-sombra, em solo fértil, bem drenável, leve, enriquecido com matéria orgânica e irrigado regularmente. Tolerante a geadas e o frio do inverno subtropical. Rústica, é pouco exigente em manutenção. Fertilizações bienais com matéria orgânica e divisões das touceiras estimulam o desenvolvimento e floração da planta. Não necessita podas. Pode ser plantada em regiões litorâneas. Multiplica-se por divisão das touceiras ou mais raramente por sementes.

**Renda Portuguesa:** é da mesma família das samambaias. Suas folhas (frondes) são muito interessantes: apresentam grande detalhamento nas suas

subdivisões e recortes, tornando-a uma planta de textura muito particular e bela. As variedades mais conhecidas são a plumosa e a robusta. No inverno as folhas da renda-portuguesa tornam-se amareladas e caem, e ela deve ser protegida.

Pode ser cultivada em vasos e jardineiras com substrato rico em matéria orgânica, sempre à meia sombra, com regas frequentes. Além disso, tem a possibilidade de ser plantada na vertical. Aprecia o calor e a alta umidade. Não tolera sol direto ou frio intenso. Multiplica-se por divisão dos rizomas.

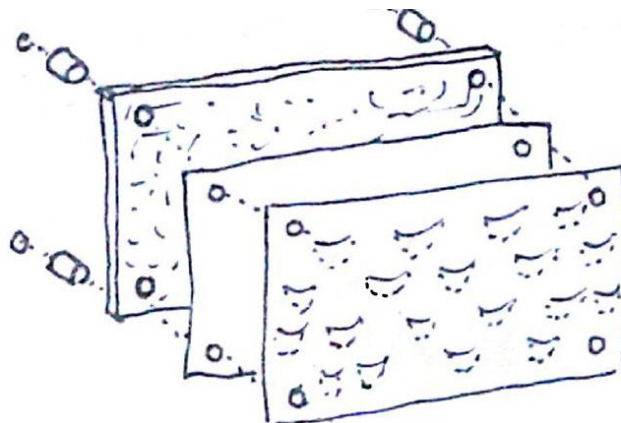
#### **4.6 CONSTRUÇÃO DO JARDIM VERTICAL**

Na montagem do jardim vertical optou-se por fazê-lo de forma segmentada. Para isso, dois módulos na construção do jardim vertical foram montados separadamente e com diferentes materiais.

No processo de montagem do jardim vertical, as duas mantas de feltro foram grampeadas à placa de material compensado resignado ou a chapa ecológica. Na segunda manta de feltro (externa) foram abertos rasgos horizontais, para formar os bolsos onde foram plantadas as mudas. Nas duas chapas ecológicas os bolsos têm cerca de 20 cm de largura, já na chapa de compensado resignado os bolsos têm aproximadamente 15 cm de largura. Para instalação do jardim, as placas foram dispostas lado a lado, em paralelo, de forma a cobrir toda a superfície vertical, formando uma parede verde.

A placa 1 foi feita de tal maneira que possui 6 bolsos na horizontal e 12 na vertical, totalizando 72 bolsos, portanto 72 mudas, o material utilizado na confecção dos bolsos é a manta geotêxtil, conhecido como bidim. Nas placas 2 as dimensões dos bolsos foram diferentes tendo 4 bolsos na horizontal e 12 na vertical, totalizando 48 bolsos. O material utilizado na confecção da placa 2 é o feltro.

Figura 18: Alocação dos Elementos para a Montagem da Base Estrutural



Fonte: Manual de Construção de Jardins Verticais, Movimento 90°, (2014).

Para alocação das placas junto ao muro foi utilizado estrutura metálica vazada. No processo de fabricação das estruturas utilizaram vigas metálicas que já se encontravam no Campus I do CEFET-MG. O professor João Maurício, do grupo PET Ambiental, juntamente com a equipe de técnicos do CEFET-MG, escolheram as vigas metálicas que apresentavam melhores condições. Além disso, eles ficaram responsáveis pelo corte e soldagem das partes, a fim de chegar à estrutura final desejada, como pode-se ver na figura 19.

As estruturas depois de finalizadas foram alocadas próximo ao hall principal, ao lado da cantina, onde hoje se encontra o jardim vertical. Foram parafusadas a uma distância de dez centímetros da parede, diminuindo o risco de infiltração que poderia ocorrer no muro, devido à irrigação do jardim.

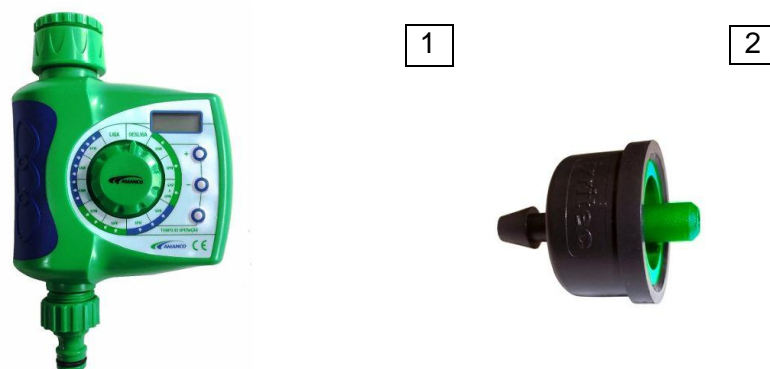
Figura 19: Processo de fabricação da estrutura metálica feita pelo professor João Maurício



Fonte: Arquivo pessoal da discente Ingrid Resende

Para a irrigação do jardim vertical foi necessária à instalação de novas tubulações para o fornecimento de água. Para medir a vazão e controlar o tempo de irrigação, foi alocado um aparelho (timer) acoplado entre a tubulação e as mangueiras horizontal, nessa mangueira foram instalados os gotejadores, localizados sobre os bolsos, as plantas que estão na parte mais abaixo no jardim vão ser irrigadas através da gravidade. Em seguida vêm os gotejadores, que ficam acoplados na mangueira, na parte superior do jardim. Estes devem estar furadas de 30 em 30 centímetros em ângulos de 90°. Posteriormente, as mangueiras são presas à estrutura base com abraçadeiras e parafusos.

Figura 20: Timer e Gotejador utilizados para irrigação do jardim



Fonte:

01- Timer:[http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-690701771-temporizador-timer-controle-irrigacao-agua-jardim-aspersor-\\_JM](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-690701771-temporizador-timer-controle-irrigacao-agua-jardim-aspersor-_JM), (2015).

02- Gotejador:[http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-719636465-gotejador-autocompensante-4-lh-para-irrigaco-100-pcs-\\_JM](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-719636465-gotejador-autocompensante-4-lh-para-irrigaco-100-pcs-_JM), (2015).

Para alocação das mudas utilizou-se o Substrato Carolina Padrão E Carolina II, dentre suas características podemos citar que ele já vem pronto pra ser utilizado não havendo necessidade de fazer uma mistura prévia, o produto é totalmente estável e homogêneo, um composto de baixa densidade sendo ideal para o crescimento reticular das mudas. Esses dados foram tirados do site hidrosolo.

Figura 21: Imagem do Substrato Padrão Carolinall



Fonte: Arquivo pessoal da discente Ingrid Resende

#### 4.7 LEVANTAMENTO DE EMPRESAS DE PAISAGISMO

Um dos objetivos do trabalho foi fazer o levantamento dos jardins verticais existentes em Belo Horizonte. Para isso, primeiramente foi feita uma consulta pela internet das empresas de paisagismo existentes na cidade. Destaca-se que foram selecionadas empresas identificadas em seus sites ou em sua descrição como voltadas ao paisagismo, não sendo incluídas empresas denominadas somente como floriculturas. Ao final desse levantamento foi feita uma lista com o nome, endereço e contato das onze empresas identificadas. (tabela 3)

Após o levantamento das empresas, foi elaborado um questionário (anexo 2) com oito questões relacionadas à temática dos jardins verticais. Esses questionários foram encaminhados por e-mail para as referidas empresas.

Tabela 3: Empresas que prestam serviço de paisagismo em Belo Horizonte.

Nome	Endereço	Contato
Branco Paisagismo e Jardinagem	Av. João Batista Drumond, 134 - Braúnas	(31) 3496-6369 / 99280-0171 <a href="mailto:contato@brancopaisagismo.com.br">contato@brancopaisagismo.com.br</a>
Nativa Paisagismo Ltda	Av. Toronto, 1718 - Jardim Canadá	(31) 98675-6770 / (31) 3541-1764 <a href="mailto:contato@nativapaisagismo.net">contato@nativapaisagismo.net</a>
Junia Lobo Paisagismo	R. Desembargador Jorge Fontana, 80, sala 1003, Belvedere	(31) 3568-1008 / (31) 98278-4444 junia@junialobo.com.br
Jardins Comércio de Plantas Ltda	Av. Américo Vespúcio, 926 - Aparecida	(31) 3425-3151 <a href="mailto:paisaje@paisajejardins.com.br">paisaje@paisajejardins.com.br</a>
Mosaico Paisagismo	Belo Horizonte MG	(31) 4101-5009 / (31) 99960-8483 <a href="mailto:mosaicopaisagismo@gmail.com">mosaicopaisagismo@gmail.com</a>
Pontual Jardinagem	R. Dom Joaquim Silvério, 845 - Coração Eucarístico	(31) 3375-8188 / (31) 99819-4041 <a href="mailto:pontual@pontualjardinagem.com.br">pontual@pontualjardinagem.com.br</a>
HS Jardinagem	R. Esmeralda, 293 -Prado	(31) 3024-4623
Jardim & Cia	R. Siderose, 89 - Caiçaras	(31) 99355-0394 / (31) 98375-5902 - <a href="mailto:contato@jardimeciabh.com.br">contato@jardimeciabh.com.br</a>
CP Paisagismo	R. Luiz Soares da Rocha, 120 - Luxemburgo	(31) 3643-4375 / (31) 99665-5566 -
Izabela Plantas	R. Expedicionário Paulo de Oliveira, 171 - São Luiz	<a href="mailto:izabelaplantas@izabelaplantas.com.br">izabelaplantas@izabelaplantas.com.br</a>
Terra Boa Paisagens	Av. Paulo Camilo Pena, 432 - Belvedere	(31) 3286-7791 - (31) 99956-8537 <a href="mailto:contato@terрабоapaisagens.com.br">contato@terрабоapaisagens.com.br</a>

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO

Das onze empresas nas quais o questionário foi enviado, cinco empresas responderam o e-mail, mesmo com nova solicitação para colaborarem com a pesquisa. Sendo assim as informações se limitam às empresas que responderam: Branco Paisagismo e Jardinagem, Jardins Comércio de Plantas, Nativa Paisagismo, Mosaico Paisagismo e Junia Lobo Paisagismo. Obteve-se com esses questionários uma série de informações relevantes para se conhecer o atual estágio de desenvolvimento dos jardins verticais em Belo Horizonte.

O primeiro questionamento foi se a empresa projeta jardim vertical. Todas as cinco responderam que trabalhavam com esse tipo de tecnologia.

#### **A segunda pergunta era em que ano essa técnica começou a ser empregada?**

As respostas foram diversificadas como pode-se ver na tabela abaixo:

Tabela 4: Tabela identificando com Quanto Tempo cada Empresa Trabalha com Jardim Vertical

Empresas de Paisagismo	Tempo que trabalha com Jardim Vertical
Jardins Comércio de Plantas	12 anos
Junia Lobo Paisagismo	4 anos
Nativa Paisagismo Ltda	1 ano
Mosaico Paisagismo	4 anos
Branco Paisagismo e Jardinagem	4 anos

Fonte: Próprio Autor

#### **Aproximadamente quantos projetos que utiliza essa técnica já foram executados pela empresa?**

As respostas entre as empresas foram variadas como pode notar na tabela. A empresa Mosaico Paisagismo citou que seus projetos vão além da capital mineira, atendendo também a capital cearense, Fortaleza CE.

Tabela 5: Total de Projetos Realizados pelas Empresas de Paisagismo com a Tecnologia dos Jardins Verticais

Empresas de Paisagismo	Quantidade de projetos com Jardim Vertical
Jardins Comércio de Plantas	3 projetos
Junia Lobo Paisagismo	15 projetos
Nativa Paisagismo Ltda	6 projetos
Mosaico Paisagismo	10 projetos
Branco Paisagismo e Jardinagem	22 projetos

Fonte: Próprio Autor

**Quanto aos clientes, eles são em sua maioria do tipo comercial ou residencial?**

As respostas novamente não seguiram um padrão entre as empresas. A empresa Nativa Paisagismo respondeu que seus clientes foram variados, sendo tanto do tipo comercial quanto do tipo residencial. Já a empresa Jardins Comércio de Plantas citou que os empreendimentos do tipo residenciais são os que mais contratam esse serviço. Mosaico Paisagismo descreveu que projeta em sua maioria jardins verticais para empreendimentos do tipo comerciais. Junia Lobo Paisagismo: Os clientes são em sua maioria residenciais. Para Branco Paisagismo e Jardinagem a maioria dos seus clientes são residenciais, mas fazem bastante em imóveis comerciais.

**Quais os elementos mais motivaram os clientes ao optar por essa técnica? Foram dadas as opções: estética, conforto térmico, restrição de espaço, indicação do(a) paisagista.**

Segundo a empresa Jardins Comercio de Plantas além de incluir todas as opções sugeridas ela acrescentou também em sua resposta os aspectos da praticidade e funcionalidade, pouca irrigação e várias opções de materiais para acabamento.

Nativa Paisagismo descreveu como sendo a função estética associada a essa técnica, marketing ambiental e restrição do espaço onde a parede seria o único elemento a trabalhar para maior impacto visual.



Mosaico Paisagismo citou que a integração de três fatores são determinantes: conforto térmico e visual, estética e aproveitamento do espaço físico.

Junia Lobo Paisagismo descreveu que a maioria dos clientes opta pelo jardim vertical devido à restrições de espaço e estética.

Branco Paisagismo e Jardinagem descreve que o bem estar, a apreciação do jardim vertical e a harmonia gerada pelo o mesmo.

### **Quais são as três espécies de plantas mais comumente utilizadas?**

Nativa Paisagismo citou que não há três mais utilizadas, uma vez que vai depender muito do jardim. Porém eles citaram as espécies: samambaias diversas, liriopes, aspargo alfinete, como exemplos.

Já a empresa Mosaico Paisagismo descreveu que o fator determinante para a seleção das espécies a serem contempladas para o projeto de paisagismo, é em primeiro lugar a luminosidade. A partir deste ponto, a escolha por espécies passa pela pouca manutenção, sendo vista como fator determinante. A empresa cita como exemplo as espécies: Jibóia, Samambaias de espécies diversas e filodendros.

Jardins Comercio de Plantas citou as espécies Rypsalis, Asparagus, Hera de folha larga, columeias e gerânios como as mais utilizadas.

Junia Lobo Paisagismo descreveu as espécies: Samambaia (*Nephrolepis* sp.), Asparagus (*Asparagus sprengeri*) e Columéia (*Aeschynanthus* sp.) como sendo as plantas mais utilizadas em seus projetos. A empresa Branco Paisagismo e Jardinagem cita as espécies: Samambaias, Aspargos e Renda Portuguesa.

### **Poderia citar ao menos um cliente que tenha contratado esse tipo de projeto? Se sim, onde se localiza?**

Esse questionamento ajudou num dos objetivos do estudo, o trabalho de fazer o levantamento dos jardins verticais em Belo Horizonte.

Mosaico Paisagismo citou o de jardim sobre laje, para a Matriz da Seguradora Porto Seguro. Além de citar a localização do jardim, a empresa

ressaltou também os benefícios da técnica ao esclarecer sobre os jardins sobre laje, ao citar que são mais efetivos e relevantes para o objetivo de melhorar os microclimas locais, conforto térmico, atrativo e locais de abrigo e nidificação de aves, entre outros benefícios sendo considerado pelo paisagista como sendo mais expressivos em comparação aos jardins verticais. Jardins Comercio de Plantas citou um projeto desenvolvido para o Colégio Batista.

Nativa Paisagismo nos relatou o projeto realizado na APUB-BH Sindicato dos Professores de Universidades Federais de Belo Horizonte, Montes Claros e Ouro Branco, que se localiza na rua Arthur Itabirano, região da Pampulha onde há uma casa utilizada como ponto de apoio para professores da UFMG.

Junia Lobo paisagismo ressaltou uma residência no Condomínio Vale dos Cristais, em Nova Lima-MG.

A empresa Branco Paisagismo e Jardinagem cita o Restaurante Couve Flor, localizada no bairro de Lourdes como sendo um dos seus clientes antigos e que já projetou jardim vertical.

## **5.2 IDENTIFICAÇÃO DE JARDINS VERTICAIS EM BELO HORIZONTE**

Como objetivo específico do trabalho, foi realizado um levantamento dos jardins verticais existentes em Belo Horizonte, de modo a verificar como a cidade está inserida na prática dessas novas tecnologias sustentáveis. Por meio de pesquisas na internet e envio de questionários às empresas de paisagismo, foram identificados 15 jardins pela cidade, localizados em sua maioria na regional Centro Sul de Belo Horizonte, como pode ser visto na Tabela 6.

Quadro 6: Jardins Verticais identificados em Belo Horizonte

<p><b>1. Edifício Century Tower</b></p>  <p>R. Maria Luiza Santiago, 200, Santa Lúcia.</p>	<p><b>2. Restaurante Cia do Boi</b></p>  <p>R. Pium-í, 653, Carmo.</p>	<p><b>3. Empresa ECX Track</b></p>  <p>R. São Paulo, 2566, Lourdes.</p>
<p><b>4. Shopping Luxemburgo</b></p>  <p>R. Guaicuí, 297, Luxemburgo.</p>	<p><b>5. Edifício Lilac</b></p>  <p>R. Fernandes Tourinho, 376, Funcionários.</p>	<p><b>6. Bar MeetMe at the Yard</b></p>  <p>R. Curitiba, 2578, Lourdes.</p>
<p><b>7. Cervejaria Seu Romão</b></p>  <p>R. São Romão, 192, Santo Antônio.</p>	<p><b>8. Academia Runner</b></p>  <p>Av. Senhora do Carmo, 90, Carmo Sion.</p>	<p><b>9. Shopping Boulevard</b></p>  <p>Av. Andradas, 3.000, Santa Efigênia.</p>
<p><b>10. Botequim Arantes</b></p>  <p>R. Marília de Dirceu, 177, Lourdes.</p>	<p><b>11. Edifício Porto Belo</b></p>  <p>R. Timbiras, 1226, Funcionários.</p>	<p><b>12. Duarte Vasconcelos</b></p>  <p>R. Nascimento Gurgel, 20, Gutierrez.</p>

<p><b>13. Bar O Rei Lourdes</b></p>  <p>R. Curitiba, 2164, Lourdes.</p>	<p><b>14. Colégio Batista Mineiro</b></p>  <p>R. Ponte Nova, 443, Floresta.</p>	<p><b>15. APUBH</b></p>  <p>R. Artur Itabirano, 70, São José</p>
--	---	---

Fonte: Próprio Autor.

As fotografias dos jardins verticais foram feitas pelo próprio autor ou obtidas pela internet junto aos sites das referidas empresas ou sites de paisagismo, ou ainda pelo *google street view*. Esses jardins verticais possuem dimensões, técnicas construtivas e espécies de plantas diferentes.

Destaca-se que o jardim vertical do Edifício Century Tower (nº1) possui 50m<sup>2</sup> de área verde e foi o primeiro edifício comercial a contar com um jardim vertical, segundo a sua idealizadora Erly Hooper.

Já o edifício de escritório de advocacia Duarte Vasconcelos, foi concebido pela Artes Construtora, o empreendimento será desenvolvido por meio de um projeto que visa ao conceito de sustentabilidade. Segundo Felipe Bicalho a edificação tem a maior parede verde de Belo Horizonte, o chamado jardim vertical.

É válido ressaltar que a maior parte dos Jardins Verticais identificados ainda tem sua principal motivação na questão estética. Isso se justifica pelo fato da localização desses jardins estarem em áreas de pouca insolação, ou em paredes que fazem divisas com outras edificações, ou ainda em ambientes internos, como no caso do Shopping Boulevard.

### 5.3 INFLUÊNCIA DO JARDIM NO MICROCLIMA

Para avaliar a influência do jardim vertical no microclima, optou-se por fazer a aferição dos parâmetros temperatura e umidade do jardim vertical do CEFET-MG, como já citado anteriormente. Os dados foram medidos nos dias nove, dez e onze de novembro de 2016. Foram feitas três aferições de cada parâmetro, uma às 9 horas, outra às 12h e por fim às 15h.



Foram utilizados também os dados da Estação Meteorológica da UFMG para comparar com os dados obtidos no Campus I do CEFET-MG. Destaca-se que a Estação Meteorológica Automática da UFMG, localizada a uma distância de 5,2 km em linha reta do Campus I, sendo assim a mais próxima da instituição.

Figura 22: Estação Automática da UFMG.



Fonte: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/fotos/A521.jpg>

Observa-se que o Jardim Vertical, no Campus I do CEFET-MG, encontra-se em uma área de grande densidade construtiva. Já a Estação Meteorológica Automática da UFMG localiza-se em com extensa área verde. Essa diferença corrobora a teoria de existência de microclimas no interior de uma cidade, e foi demonstrada neste trabalho por meio dos distintos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar entre essas duas áreas. (figura 23).

Figura 23: Localização do Jardim Vertical e da Estação Automática da UFMG

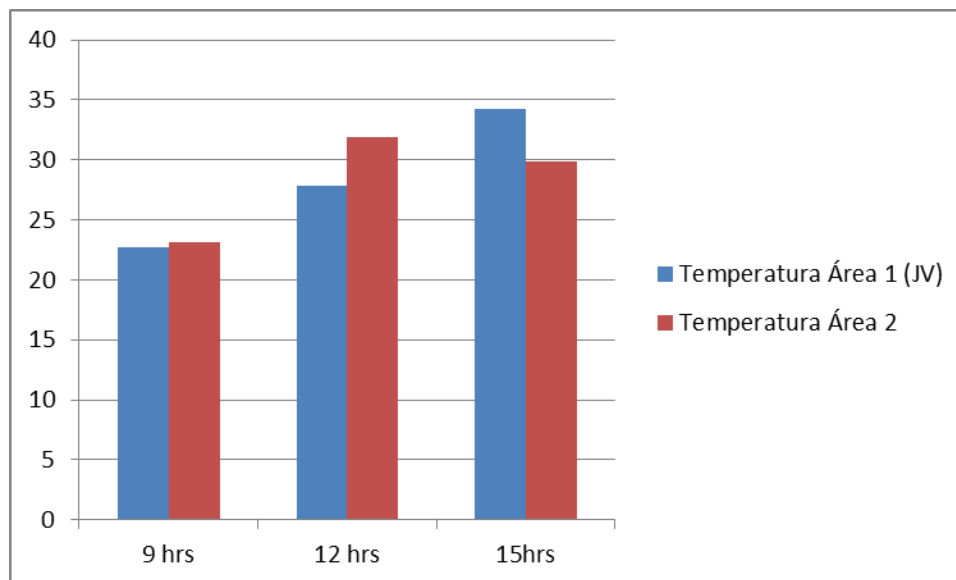


Fonte: Google Maps – Acesso em Novembro de 2016

### 5.3.1 AVALIAÇÃO REALIZADA NO DIA NOVE DE NOVEMBRO

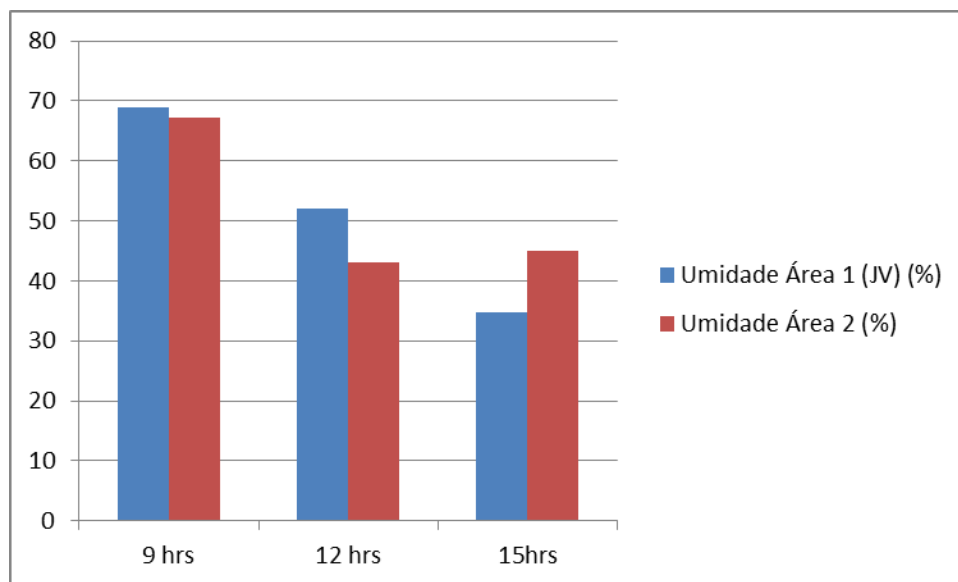
Aferição feita no dia 09 de novembro de 2016. Os resultados das coletas dos parâmetros temperatura e umidade podem ser visto nos gráficos abaixo:

Figura 24: Comparação do Parâmetro Temperatura nas Diferentes Áreas, 09/11/2016



Fonte: Próprio Autor

Figura 25: Comparação do Parâmetro Umidade nas Diferentes Áreas, 09/11/2016



Fonte: Próprio Autor

Tabela 7: Parâmetros das diferentes áreas no dia 09/11/2016

**Temperatura do ar - 09/11/2016**

	Jardim Vertical	Sem Jardim	Estação Automática
9h	22,7°C	23,1°C	18,5°C
12h	27,8°C	31,9°C	23,7°C
15h	34,2°C	29,9°C	28,1°C

**Umidade relativa do ar - 09/11/2016**

	Jardim Vertical	Sem Jardim	Estação Automática
9h	68,9%	67,2%	82%
12h	52,0%	43,0%	61%
15h	34,8%	45,0%	45%

Fonte: Próprio Autor.

Os dados obtidos no horário das nove horas apresentou diferença nos dois parâmetros. A temperatura próxima ao jardim vertical foi de 22,7 °C enquanto que na parede ao lado apresentou uma temperatura de 23,1 °C, com uma diferença de 0,4 °C. No que se refere à umidade aferida nas distintas áreas, observou uma umidade de 68,9 (%) próximo ao jardim e uma umidade de 67,2 (%) na área 2, com uma diferença de 1,7 % a mais na área 1.

Os parâmetros analisados no horário de meio dia apresentaram uma diferença mais acentuada que a do horário das nove, o que já era de se esperar, uma vez que passa a incidir os raios solares na área de forma direta, que não conta com insolação na parte da manhã, isso ocorre devido à localização do jardim vertical no prédio do Campus I, com uma orientação mais a oeste do prédio. A temperatura na área 1 próxima ao jardim vertical foi de 27,8 °C enquanto que na parede ao lado apresentou uma temperatura de 31,9 °C. No que se refere à umidade aferida nas distintas áreas, observou uma umidade de 52,0 (%) próximo ao jardim e uma umidade de 43,5 (%) na área 2.

No horário das quinze horas da tarde houve uma mudança no padrão das medidas. Isso se dá graças ao posicionamento do sol nessa hora do dia, mais a oeste, o que fez com que área 1 recebesse luz direta nesse horário, enquanto a área 2 estava toda sombreada, outra fonte de sombra na área 2 é uma espécie arbórea que se encontra do outro lado da calçada, a Resedá Gigante, como pode ser visto na imagem XX. A temperatura na área 1 foi de 34,2 °C enquanto que na parede ao lado apresentou uma temperatura de 29,9 °C. No parâmetro umidade aferido, observou uma umidade de 34,8 (%) próximo ao jardim e uma umidade de 45,0 (%) na área 2. Essa diferença de comportamento está associado ao tipo de material na área 2 (muro). O concreto perde calor rapidamente com a ausência do sol, ou seja, apresenta calor específico elevado, por isso a temperatura é menor e a umidade mais elevada.

Figura 26: Imagem da Árvore Resedá Gigante Próxima da Área 2



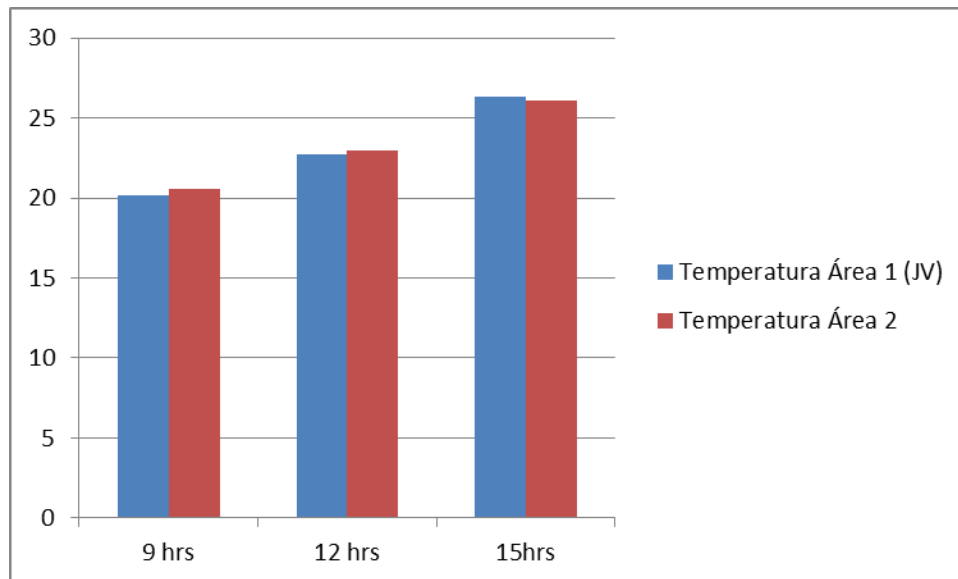
Fonte: Próprio Autor.



### 5.3.2 AVALIAÇÃO REALIZADA NO DIA DEZ DE NOVEMBRO

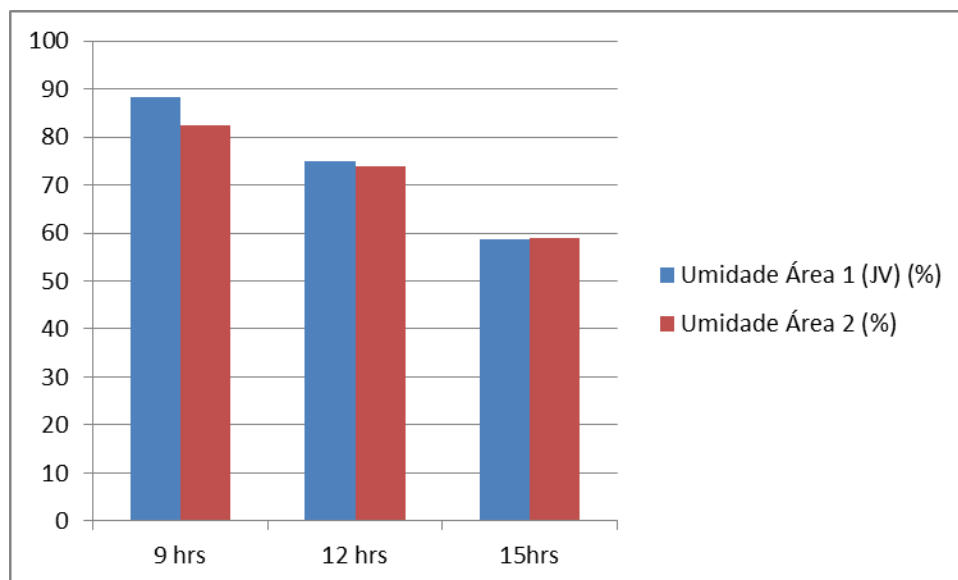
Aferição feita no dia 10 de novembro de 2016. Os resultados das coletas dos parâmetros temperatura e umidade podem ser visto nos gráficos abaixo:

Figura 27: Comparação do Parâmetro Temperatura nas Diferentes Áreas, 10/11/2016



Fonte: Próprio Autor

Figura 28: Comparação do Parâmetro Umidade nas Diferentes Áreas, 10/11/2016



Fonte: Próprio Autor

Tabela 8: Parâmetros das diferentes áreas no dia 10/11/2016

<b>Temperatura do ar - 09/11/2016</b>			
	Jardim Vertical	Sem Jardim	Estação Automática
9h	20,2°C	20,6°C	19,8°C
12h	22,7°C	23,0°C	21,2°C
15h	26,3°C	26,1°C	25,3°C

<b>Umidade relativa do ar - 09/11/2016</b>			
	Jardim Vertical	Sem Jardim	Estação Automática
9h	88,2%	82,4%	84%
12h	74,9%	74,0%	82%
15h	58,7%	59,0%	62%

Fonte: Próprio Autor.

Os dados mensurados no horário das nove horas apresentou diferença nos dois parâmetros. A temperatura próxima ao jardim vertical foi de 20,2 °C enquanto que na parede ao lado apresentou uma temperatura de 20,6 °C. No que se refere à umidade aferida nas distintas áreas, observou uma umidade de 88,2 (%) próximo ao jardim e uma umidade de 82,4 (%) na área 2. As condições climáticas apresentada nesse horário era de precipitação, o que pode ter contribuído na pouca diferenciação da temperatura nas áreas, sendo de apenas 0,4 °C, no que se refere a umidade novamente a área que apresentava o jardim apresentou um resultado melhor que na área que só continha o muro (diferença de 5,8 %), isso graças a respiração das espécies de plantas e da capacidade das mesmas reterem a umidade no substrato.

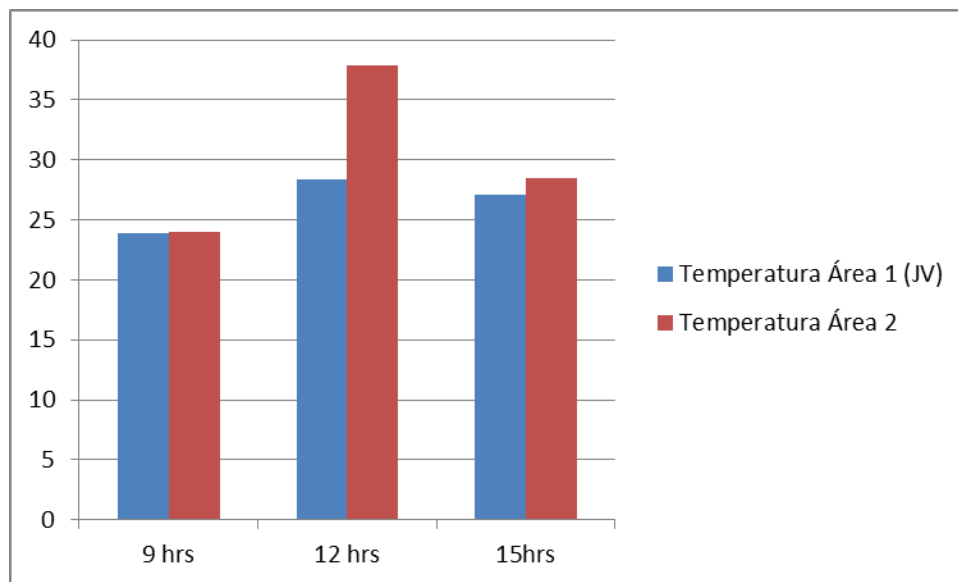
Os parâmetros analisados no horário de meio dia não apresentaram uma diferença tão acentuada como a aferida no mesmo horário do dia nove, o que já era de se esperar, uma vez que, o céu nessa hora estava nublado, porém não mais chuvoso, como no horário das nove. Segundo os estudos de Caetano (2014), dias nublados não apresentam uma diferença considerável nos dados, mas por falta de tempo hábil decidiu por manter os dados obtidos nesse dia. A temperatura na área 1 próxima ao jardim vertical foi de 22,7 °C enquanto que na parede ao lado apresentou uma temperatura de 23,0 °C. No que se refere à umidade aferida nas distintas áreas, observou uma umidade de 74,9 (%) próximo ao jardim e uma umidade de 74,0 (%) na área 2.

No horário das quinze horas da tarde houve novamente uma mudança no padrão das medidas, mas desta vez ela não foi tão perceptível como a do dia 9. Nesse horário já não havia mais nem um sinal de nuvens carregadas próximas ao CEFET MG Campus, porém o céu ainda estava nublado com a alternância do aparecimento dos raios solares. As causas do sombreamento da área 2, já foram consideradas no primeiro dia. A temperatura na área 1 foi de 26,3 °C enquanto que na parede ao lado apresentou uma temperatura de 26,1 °C. No parâmetro umidade aferido, observou uma umidade de 58,7 (%) próximo ao jardim e uma umidade de 59,0 (%) na área 2.

### 5.3.3 AVALIAÇÃO REALIZADA NO DIA ONZE DE NOVEMBRO

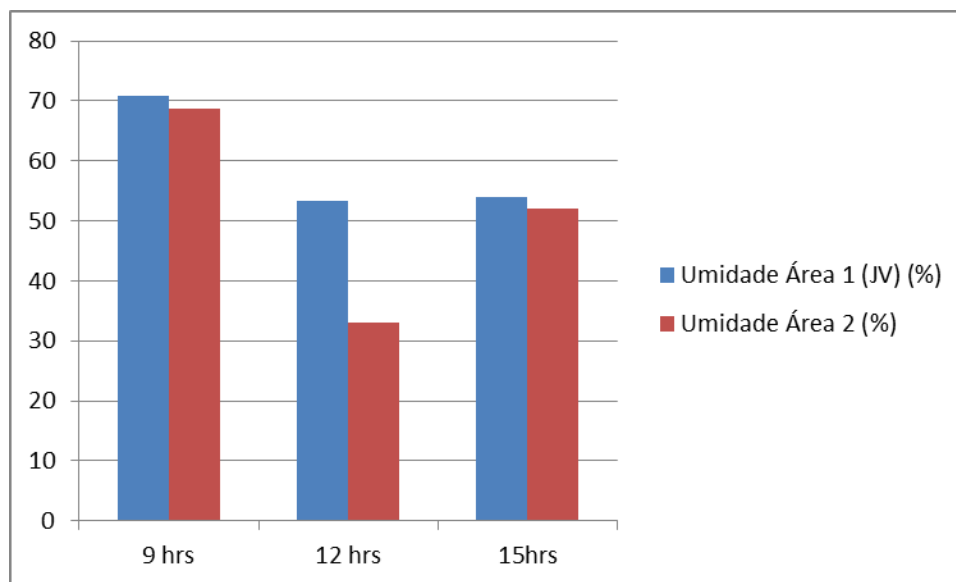
Aferição feita no dia 11 de novembro de 2016. Os resultados das coletas dos parâmetros temperatura e umidade podem ser visto nos gráficos abaixo:

Figura 29: Comparação do Parâmetro Temperatura nas Diferentes Áreas, 11/11/2016



Fonte: Próprio Autor

Figura 30: Comparação do Parâmetro Umidade nas Diferentes Áreas, 11/11/2016



Fonte: Próprio Autor

Tabela 9: Parâmetros das diferentes áreas no dia 11/11/2016

**Temperatura do ar - 09/11/2016**

	Jardim Vertical	Sem Jardim	Estação Automática
9h	23,9°C	24°C	20,4°C
12h	28,4°C	37,9°C	26,7°C
15h	27,1°C	28,5°C	31,9°C

**Umidade relativa do ar - 09/11/2016**

	Jardim Vertical	Sem Jardim	Estação Automática
9h	70,9%	68,7%	81%
12h	53,3%	33,0%	56%
15h	53,9%	52,1%	36%

Fonte: Próprio Autor.

Os dados obtidos no horário das nove horas apresentou diferença nos dois parâmetros. A temperatura próxima ao jardim vertical foi de 23,9 °C enquanto que na parede ao lado apresentou uma temperatura de 24,0 °C, com uma diferença de 0,1 °C a menos na área do jardim vertical. No que se refere à umidade aferida nas distintas áreas, observou uma umidade de 70,9 (%) próximo ao jardim e uma umidade de 68,7 (%) na área 2, com uma diferença de 2,2 % a mais na área 1.

Os parâmetros analisados no horário de meio dia apresentaram uma maior diferença nos parâmetros. A temperatura aferida na área 1 próxima ao jardim vertical foi de 28,4 °C enquanto que na parede ao lado apresentou uma temperatura de 37,9 °C, onde ficou constatado um diferença de 9,5 °C a menos na área com jardim vertical. No que se refere à umidade aferida nas distintas áreas, observou uma umidade de 53,3 (%) próximo ao jardim e uma umidade de 33,0 (%) na área 2, apresentando uma diferença de 20,3 % a mais na área 1.

No horário das quinze horas da tarde houve novamente uma mudança no padrão das medidas em relação ao dia nove, porém os parâmetros coletados se mostraram mais consoantes ao do dia 10. Nesse horário o céu estava com a presença de nuvens carregadas, começando a precipitar em forma de chuva. Sendo assim, não ocorreu uma diferenciação das áreas como no primeiro dia, com apenas uma das áreas sombreadas, e sim uma homogeneidade pois as duas estavam sombreadas. A temperatura na área 1 foi de 27,1 °C enquanto que na área 2 apresentou uma temperatura de 28,5 °C. No parâmetro umidade aferido, observou uma umidade de 53,9 (%) próximo ao jardim e uma umidade de 52,1 (%) na área 2.

Por meio da comparação dos dados obtidos no Campus I do CEFET-MG com a da Estação Automática da UFMG, confirma-se a teoria de existência de um clima urbano próprio para determinadas porções da cidade. Como as medições no CEFET foram feitas em área de alta densidade construtiva, percebe-se que a temperatura do ar se manteve maior do que na estação automática, onde sua localização na estação ecológica densamente arborizada contribuiu para que houvesse uma temperatura menor.

Com relação à umidade relativa do ar, observa-se que no CEFET a umidade é menor, tendo em vista sua localização em área densamente edificada, já na estação automática observa-se que a umidade é maior devido à presença de isolamento dessa estação em relação às construções.

## 6 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE CONTINUIDADE

O desenvolvimento de tecnologias que contribuam para a melhoria das condições de vida da população urbana é de grande relevância, tendo em vista os problemas ambientais gerados pelo adensamento urbano. Nesse contexto, a questão climática também representa um fator importante na manutenção da qualidade de vida.

A ocorrência de ilhas de calor, bem como o desconforto gerado por condições adversas como o calor excessivo e a falta de umidade, ocasiona uma diminuição da permanência em áreas externas dos ambientes construídos. Nesse contexto, as tecnologias de jardins verticais significam a possibilidade de melhoria das condições ambientais e atenuação do desconforto climático nesses locais.

A instalação de um jardim vertical no Campus I do CEFET-MG pode contribuir para a produção de novos conhecimentos relacionados à dinâmica do microclima, bem como aos fatores mais subjetivos de valoração ambiental dos espaços verdes.

A revisão bibliográfica sobre estudos voltados ao conforto térmico em ambientes urbanos demonstrou benefícios da vegetação na atenuação de parâmetros climáticos. Nesse contexto, o presente trabalho mensura a modificação da temperatura do ar e da umidade relativa do com a instalação de um jardim vertical.

Avalia-se assim a contribuição dessa tecnologia para a arquitetura verde, favorecendo uma maior compreensão da abordagem termodinâmica na relação homem-natureza.

Observa-se que a instalação de jardins verticais se desenvolveu significativamente nas últimas décadas, evidenciando os benefícios dessa tecnologia para uma requalificação dos espaços construídos. Nesse contexto, espera-se que a presente pesquisa contribua para o desdobramento de novos estudos relacionados à temática ambiental na instituição, por meio do estudo e aperfeiçoamento de novas tecnologias sustentáveis.

Com a análise dos resultados dos parâmetros temperatura e umidade pode-se inferir que houve contribuição do jardim vertical na melhora do microclima, com atenuação da temperatura e um incremento da umidade. Essa afirmativa é verdadeira quando se verifica em situação semelhante de insolação. Porém, nas medições feitas às 15 horas, observa-se uma discrepância com os parâmetros obtidos nas 9 horas e 12h, isso graças ao posicionamento do sol no horário e a presença da espécie arbórea que gerava sombra apenas na área 2.

No mapeamento dos Jardins Verticais espalhados pela cidade de Belo Horizonte, pode-se concluir que essa é uma técnica bastante empregada e difundida na região Centro-Sul, contendo doze dos quinze jardins mapeados, portanto pode-se inferir que existe uma segregação sócioespacial da cidade, com os altos custos deste serviço para a população em geral. Os jardins em sua maioria não possuem uma área muito grande, dessa forma eles contribuem na melhora do microclima, porém, faz com que seja diminuta sua área de influência na atenuação do microclima. Sendo assim, a sua utilização está vinculada principalmente à função estética.

Para trabalhos futuros espera-se que o ambiente físico ali construído (jardim vertical) sirva de análise para outros parâmetros ambientais, como a radiação solar, a interferência do vento, dentre outros, que podem ser influenciados pela presença do jardim vertical. Sugere-se também que estudos posteriores possam focar na temática da valoração ambiental, pois o jardim vertical, além de contribuir para o microclima, pode melhorar a função estética do ambiente construído, deixando o local mais agradável à percepção humana e ao convívio socioambiental.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J.O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. ABDR, Editora Bertrand Brasil SA, Rio de Janeiro, RJ, 1996.

BARBOSA, R. V. R.; BARBIRATO, Gianna, M.; VECCHIA, Francisco A. S. **Vegetação Urbana: análise experimental em uma cidade quente e úmida**. In: Anais do Encac – Cotedi . Promoção Antac, 2003.

BUENO, C. L. **Estudo da Atenuação da Radiação Solar Incidente por Diferentes Espécies Arbóreas**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp. Pg 34, 1998. (Dissertação de Mestrado).

CAETANO, F. D. N. **Influência de Muros Vivos Sobre o Desempenho Térmico de Edifícios**. Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil. p. 25 e 26-27, 2014.

CASTRO, L. L. F. de L. **Estudo de Parâmetros de Conforto Térmico em Áreas Inseridas no Ambiente Urbano**, Campinas. Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil. p. 7 e 26, 1999.

CRUZ, J. C. L. **Características térmicas da camada intra-urbana em Rio Claro (SP)**. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1995. (Mestrado em Geografia)

DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. **Planting green roofs and living walls**. Portland: Timber Press. Pg 11, 2008.

FARIAS, I.C. **Guia para la elaboracion de estudios del medio físico: contenido y metodología**. Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo. Sevilla, Espanha. 1984.

FONZAR, B. C. **O processo de ocupação regional, o modelo urbano e o conforto térmico na Alta-Sorocabana: Um teste aplicado a Presidente Prudente /SP**. Dissertação (Mestrado), São Paulo: FFLCH/USP. 1981.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 8 ed. São Paulo: Studio Nobel. pg 243, 2003.

FURTADO, A. E. **Simulação e Análise da Utilização da Vegetação como Anteparo às Radiações Solares em uma Edificação**. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, 1994. (Dissertação Mestrado em Ciências da Arquitetura).



GARCIA, M. C. M. **Etimologia Urbana**. Barcelona: Universitat de Barcelona. Pg 71, 1999.

GALLEGO, L. P. **Tipos de tempo e poluição atmosférica no Rio de Janeiro: Um ensaio em climatologia urbana**. 1972. Tese (Doutorado), FFLCH/USP São Paulo.

GEIGER, R. **Manual de Microclimatologia: o clima na camada de ar junto ao solo**. Fundação Caloute Golbekian. Lisboa Portugal. 1961.

GONÇALVES, N. M. S. **Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador**. In: MONTEIRO, C.A. F.; MENDONÇA, F.(Org). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

HOLM, D. **Thermal improvement by means of leaf cover on external walls—A simulation model**. *Energy and buildings*, v. 14, n. 1, pg 19 a 30, 1989.

HOWARD, L. **The climate or London deduced from meteorological observations made in metropolis and at varios places around it**. 2 e., 3 vol. London, J & A. Arch, Cornhill, Longman & Co, 1833. apud LANDSBERG, H. E. *The Urban Climate*. New York, Academic Press, 1981.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações Município de Belo Horizonte, Minas Gerais**. 2010.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Clima Tempo, Cidade de Belo Horizonte, MG**. 2016.

IZARD, J.-L., GUYOT, A. **Tecnología y Arquitectura – Arquitectura Bioclimática**. México, D.F.: Gustavo Gili. Pg 191, 1983.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

KÖHLER, M. **Green facades - a view back and some visions**. *Urban Ecosystems*, v. 11, n. 4, p. 423-436, 28 mai. 2008.

LANDSBERG, H. E. **The Urban Climate**. New York, Academic Press, 1981.

LECHNER, N.; **Heating, cooling, lighting: design methods for architects**. 2 ed. Canadá: John Willey & Sons, 1990. 648 p.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec. pg 244, 1985.

LYNCH, K. **A imagem da cidade**. Editora Martins Fontes, São Paulo, SP, 1988.

MASCARÓ, L. **Ambiência Urbana**. Associação Brasileira de Direitos Reprográficos. Porto Alegre: Sagra, DC Luzzato, 1996.

MARTINS, L. A. **A temperatura do ar em Juiz de Fora - MG: influências do sítio e da estrutura urbana**. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1996. (Mestrado em Geografia)

MONTEIRO, C. A. de F. **Análise rítmica em climatologia – problemas da atualidade climática em São Paulo e chegadas para um programa de trabalho**. Climatologia. n.1, São Paulo: USP/IG. Pg 9 a 68, 1971.

\_\_\_\_\_. **Teoria e clima urbano**. Tese de livre docência. Departamento da FFLCH-USP, São Paulo, 1976.

\_\_\_\_\_. **Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura**. Revista GEOSUL, n.9, UFSC. Pg 61 a 80. 1990

\_\_\_\_\_. **Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos**. In: MONTEIRO, C.A. F.; MENDONÇA, F.(Org). Clima Urbano. São Paulo: Contexto, 2003.

NODARI, L. A. **Variações Térmicas ocorridas em dois conjuntos habitacionais de Rio Claro: o Santa Maria e o Vila Elizabeth**. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, (Mestrado em Geografia). 2000.

OKE, T. R. The Energetic Basis of Urban Heat Island, **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**. Pg 108, 1982.

OKE. T. R. **Boundary Layer climates**. 2 ed. London, Methuen & Ltda. A. Halstede Press Book. Pg 372. 1987.

PAULA, R. Z. R. **A Influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construído**. 2004. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. pg 38 a 42 e 45. 2004.

PERINI, K. et al. **Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope**. Building and Environment, 2011.

PEZZUTO, C. C. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos. Estudo de caso em Campinas, SP**. 182 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2007.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: Projeto. Pg 128, 1988.

RUAS, Á. C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. Fundacentro. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e medicina do Trabalho. Pg 94, 1999.

SORRE, M. **Geografia. Col. Grandes Cientistas Sociais**. São Paulo: Ática, 1984.

TARIFA, J. R. **Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos (SP)**, Brasil. Geografia, V.2 (4), Rio Claro. Pg 59 e 60, 1977.

TARIFA, J. R. e ARMANI, G. Os “climas naturais”. In: Tarifa J. R. & Azevedo T. R. Os climas na cidade de São Paulo. Departamento de Geografia, FFLCH-USP. GEOUSP n. 4, 2001, 199 p.

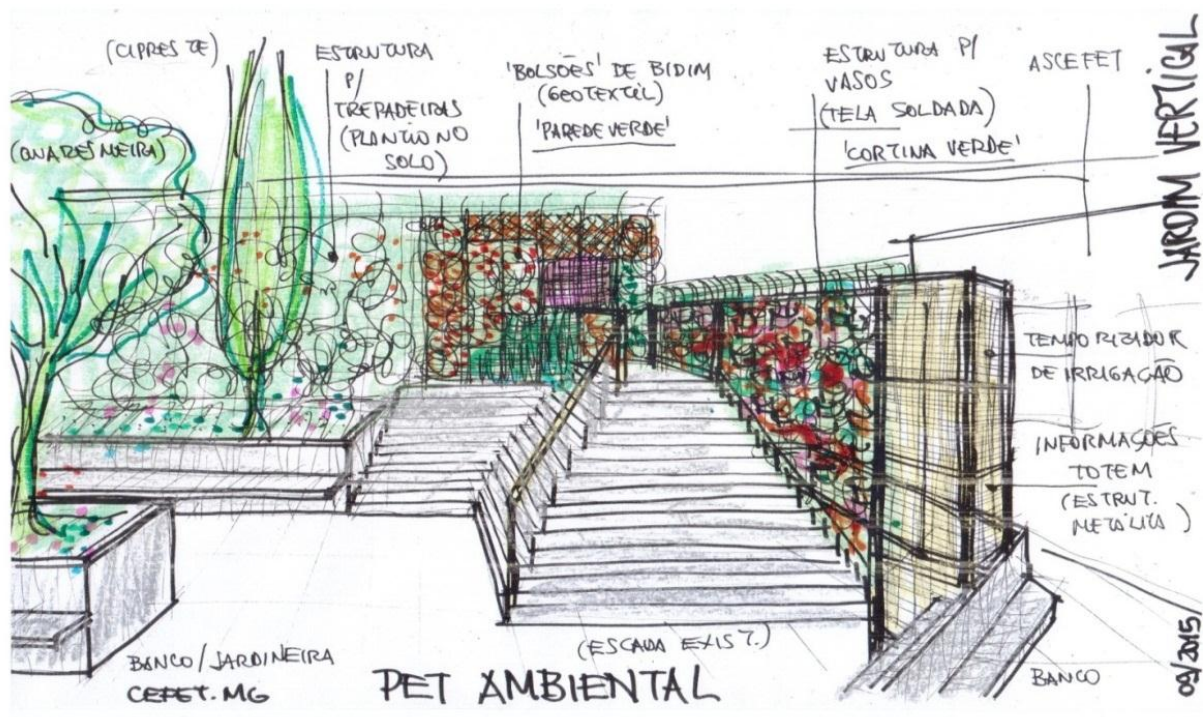
TAVARES, A. C. **O clima local de Campinas: introdução ao estudo do clima urbano**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1974. (Mestrado em Geografia)

\_\_\_\_\_. **Critério de escolha de anos padrão para Análise Rítmica**. In: Revista Geografia. Rio Claro. v. 1, n. 1, p. 79-87, Abr., 1976

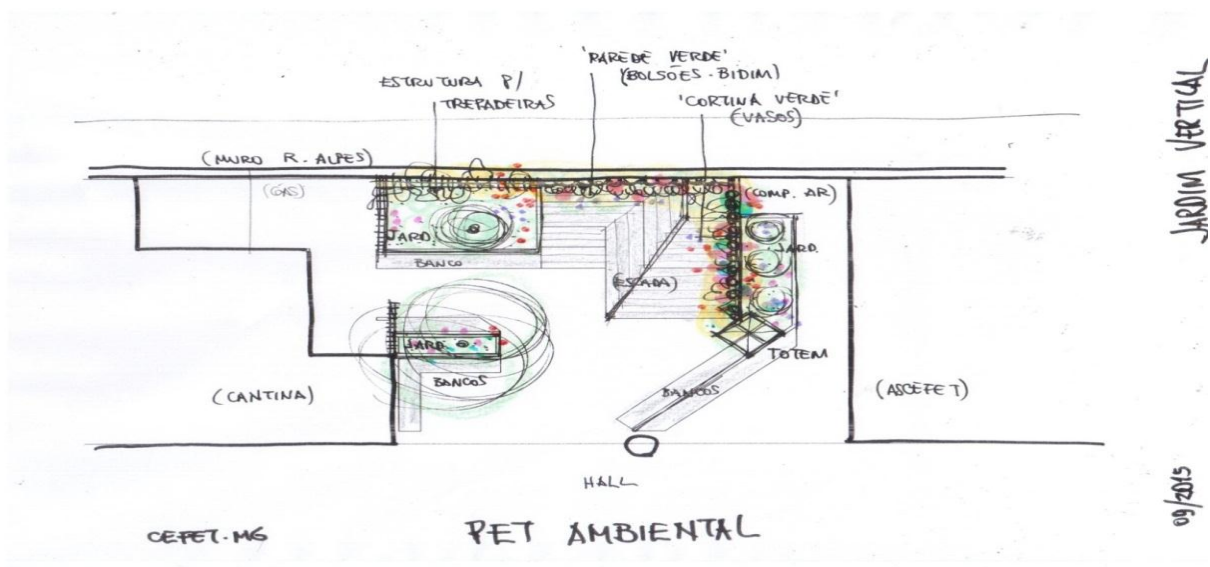
WONG, N. H. et al. **Energy simulation of vertical greenery systems**. *Energy and buildings*, v. 41, n. 12, p. 1401–1408, 2009.

## LISTA DE ANEXOS

## ANEXO 1



Croquis da Vista do Jardim Vertical feito pelo Professor João Maurício



Croquis da Planta baixa do Jardim Vertical no Campus I (área próxima à Cantina). Crédito: Professor João Maurício

## ANEXO 2



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

**TCC: A Influência do Jardim Vertical no Microclima: Diagnóstico e Comparação dos Indicadores Ambientais Temperatura e Umidade do Ar**

**ORIENTADOR: Prof. Ricardo José Gontijo Azevedo**

**QUESTIONÁRIO PARA PESQUISA**

- Esta pesquisa tem como objetivo quantificar as empresas de paisagismo que trabalham com jardim vertical na cidade de Belo Horizonte, bem como o número de clientes que optaram pela adoção de tal técnica em seu imóvel.

1- Nome da Empresa:

2- Sua empresa projeta jardim vertical?

( ) - Sim            ( ) - Não

Se a resposta for sim, poderia fazer a gentileza de responder o restante das questões. No caso da escolha da negativa, agradecemos a sua gentileza em nos atendermos.

3- Em que ano essa técnica começou a ser empregada?

4- Aproximadamente quantos projetos que utiliza essa técnica já foram executados pela empresa?

5- Quanto aos clientes, eles são em sua maioria do tipo comercial ou residencial?

6- Quais os elementos mais motivaram os clientes ao optar por essa técnica?

( ) - Estética.

( ) - Conforto térmico.

( ) - Restrição de espaço.

( ) - Indicação do(a) paisagista.

7- Quais são as três espécies de plantas mais comumente utilizadas?

8- Poderia citar ao menos um cliente que tenha contratado esse tipo de projeto? Se sim, onde se localiza?