

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS  
CENTRO DE ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*  
MESTRADO EM SUSTENTABILIDADE

FILIPPE AUGUSTO PAK LUCON

**ALTERAÇÕES NO MICROCLIMA EM ÁREAS DE  
BORDA DE REMANESCENTE FLORESTAL URBANO**

Campinas/SP  
2020

FILIPPE AUGUSTO PAK LUCON

**ALTERAÇÕES NO MICROCLIMA EM ÁREAS DE  
BORDA DE REMANESCENTE FLORESTAL URBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como requisito para a obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Regina Márcia Longo.

Ficha catalográfica elaborada por Vanessa da Silveira CRB 8/8423  
Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI - PUC-Campinas

551.66  
L941a

Lucon, Filipe Augusto Pak

Alteração no microclima em áreas de borda de remanescente florestal urbano /  
Filipe Augusto Pak Lucon. - Campinas: PUC-Campinas, 2020.

85 f.: il.

Orientador: Regina Márcia Longo.

Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) - Programa de Pós-Graduação em  
Sustentabilidade, Centro de Economia e Administração, Pontifícia Universidade  
Católica de Campinas, Campinas, 2020.

Inclui bibliografia.

1. Microclimatologia. 2. Ecologia. 3. Área de Relevante Interesse Ecológico Mata  
de Santa Genebra (Campinas, SP). I. Longo, Regina Márcia. II. Pontifícia  
Universidade Católica de Campinas. Centro de Economia e Administração. Programa  
de Pós-Graduação em Sustentabilidade. III. Título.

CDD - 23. ed. 551.66

**FILIFE AUGUSTO PAK LUCON**

**ALTERAÇÕES NO MICROCLIMA EM ÁREAS DE BORDA DE REMANESCENTE  
FLORESTAL URBANO**

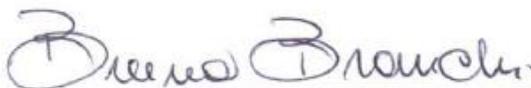
**Este exemplar corresponde à  
redação final da Dissertação de  
Mestrado em Sustentabilidade da  
PUC- Campinas, e aprovada pela  
Banca Examinadora**

**APROVADA EM: 21 de fevereiro de 2020.**



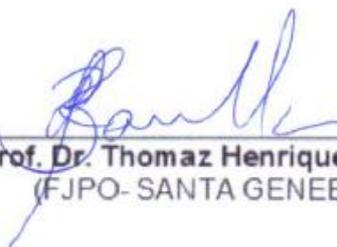
---

**Profa. Dra. Regina Marcia Longo**  
(Orientador- PUC-CAMPINAS)



---

**Profa. Dra. Bruna Angela Branchi**  
(PUC-CAMPINAS)



---

**Prof. Dr. Thomaz Henrique Barreia**  
(FJPO- SANTA GENEBRA)

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Para conclusão deste trabalho foi de suma importância o apoio da Fundação José Pedro de Oliveira – Mata de Santa Genebra, CEPAGRI e PUC-Campinas.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>IX</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>X</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. HIPÓTESE BÁSICA E OBJETIVO</b> .....	<b>14</b>
2.1. Hipótese Básica .....	14
2.2. Objetivo Geral .....	14
2.2.1. Objetivos Específicos .....	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
3.1. O Desenvolvimento Sustentável, a Poluição Atmosférica e as Mudanças Climáticas.....	15
3.2. O Efeito Estufa e as Mudanças Climáticas .....	21
3.3. O Clima Urbano e os Serviços Ecossistêmicos das Florestas .....	26
3.4. As Unidades de Conservação (UCs) e o efeito de borda.....	33
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>41</b>
4.1. Categoria de Estudo .....	41
4.2. Clima de Campinas/SP.....	41
4.3. Área de Estudo .....	43
4.4. Definição dos Pontos de Amostragem.....	45
4.5. Coleta de dados.....	46
4.6. Análise dos Dados .....	50
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>75</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>76</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CATEGORIAS DA ORGANIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO CLIMA E SUAS ARTICULAÇÕES COM O CLIMA URBANO. ....	28
TABELA 2. CLASSES DE USO DE UCS. ....	36
TABELA 3. ESPECIFICAÇÃO DOS DIAS DE AMOSTRAGEM. ....	46
TABELA 4. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DADOS OBTIDOS NO INVERNO. .	51
TABELA 5. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DADOS OBTIDOS NA PRIMAVERA. ....	53
TABELA 6. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DADOS OBTIDOS NO VERÃO. ....	54
TABELA 7. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DADOS OBTIDOS NO OUTONO. ..	55
TABELA 8. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS GLOBAL.....	56
TABELA 9. CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS DE ESTUDO E VALOR-P.....	60
TABELA 10. AVALIAÇÃO DE DIFERENÇA DAS MEDIANAS DOS DADOS COLETADOS AS 9H NAS QUATRO ESTAÇÕES. ....	66
TABELA 11. AVALIAÇÃO DE DIFERENÇA DAS MEDIANAS DOS DADOS COLETADOS AS 12H NAS QUATRO ESTAÇÕES.....	69
TABELA 12. AVALIAÇÃO DE DIFERENÇA DAS MEDIANAS DOS DADOS COLETADOS AS 15H NAS QUATRO ESTAÇÕES.....	71

**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1. ÁREAS VERDES DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS/SP. ....	38
FIGURA 2. MAPAS DE LOCALIZAÇÃO. (A) ESTADO DE SÃO PAULO NO BRASIL; (B) REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS (RMC) NO ESTADO DE SÃO PAULO NO BRASIL; (C) CAMPINAS NA RMC; (D) CAMPINAS. ....	42
FIGURA 3. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO. ....	45
FIGURA 4. EXEMPLO DE FOTOGRAFIA HEMISFÉRICA. ....	47

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. HISTÓRICO DAS CONFERÊNCIAS DAS PARTES (COP'S).....	17
QUADRO 2. CAUSAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS. ....	21
QUADRO 3. SISTEMA CLIMA URBANO (S.C.U.) – ARTICULAÇÃO DOS SISTEMAS SEGUNDO OS CANAIS DE PERCEPÇÃO. ....	27
QUADRO 4. CATEGORIAS DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	36
QUADRO 5. LIMITES DA MATA DE SANTA GENEVRA COM CADA UMA DAS SUAS INTERFACES ESTABELECIDAS. ....	48
QUADRO 6. QUADRO COM CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE ANÁLISE COM BASE EM FOTOS HEMISFÉRICAS.....	49

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- ARIE** - ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO
- CH<sub>4</sub>** - GÁS METANO
- CLT** - CONSOLIDAÇÃO DAS LEIS TRABALHISTAS
- CO<sub>2</sub>** - DIÓXIDO DE CARBONO
- CONAMA** - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE
- COP** - CONFERÊNCIA DAS PARTES
- EUA** - ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA
- GEE** - GASES DE EFEITO ESTUFA
- GSF** - GLOBAL SITE FACTOR
- IAF** - ÍNDICE DE ÁREA FOLEAR
- ICU** - ILHA DE CALOR URBANO
- INPE** - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
- IPCC** - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE
- MCTI** - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
- N<sub>2</sub>O** - ÓXIDO NITROSO
- NR** - NORMA REGULAMENTADORA
- O<sub>3</sub>** - OZÔNIO
- ONU** - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
- PMV** - PLANO MUNICIPAL DO VERDE
- PNMC** - POLÍTICA NACIONAL DE MUDANÇAS DO CLIMA
- SCU** - SISTEMA CLIMA URBANO
- SNUC** - SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO
- T<sub>ar</sub>** - TEMPERATURA DO AR
- TBL** - TRIPLE BOTTON LINE
- T<sub>solo</sub>** - TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO SOLO
- UC** - UNIDADE DE CONSERVAÇÃO
- UR** - UMIDADE RELATIVA
- WMO** - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION

## RESUMO

LUCON, F. A. P. Alterações no microclima em áreas de borda de remanescente florestal urbano 2019. 80 p. Exame de Qualificação de mestrado (Mestrado em Sustentabilidade) – Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2019.

Em função do processo de industrialização e a ocupação desordenada do ambiente deu-se o processo de fragmentação de ecossistemas naturais promovido pelo impacto das atividades humanas ao meio ambiente em sua busca desenfreada por matéria prima para uma forma de crescimento nada sustentável. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi utilizar indicadores microclimáticos em áreas de borda de um fragmento de floresta para inferir sobre a influência do uso e ocupação do solo do entorno e discutir a contribuição de fragmentos florestais no microclima urbano. O estudo foi realizado na Área de Relevante Interesse Ecológico (A.R.I.E.) Mata de Santa Genebra no município de Campinas-SP. Os pontos de amostragem definidos apresentaram diferentes interfaces de estudo, sendo as áreas: de uso rural, urbana, compactada, próxima à rodovia e o centro da mata que foi utilizada como referência. Utilizou-se como indicadores a temperatura do ar (°C), a temperatura da superfície do solo (°C), a umidade relativa (%), o índice de área foliar (IAF) e o *global site factor* (GSF), sendo analisados durante as quatro estações do ano. O IAF e do GSF que foram estudados apenas no inverno e no verão por se tratar de uma florestal estacional semidecidual interiorana, sofrendo efeito de duas estações do ano. A tomada de dados da temperatura do ar, superfície do solo e umidade relativa foi realizada em intervalos entre às 9:00-10:00, 12:00-13:00 e 15:00-16:00 h. Os resultados obtidos analisados pela estatística descritiva, gráficos tipo *boxplot*, coeficiente de correlação entre os dados, teste de significância pela mediana de Mood e análise de intervalos de confiança. Conforme análises realizadas notou-se que o centro do fragmento florestal, de forma geral, apresentou os maiores níveis de umidade relativa, e os menores de temperatura do ar e temperatura da superfície do solo, e a borda com interface urbana foi a que mais diferiu das demais em relação ao centro do fragmento florestal, seguido da borda que faz interface com a área compactada, rodovia e por fim de interface com a área rural, demonstrando como as borda que fazem interface com as áreas urbanizadas foram as mais impactadas. Além disto, foi evidenciado que a redução da temperatura do ar e do solo e o aumento da umidade relativa provocado pelo fragmento florestal apresentou-se influenciado em locais impermeabilizados, com adensamento construtivo e ambientes de solo exposto.

**Palavras-chave:** Microclima; floresta urbana; áreas de borda mata de Santa Genebra

## ABSTRACT

LUCON, F. A. P. Microclimate changes in edge areas of urban forest remnants 2019. 80 p. Master Qualification Exam (Master in Sustainability) - Postgraduate Program in Sustainability, Pontifical Catholic University of Campinas, Campinas, 2019.

Due to the industrialization process and the disordered occupation of the environment, the process of fragmentation of natural ecosystems took place, promoted by the impact of human activities on the environment in its unrestrained search for raw material for a form of unsustainable growth. In this context, the objective of the present work was to use microclimatic indicators in the edge areas of a forest fragment to infer the influence of the use and occupation of the surrounding soil and to discuss the contribution of forest fragments in the urban microclimate. The study was carried out in the Area of Relevant Ecological Interest (A.R.I.E.) Mata de Santa Genebra in the city of Campinas-SP. The defined sampling points presented different study interfaces, being the areas: rural, urban, compacted, close to the highway and the center of the forest that was used as a reference. Air temperature (°C), soil surface temperature (°C), relative humidity (%), leaf area index (IAF) and global factor site (GSF) were used as indicators. during the four seasons. The IAF and the GSF, which were studied only in winter and summer, as it is a seasonal semi-deciduous forest in the countryside, suffering the effect of two seasons. Data on air temperature, soil surface and relative humidity were taken at intervals between 9: 00-10: 00, 12: 00-13: 00 and 15: 00-16: 00 h. The results obtained were analyzed using descriptive statistics, boxplot-type graphs, correlation coefficient between the data, significance test using the Mood median and analysis of confidence intervals. According to the analyzes carried out, it was noted that the center of the forest fragment, in general, presented the highest levels of relative humidity, and the lowest of air temperature and soil surface temperature, and the edge with urban interface was the one that most differed. Of the others in relation to the center of the forest fragment, followed by the edge that interfaces with the compacted area, the highway and finally the interface with the rural area, demonstrating how the edges that interface with urbanized areas were the most impacted. In addition, it was evidenced that the reduction in air and soil temperature and the increase in relative humidity caused by the forest fragment was influenced by waterproofed areas, with constructive densification and exposed soil environments.

**Keywords:** Microclimate; urban forest; forest edge areas of Santa Genebra

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado à desigualdade social é visto ao mesmo tempo como a causa e a consequência que contribuem de forma direta para o agravamento dos problemas ambientais. Dentro do estatuto das cidades, aprovado no ano de 2001, são definidos princípios diretamente relacionados aos direitos humanos e ao desenvolvimento sustentável, buscando promover uma forma desenvolvimento urbano sustentável (HAMMARSTRÖN; CENCI, 2013).

Após a revolução industrial, os recursos naturais passaram a ser explorados de forma desordenada, resultando em efeitos negativos tanto ao meio ambiente quanto ao próprio homem, a partir disso, iniciaram-se graves problemas ambientais que motivaram a realização de grandes eventos internacionais visando discutir as questões ambientais, o crescimento econômico e as desigualdades sociais (NASCIMENTO, 2012). Neste contexto pode-se dizer que a industrialização gerou um processo de exploração do homem pelo próprio homem e, com isso, os conceitos de desenvolvimento e urbanização tornaram-se a base de uma concepção capitalista onde seu interesse econômico e a busca pelo acúmulo de capital sobrepujou o interesse pelos aspectos socioambientais (HAMMARSTRÖN; CENCI, 2013).

Dentro do contexto histórico da proteção ambiental, sabe-se que, após a segunda guerra mundial, deu-se destaque à reconstrução dos países que sofreram grandes perdas e a consciência ecológica tornou-se prioridade. Seguindo esta linha, em 1972 ocorreu a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, na cidade de Estocolmo, Suécia, onde se reuniram 113 países para discutir as consequências da degradação do meio ambiente (MOURA, 2008).

Dentre os problemas ambientais existentes, aqueles que são promovidos pela emissão de poluentes, impactaram diretamente no aumento da temperatura global nas últimas décadas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1995).

Sabe-se hoje que a concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera resultante de atividades antrópicas, destacando o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o gás metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), tem aumentado de forma preocupante, mais especificamente, através da queima de combustíveis fósseis. As mudanças que ocorreram nas formas de uso e ocupação da terra influenciam na concentração do dióxido de carbono e, quando se diz respeito a agropecuária, a concentração de gás metano e óxido nitroso são alterados (MCTI, 2016).

No caso específico da qualidade climatológica, o modelo de crescimento que está vigente é pautado sobre a lógica do crescimento econômico contínuo, comprometendo a dinâmica dos sistemas fundamentais para a manutenção da vida. Quando os modelos e valores

que funcionam como norteadores da sociedade foram estabelecidos, a relação entre ser humano e natureza não foi considerada e, por este motivo, o planeta foi transformado sem que os limites físicos da biosfera fossem respeitados, resultando, segundo Sachs (1998, apud PERALTA; LEITE, 2012), em um planeta “abarroado”, onde o capital artificial se sobressai ao capital natural (PERALTA; LEITE, 2012).

Em diversas pesquisas é apontado que temperaturas alcançam seu valor máximo em centros urbanos, em espaços de grande área construída, adensamento populacional e alta taxa de impermeabilização (PEZZUTO, 2007). Problemas relacionados ao aumento da temperatura em ambientes urbanos mostram a dificuldade referente à forma de gestão ambiental nos núcleos urbanos, por este motivo, considera-se imprescindível o manejo da vegetação nestes ambientes que, se constitui num grande desafio para o planejamento urbano (MAZZAROTTO; CUBAS; MARANHO, 2011).

Os remanescentes florestais urbanos, resquílios de vegetação natural que são circundados por uma área urbanizada, são considerados recursos preciosos para aumentar a qualidade de vida em centros urbanos uma vez que são responsáveis por amenizar os impactos antrópicos (SOUZA *et al*, 2013). E, apesar de sofrerem com as ações antrópicas em seu entorno e não possuírem conexão com outras florestas, são relevantes para funções sociais que podem estar ligadas às condições microclimáticas e aos seus aspectos físicos (CRUZ, 2009).

As variações microclimáticas estão fortemente relacionadas ao uso e ocupação do solo, devido sua impermeabilização, construções, ausência de áreas verdes, excesso de pavimentação e de veículos em circulação contribuem com a retenção do calor e redução de umidade do ar, trazendo um desconforto para aqueles que habitam e/ou circulam por essas áreas (GHENO; FRANÇA; MAITELLI, 2012). Por estes aspectos, o estudo sobre o clima urbano torna-se necessário uma vez que o ser humano está sempre a busca de melhor qualidade de vida (CRUZ, 2009).

Além de fornecerem condições de qualidade de vida e bem-estar, as florestas são importantes também para a paisagem urbana, por razões ecológicas e sociopsicológicas. As florestas urbanas tornam-se cada vez mais necessária e, atualmente, são vistas como elemento de promoção de qualidade de vida a comunidade ao redor. Até mesmo os locais onde as florestas urbanas são encontradas em pequenos fragmentos, exercem papel importante na amenização climática, possibilitando a existência de microclimas urbanos diferenciados por meio de sombreamento, redução da velocidade dos ventos, proteção solar ao ambiente, redução da temperatura, evapotranspiração e retenção de umidade do solo e do ar (MELO; DIAS, 2019).

## **2. HIPÓTESE BÁSICA E OBJETIVO**

### **2.1. Hipótese Básica**

O presente trabalho parte da hipótese básica que o microclima em áreas de borda de fragmentos florestais urbanos é impactado de forma negativa em função da forma de uso e ocupação do seu entorno.

### **2.2. Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é avaliar se as diferentes formas de uso e ocupação do solo interferem no microclima da Área de Relevante Interesse Ecológico de Santa Genebra – Campinas/SP.

#### **2.2.1. Objetivos Específicos**

No intuito de atingir o objetivo geral, foram traçados objetivos específicos, sendo eles:

- Implantar parcelas fixas de monitoramento de indicadores de qualidade ambiental na área de estudo;
- Coletar dados microclimáticos em diferentes situações limítrofes da mata a fim de avaliar as alterações promovidas pelas diferentes formas de ocupação do entorno;
- Discutir ao longo da dissertação sobre os benefícios promovidos ao meio urbano por remanescentes florestais por meio da análise de 5 indicadores (Temperatura do Ar (°C), Temperatura da Superfície do Solo (°C), Umidade Relativa (%), Índice de Área Foliar ( $m^2/m^2$ ) e o GSF, ou Global Site Factor).

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. O Desenvolvimento Sustentável, a Poluição Atmosférica e as Mudanças Climáticas

O meio ambiente, em sua totalidade, é considerado um direito fundamental assegurado pela carta magna de 1988, assim sendo, possui importância ímpar sendo de responsabilidade do estado garantir aos cidadãos o acesso a um meio ambiente ecologicamente equilibrado (BRASIL, 1988; VEZZANI; VEZZANI, 2014).

Elkington (1994, 2004) utiliza o termo Triple Bottom Line (TBL) para integrar os sistemas do tripé da sustentabilidade: economia, meio ambiente e sociedade. A ideia que fundamenta é que a sustentabilidade não será alcançada sem a superação de conflitos básicos de desigualdade social, consumo excessivo de recursos naturais e subordinação dos resultados econômicos aos interesses socioambientais. A sustentabilidade ambiental é vista como a desmaterialização da atividade econômica, pelo fato de que a diminuição de processamento de material representa uma redução das pressões em que os sistemas naturais estão sendo submetidos e um aumento dos seus serviços ambientais para a economia. A sustentabilidade econômica representa a manutenção do capital natural, condição necessária para que não ocorra um decréscimo econômico. E, a sustentabilidade social está associada à igualdade social (SARTORI, LATRONICO, CAMPOS, 2014).

Quando se discute a importância do meio ambiente, deve-se lidar com conceitos não apenas econômicos, mas ecológicos e outros correlatados. Deve-se notar que a ligação entre economia e ecologia não foi imediata, a economia clássica (neoclássica) não insere o meio ambiente em seus cálculos, consideram-se apenas os aspectos econômicos e monetários, em uma visão utilitarista de curto prazo que não inclui elementos sociais e ambientais (VEZZANI; VEZZANI, 2014). Para Beck (2010), por exemplo, as ciências sociais não estão presentes nas discussões sobre os riscos ambientais, fazendo com que existam lacunas de extrema importância, sob risco de “atrofiar-se numa discussão da natureza sem ser humano, sem questionar seu sentido social e cultural” (BECK, 2010, p. 29). A sociologia ambiental preocupar-se-ia com as leituras culturais da ciência, ou seja, com a percepção ambiental de diversos grupos sociais.

No âmbito internacional, os problemas ambientais, passaram a ser visto com mais seriedade a partir do início da década de 1970. O clube de Roma gerou o *Relatório de Meadows* com os primeiros alertas sobre os limites do crescimento. Na Conferência da Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano (1972) foi adotada a Declaração de Estocolmo, para muitos, o ponto de partida do direito ambiental moderno (PERALTA; LEITE, 2012).

Mas, foi em 1987 que o conceito de desenvolvimento sustentável passou a se consolidar no cenário internacional, quando a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1983, publicou o *Nosso Futuro em Comum*, ou Relatório de Brundtland. E, sobre influência destes documentos, a institucionalização da proteção do meio ambiente passou a ser uma tendência internacional (PERALTA; LEITE, 2012). Além disso, neste mesmo relatório foi elaborada uma das definições mais difundidas do conceito: “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987).

Em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente foi assinada a Convenção Quadro das Nações Unidas Sobre Mudanças do Clima, cuja finalidade era a redução da emissão dos gases de efeito estufa. Em seu texto foi reconhecido que as mudanças climáticas globais são preocupação comum de toda a sociedade e, por este motivo, busca-se uma estratégia global a fim de conservar os sistemas climáticos. Ainda, foi reforçado o conceito de desenvolvimento sustentável, trazendo a ideia da diminuição da pobreza por meio de um desenvolvimento econômico e social integrado à conservação do meio ambiente (ONU, 1992).

A convenção foi composta por 195 membros, sendo 194 estados e uma organização de integração econômica regional, a União Europeia. No Brasil, a convenção foi assinada em 1992 e ratificada em 1994. As obrigações destes Estados-Partes constam no artigo 4º, baseadas na adoção de políticas e medidas que limitem a emissão dos gases de efeito estufa (ONU, 1992). Para isso, desde 1995, é realizada periodicamente a Conferência das Partes (COP's), órgão decisório, a fim de debater metas globais e sobre o que fazer, como fazer, quem deve fazer, quando fazer e com quais recursos (SOUZA; CORAZZA, 2017). O Quadro 1 apresenta um resumo dos temas, locais e ano das COP's.

**Quadro 1.** Histórico das Conferências das Partes (COP's).

<b>COP</b>	<b>ANO</b>	<b>LOCAL</b>	<b>TEMA</b>
COP1	1995	BERLIM- ALEMANHA	Introdução de políticas de mitigação do efeito estufa.
COP2	1996	GENEBRA- SUIÇA	Fundo Global para Meio Ambiente – Combate às mudanças climáticas globais em países de baixa renda.
COP3	1997	QUIOTO- JAPÃO	Protocolo de Quioto - Mitigação dos efeitos dos gases de efeito estufa através da redução da emissão destes gases.
COP4	1998	BUENOS AIRES- ARGENTINA	Plano de Ação de Buenos Aires – Mecanismos para estabelecer regras e burocracias quanto à implementação do Protocolo de Quioto
COP5	1999	BONN- ALEMANHA	Necessidade de trabalho para implementar Plano de Ação de Buenos Aires na COP6 e questões sobre Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas.
COP6/ COP6, 5	2000/2 001	HAAIA- HOLANDA/BO NN- ALEMANHA	COP 6 foi suspensa devido a impossibilidade de soluções de alguns impasses referentes ao Plano de Ação de Buenos Aires e sobre as questões para o financiamento dos países de baixa renda/ COP 6,5 tratou de incertezas sobre o futuro do protocolo de Quioto (EUA renuncia ao Protocolo) – Acordo de Bonn, sucesso ao estabelecer níveis de emissão de GEE e a ajuda financeira dos países mais ricos aos em desenvolvimento.
COP7	2001	MARRAKESH- MARROCOS	Regras para efetivar o Protocolo de Quioto – Acordo de Marrakesh – Regras que limitam o uso e transferência dos Créditos de Carbono, de florestas, pelos países com grande capacidade de geração desta forma de crédito, estabelecimento de fundos internacionais e Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL).
COP8	2002	NOVA DÉLI- ÍNDIA	Pendências do Acordo de Marrakesh. Houve impossibilidades para se concluir tais questões, adiando para COP9. Iniciativas do setor privado – Formação de mercado para crédito de carbono.
COP9	2003	MILÃO- ITÁLIA	Mecanismos e Regras para adoção de projetos florestais no MDL. Estabelecimento de ações de reflorestamento passam a ser uma condição para obter crédito de carbono e regras que definem como os projetos de florestamento e reflorestamento deverão ser conduzidos para que a Convenção do Clima os reconheça e para obtenção de créditos de carbono.
COP10	2004	BUENOS AIRES- ARGENTINA	Entrada da Rússia no Protocolo de Quioto. Discussões sobre o segundo período de implantação do protocolo, que seria em 2013.
COP11	2005	MONTREAL- CANADÁ	Primeira COP após implementação do Protocolo de Quioto – Primeira Reunião das Partes do Protocolo de Quioto (MOP 1). Questões sobre o que fazer Pós-Protocolo de Quioto.
COP12	2006	NAIRÓBI- QUÊNIA	Discussão sobre o segundo período de compromisso através do Protocolo de Quioto – Impossibilidade de consenso, discussão foi atrasada para outras COPs. Criação do REDD – Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação – Redução dos GEE em países em desenvolvimento – Proposta do governo brasileiro.
COP13	2007	BALI- INDONÉSIA	Discussões a respeito da segunda etapa do Protocolo de Quioto – Inclusão das questões florestais na redução dos gases e implantação efetiva do Fundo de Adaptação.

*Continua na próxima página.*

<i>Continuação</i>			
COP14	2008	POZNAM-POLÔNIA	COP afetada pela crise econômica mundial e a espera pela decisão de Barack Obama. Países em desenvolvimento apresentam mais esforços na questão climática, em comparação aos países ricos.
COP15	2009	COPENHAGU E-DINAMARCA	Intensos debates levaram ao não alcance dos resultados esperados quanto o segundo período do Protocolo de Quioto – Criação do Acordo de Copenhague.
COP16	2010	CANCUN-MÉXICO	Impasse nas discussões sobre segunda etapa do Protocolo de Quioto. Criação do Fundo Verde – Aumento de pesquisas e desenvolvimento, além da transferência da tecnologia para países em desenvolvimento – Criação do Comitê Executivo de Tecnologia.
COP17	2011	DURBAN-ÁFRICA DO SUL	Medidas – Acordo para segunda fase do Protocolo de Quioto, melhoria no Fundo Verde para Clima e início para o fechamento do novo acordo global para mudanças do clima.
COP18	2012	DOHA/CATAR	Acordo sobre metas da segunda etapa do Protocolo de Quioto – Saída de Japão, Nova Zelândia e Japão se juntam aos EUA.
COP19	2013	VARSOVIA-POLÔNIA	Regime de compensação por perdas e danos, financiamento climático e pagamento por redução de emissões por combate ao desmatamento e degradação ambiental.
COP20	2014	LIMA-PERU	Submissão das INDC (Contribuições Nacionalmente Determinadas Pretendidas) – Compromissos de cada país para com a redução dos GEE para limitar o aumento da temperatura global a 2°C.
COP21	2015	PARIS-FRANÇA	Acordo de Paris – Esforço para que o aumento temperatura global fique muito abaixo dos 2°C, limitando-o para 1,5°C. Financiamento de países desenvolvidos – 100bi/ano – para países em desenvolvimento (2020-2025). Esforços “individuais” para redução de GEE. Inclusão de China e EUA.
COP22	2016	MARRAKESH-MARROCOS	Início da regulamentação do acordo de Paris – 92 países ratificaram – limitar aumento da temperatura média global em 1,5°C. Avanço da inovação para impulsionar a energia limpa em escala global.
COP23	2017	BONN-ALEMANHA	Igualdade de Gênero e Mudanças Climáticas – “ <i>The Paris Agreement cannot be implemented if we ignore 55 percent of the world population</i> ” (El-Haite, 2016). Fim da participação dos EUA e pedido de mais ambição em metas.

**Fonte:** BURKE (2017), Struck-garbe (2018), Instituto Socioambiental. Adaptado pelo autor.

As mudanças climáticas apresentam características que tipificam a problemática atual, são considerados problemas sistêmicos e complexos, suas fontes múltiplas e difusas dificultam a atribuição da responsabilidade, o que seria fundamental para aplicação do princípio do poluidor-pagador, suas consequências são cumulativas além de se desdobrarem além de fronteiras nacionais (SOUZA; CORAZZA, 2017).

Existe um consenso entre grande parte dos cientistas de que o volume das atividades humanas está, de fato, afetando o ecossistema de modo que a manutenção da vida seja perturbada, ou seja, o homem domina a terra, causando impactos que afetam os sistemas fundamentais para o ser humano na terra, o que acabou por definir esta era como o período do Antropoceno – termo utilizado pelo prêmio Nobel de química Paul Crutzen (AGUIAR, 2012; SACHS, 2008).

As mudanças climáticas impactam a maioria dos aspectos presentes no cotidiano do ser humano. O ecossistema em que a sociedade está introduzida é afetado com a perda de biodiversidade e do habitat, e os sistemas humanos, como a saúde, por exemplo, é influenciado de forma negativa devido a fatores como a propagação de vetores de doenças (IPCC, 2013).

Entende-se que, no Brasil, a urbanização acelerada e de modo desordenado, ocasionou uma degradação ambiental intensa e com isso uma redução na qualidade de vida dos moradores. Não apenas no Brasil, mas na maioria dos países do mundo, a taxa elevada de urbanização traz vários impactos negativos a sociedade, à economia e ao meio ambiente. Fenômenos ligados aos eventos climáticos, como enchentes, poluição atmosférica e ao efeito Ilha de Calor Urbano, são alguns dos resultados das condições ambientais da atualidade (FREITAS, 2016).

Segundo Danni-Oliveira (2000), em 1283, ocorreu o caso mais antigo de poluição do ar urbano, na Inglaterra, na cidade Nottingham, onde, ao longo deste ano, frequentes nuvens de fumaça preta, proveniente da queima de carvão mineral que era utilizado para aquecer as residências, eram formadas.

Braga, Pereira e Saldiva (2002) também citam diversos casos que envolvem o aumento da concentração de poluentes atmosféricos. Ao longo do século passado, desastres ambientais não cessaram. Mesmo em países desenvolvidos, com instrumentos para o controle ambiental mais efetivo, existem discussões sobre os efeitos da poluição atmosférica, mesmo nas concentrações consideradas “seguras” pela legislação.

No Brasil, o CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, criado em 1981, vinculado ao IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, é o órgão federal que dispõe sobre normas para controle e monitoramento da poluição do ar, assim como seus padrões de qualidade que devem ser seguidos e está representado pela Resolução nº3 de 26/09/1990.

Estes padrões de qualidade são divididos em dois tipos, os Padrões Primários e os Secundários. O padrão primário é relativo às concentrações que, quando são ultrapassadas, podem afetar a saúde da população. São os níveis máximos tolerados de concentração de poluentes atmosféricos, definidos em metas de curto prazo. Os padrões secundários referem-se às concentrações de poluentes atmosféricos que estão abaixo das quais prevê um efeito mínimo sobre saúde da população e ao meio ambiente. Podem ser entendidos como os níveis desejados de concentração de poluentes, definidos em metas de longo prazo.

No Brasil, pode-se também destacar a Norma Regulamentadora-15 (NR-15) sobre as atividades e operações insalubres, onde são descritas as atividades, operações e agentes

insalubres, são definidos seus limites de tolerância, e deste modo, definindo situações que, quando vivenciadas nos ambientes de trabalho, caracterizem o exercício insalubre, e os meios para proteger trabalhadores destas exposições nocivas à saúde. Ou seja, estabelece níveis e volumes de deslocamento do ar no ambiente interno e concentração de poluentes químicos dentro do local de trabalho. Seu embasamento jurídico são os artigos 189 e 192 da Consolidação das Leis Trabalhistas – CLT.

Em relação as mudanças climáticas, a WMO (World Meteorological Organization), estabelecida em 1950, passou a ser a agência especializada das Nações Unidas nos campos da meteorologia, hidrologia e ciências geofísicas relacionadas. A WMO estabelece uma definição para o termo “clima” como os valores médios de variabilidade da temperatura, precipitação e velocidade dos ventos em um certo período de tempo (WMO aconselha que este período seja de 30 anos), podendo variar de meses a milhões de anos (MACHADO, 2010).

Os gases que compõem a atmosfera, capazes de absorver a radiação infravermelha são conhecidos como os gases de efeito estufa (GEE), tendo como seus principais componentes o CO<sub>2</sub> (Gás carbônico), CH<sub>4</sub> (Metano), N<sub>2</sub>O (Óxido nitroso), O<sub>3</sub> (Ozônio) e o vapor de água (OLIVEIRA, 2008).

Os GEE possuem um papel importante para a dinâmica climática da terra. Esses gases absorvem a radiação emitida pela superfície da Terra de volta ao espaço, desta forma, a radiação é retida causando o efeito estufa natural, fazendo com que a terra se torne 33°C mais quente do que seria (MACHADO, 2010).

Em teoria levantada pelo IPCC (2007a), as sociedades industriais, ao não conter o volume de dióxido de carbono e outros GEE que eram emitidos, provocaram uma alteração severa na composição da atmosfera. Ruddiman (2005) levantou a hipótese de que as ações antrópicas passaram a alterar o clima há milhares de anos, quando nossos ancestrais passaram a praticar a agricultura.

O IPCC (2007) diz que o principal motivo para o aquecimento global por concentração de dióxido de carbono é o uso de combustível fóssil. Já a agricultura tem sua contribuição relacionada com o aumento do óxido nitroso e gás metano. No Brasil, estudos realizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE - concordam com essa afirmação do IPCC. Marengo (2007), em relação ao aumento da temperatura no século XX, afirma que, além das variações naturais, o aquecimento global é consequência também do aumento das emissões de gases de efeito estufa derivadas de ações antrópicas, como indústria e uso do solo, por exemplo.

Segundo Ayoade (2007), teorias sobre as mudanças climáticas podem ser agrupadas sob três pontos de vista em relação às suas causas, conforme apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2.** Causas das Mudanças Climáticas.

<b>Causas Terrestres:</b>
• Migração polar e deriva continental;
• Mudanças na topografia da terra;
• Variações na composição da atmosfera;
• Mudanças na distribuição de superfícies continentais e hídricas;
• Variações na cobertura de neve e gelo;
<b>Causas Astronômicas:</b>
• Mudanças na excentricidade da órbita da terra;
• Mudanças na precessão dos equinócios;
• Mudanças na obliquidade do plano de eclíptica;
<b>Causas Extraterrestres:</b>
• Variações na quantidade de radiação solar (output solar);
• Variações na absorção da radiação solar exterior à atmosfera terrestre.

**Fonte:** Ayoade, 2007. Adaptado pelo autor.

### 3.2. O Efeito Estufa e as Mudanças Climáticas

Analisado pelo campo da astronomia, o planeta em que espécie humana se situa, está entre as órbitas de Vênus e Marte, com uma Lua que gira ao seu redor junto de seu deslocamento ao longo da órbita do sol. Estas funções são partes de uma engenharia que funciona há bilhões de anos, ocasionando mudanças em todos seus componentes constantemente. Neste sistema, trata-se de componentes que determinam a realização de processos que sustentam sua aparente perenidade. Dentro desta perspectiva, as mudanças climáticas ocorrem em longos períodos de tempo, mais conhecidas como escalas geológicas (ZANETTI,2012).

Para Silva e Paula (2009), o aquecimento global é visto como fenômeno climático de larga escala, em outras palavras, a temperatura média da superfície global eleva-se, por motivos externos e/ou internos.

O efeito estufa é um fenômeno resultante da concentração de gases na atmosfera terrestre. Esta composição dos gases concentrados é uma combinação de forças sutis do universo que mantém o planeta em sua posição atual, somada as contribuições de sistemas aquáticos e terrestres que, por sua vez, realizam trocas gasosas, proporcionando condições adequadas a uma boa qualidade de vida. O que tem contribuído para modificar esta composição de gases da atmosfera, provém de uso de certas fontes de energia, o que acaba comprometendo este balanço, influenciando no efeito estufa (ZANETTI,2012).

Por Neto (2010), entende-se por efeito estufa um fenômeno real e bem compreendido pela comunidade científica. Este processo tem seus “influenciadores” naturais que mantem o planeta Terra aquecido, que é parte fundamental da vida na Terra. Caso a energia que chega a Terra fosse completamente refletida para o espaço, os sistemas biológicos e ecológicos não sobreviveriam ou se perpetuariam.

As escalas geológicas de mudanças climáticas fazem com que a atmosfera siga um processo de transição, que possibilite a adaptação das espécies e sistemas a uma nova realidade. A relação da composição dos gases na atmosfera é uma das transições que acontecem para a adaptação da nova realidade. Com a influência do homem nesta composição de gases na atmosfera, acelerando um processo que ocorreria naturalmente em escalas geológicas, fazendo com que o processo de adaptação das espécies fique comprometido em virtude dessa influência (ZANETTI,2012).

Neto (2010) afirma ainda que o gás de efeito estufa mais “poderoso” é o vapor de água, gerado pela evaporação dos oceanos, dado o efeito estufa natural. Entretanto, o efeito estufa antrópico, que aumenta a temperatura do planeta, também eleva a evaporação oceânica, e o nível elevado de vapor de água na atmosfera leva ao aumento do calor e, portanto, ainda mais evaporação. Neste fenômeno, forma-se um ciclo contínuo onde o efeito estufa antrópico aumenta a formação de vapor de água que potencializa o efeito estufa antrópico.

Entende-se que as mudanças climáticas naturais como fruto de diferentes fontes, com interação de fenômenos naturais e do universo que nos circunda (intra e extraplanetárias), de componentes da superfície e atmosfera do planeta. Naturalmente, estas influências se dão em longos períodos de tempo (milhares de anos) que resultam em processos biológicos que co-evoluem um processo de adaptação. É na relação que existe entre as atividades humanas com a composição gasosa da atmosfera que residem os principais problemas do aceleramento destes efeitos de mudanças climáticas globais (ZANETTI, 2012).

Mourão (2007) afirma que a atmosfera terrestre possui aproximadamente 20Km de espessura, o que segundo ele, equivale a casca de uma laranja, sendo muito reduzida em relação a massa da superfície do planeta. Esta mesma atmosfera é principalmente composta por Nitrogênio, que é absorvida pelas plantas, e Oxigênio, para respiração. Ainda nesta atmosfera, existem os gases em menor concentração com o Argônio, Dióxido de Carbono, Hélio, Ozônio e Hidrogênio. Outros como Criptônio, Metano, Xenônio e Radônio, apresentam indícios. Além destes componentes, o vapor da água, varia de acordo com a posição do relevo e 75% deste componente encontra-se abaixo dos primeiros 4 mil metros de altura, conhecido como

regulador das ações solares sobre a superfície da terra, sua quantidade varia com o clima e é um poderoso gás de efeito estufa.

Existem também outros gases provenientes exclusivamente da ação humana, com seu forçamento radioativo bem elevado. Entre estes, o Clorofluorcarbonos (CFC), Hidrofluorcarbonos (HFC), Perfluorcarbonos (PFC) e o Hexafluoreto de Enxofre (SF<sub>6</sub>) (NETO, 2010).

Este fenômeno tão pronunciado, o Efeito Estufa, foi utilizado por Joseph Fourier em 1824, que o definiu como sendo o processo em que os gases da atmosfera retêm as maiores quantidades do calor emitido pelo sol, semelhante ao processo que ocorre em casa de vegetação, substituindo o vidro pelos gases na atmosfera. Sem este efeito a temperatura da Terra estaria entre -18 a +25°C e, foi de John Tyndall a primeira correlação entre a variação da temperatura média da Terra, sendo extremamente frias ou muito quentes, com as variações de CO<sub>2</sub>, e Svante Arrhenius chegou à conclusão de que o dobro da concentração de CO<sub>2</sub> corresponde a um aumento de 5 a 6°C na temperatura média global (PATTERSON, 2007).

A teoria de Ulrich Beck (2010), conhecida como a teoria da Sociedade de Risco, é uma das poucas macroteorias sociais que foca na interação entre sociedade e natureza. Sua teoria foi formulada em sua obra “Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade”. Entende-se, a partir dos dados contextualizados nesta dissertação, que o aquecimento global está diretamente relacionado com a concentração dos gases que alteraram desde a revolução industrial. E os riscos analisados por Beck trazem discussões em relação ao estágio altamente industrializados da sociedade do fim do século XX.

As mudanças climáticas são entendidas como um fenômeno físico, químico, biológico e geológico real e, não puramente como uma construção social. Contudo, deve ser entendida também como uma das dimensões do fenômeno e, portanto, merece seu espaço com o mesmo grau de atenção. A construção social do fenômeno das mudanças climáticas globais é induzida por uma organização social, ao mesmo tempo que a influência diretamente (BURSZTYN; EIRÓ, 2015).

Poucos temas têm sido discutidos nos últimos anos como as mudanças climáticas e aquecimento global. Entretanto, segundo Echegaray e Afonso (2014), as reflexões sobre estes temas têm deixado de fazer parte somente de discussões acadêmicas e debates políticos e passaram a ser preocupação dos cidadãos em diversos países. Os países considerados emergentes são os que mais se mostram alarmados com o tema.

Os resultados da pesquisa citada no parágrafo anterior destacam que a inovação tecnológica é uma solução importante para solucionar os problemas relacionados às mudanças

climáticas. Entretanto, é destacado também que a crença neste aspecto já foi maior nos últimos anos, e atualmente em queda, acaba abrindo espaço para avaliar as percepções de necessidade de mudança no estilo de vida das pessoas. Os países que são avaliados como desenvolvidos são os precursores deste pensamento, enquanto os emergentes, como já citado, depositam suas esperanças nas inovações tecnológicas.

A inovação tecnológica, continua a ser tratada como parte importante no processo de adaptação as mudanças climáticas, até mesmo como parte central do desafio de adaptação, embora não seja o suficiente para tratar do problema como um todo, trazendo a necessidade de também trabalhar as questões sociais e culturais. A falta de acesso à tecnologia, por exemplo, passa a ser uma barreira na busca pela adaptação (ECHEGARAY; AFONSO, 2014).

Neste cenário apresentado, as soluções relacionadas às inovações tecnológicas apresentam certa fragilidade. Nos países desenvolvidos, onde a população tem mais acesso à tecnologia, apresenta baixa credibilidade. Em países com desenvolvimento institucional representativo, sendo estes os que apresentam maior engajamento em termos de discussões e exposição pública dentro dos aspectos da sustentabilidade e medidas para mitigação das mudanças climáticas, apresentam esta mesma posição. Em contrapartida, os países com condições ambientais não muito favoráveis, sendo estes os quais possuem maior legitimidade para opinar sobre o tema, percebem que o enfrentamento destes problemas com soluções tecnológicas é menos efetivo (ECHEGARAY; AFONSO, 2014).

As áreas que acreditam que as soluções tecnológicas são as ferramentas necessárias para resolver estes problemas são os países menos desenvolvidos, com nível moderado de desenvolvimento institucional e com condições ambientais favoráveis (ECHEGARAY; AFONSO, 2014).

O conceito segurança climática, que passou a ser desenvolvido no ano de 2006, se refere a estabilidade do clima global através da redução significativa do risco de aquecimento global com foco na mitigação de seus efeitos, promovendo a adaptação contra seus impactos na sociedade às novas condições climáticas, como por exemplo a ocorrência de fenômenos climáticos extremos de forma mais frequente e intensa (VIOLA, BARROS-PLATIAU E LEIS; 2007). A segurança climática destaca a prioridade da mitigação do aquecimento global sobre a adaptação. Entretanto, como será melhor trabalhado nos parágrafos adiante, para o IPCC (2007), a mitigação deve ser, necessariamente, complementar as ações para adaptação, nunca o substituindo.

A primeira onda de inovações tecnológicas relacionadas com a necessidade de adaptação a mudanças climáticas é composta por formas de aumentar a eficiência energética

que reduzam o consumo de água e energia e, portanto, as emissões de gases de efeito estufa; soluções de reciclagem de resíduos sólidos; novos processos para despoluição de matérias-primas (água); e diversificando a matriz energética, dando preferência a fontes renováveis. Nos dias de hoje, se somam a estes recursos o uso de tecnologias mais avançadas como a captura e armazenamento geológico de carbono; a nanotecnologia, que permite a manipulação de partículas nanométricas; a biologia sintética, que permite a manipulação de elementos do DNA e a geoengenharia, que intervém em larga escala em oceanos e na atmosfera (ECHEGARAY; AFONSO, 2014).

Segundo o IPCC (2007), existem diferentes formas de adaptação. Deve-se destacar a adaptação espontânea, a prévia ou proativa, e a adaptação planejada, sendo esta privada ou pública. A adaptação espontânea é aquela que ocorre quando os eventos extremos causados pelas mudanças climáticas já começam a acontecer. A adaptação prévia refere-se às ações que governos e sociedades adotam antes dos efeitos das mudanças climáticas serem percebidos. As adaptações planejadas são medidas que resultam de decisões políticas, como por exemplo os planos de mudanças climáticas.

Ainda segundo o IPCC, deve-se seguir com ações para mitigação e adaptação, entretanto, a mitigação será necessariamente complementar, nunca substituindo, ou dispensando, ações para adaptação. Isto ocorre pelo fato de que os esforços para reduzir os impactos das mudanças climáticas nas próximas décadas não poderão ser evitados, tornando a adaptação essencial, principalmente aquelas voltadas aos impactos de curto prazo pois, os impactos de longo prazo não serão adaptáveis dentro do sistema natural, manejado e humano.

No Brasil, não existe a obrigação de redução de emissões pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, mas, foi aprovado em 2008 o Plano Nacional sobre Mudanças do Clima, para atender compromissos que foram assumidos no cenário internacional e para minimizar a pressão da sociedade civil. Um ano depois foi aprovada a Lei da Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC), Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009.

Por meio desta lei, o estado passa a reconhecer sua responsabilidade com as mudanças climáticas, especialmente em medidas mitigadoras impostas ao setor econômico. Segundo o PNMC, é realizada uma divisão setorial dos planos sobre as ações de mitigação e adaptação, onde, o único setor que é recomendado a realizar ambas ações é o da agropecuária. Os indicados para adaptação são: saúde, recursos hídricos, zona costeira e marinha, assentamentos humanos e ecossistemas naturais. Os que deveriam planejar sua mitigação são: florestas, energia, resíduos, edificações, indústria e transporte, além da agropecuária.

### 3.3. O Clima Urbano e os Serviços Ecossistêmicos das Florestas

Estudos realizados por Minaki e Amorim (2013) ressaltam os registros sobre a origem dos estudos sobre o clima urbano que tiveram início com Evelyn no ano de 1661, mas Howard em 1818 foi considerado seu precursor com uma pesquisa realizada em Londres sobre as diferenças de temperatura na área urbana e rural.

Segundo Lombardo (1985), a redução da evaporação, o aumento da rugosidade aerodinâmica e as propriedades térmicas de edifícios e os materiais pavimentados são exemplos de fatores que ampliam o efeito chamado Ilha de Calor Urbano (ICU). Este fenômeno corresponde a uma área onde a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas vizinhas, o que propicia o surgimento da circulação do ar local.

Gheno, França e Maitelli (2012) também ressaltam a ligação entre as variações climáticas com a forma de uso e ocupação do solo, pois as construções, ausência de áreas verdes, excesso de pavimentação e o grande fluxo de veículos contribuem para a retenção do calor e redução da umidade do ar.

Alcoforado (1992, *apud* Lopes, 2006) explica a ICU como um cumulativo de diversas modificações na cobertura do solo e na composição da atmosfera que ocorrem devido às atividades antrópicas. A maior parte das cidades possui diversas áreas com temperaturas mais elevadas e de outras mais amenas. Entende-se que não é o microclima urbano, mas um conjunto de climas locais que reflete em um padrão térmico organizado, resultado de diversos microclimas característicos de cada elemento que compõe o ambiente urbano.

Oke (1978, *apud* Minaki; Amorim, 2013) contribuiu com estudos sobre ilha de calor, por meio de análises das consequências da urbanização acelerada das áreas metropolitanas sobre o clima local ou regional. A contribuição de Oke (1973a, 1973b, 1981, 1999) é considerada das mais significativas ao demonstrar que o clima que uma cidade apresenta é o produto do fenômeno de transformação de energia a partir da interação entre o ar da atmosfera e o ambiente urbano construído. Nestas pesquisas, as diferenças entre os processos térmicos rural e urbano são explicadas e, a geometria urbana e a inércia térmica dos materiais de construção no processo de mudança climática causado pelos assentamentos urbanos são evidenciadas em seu trabalho (DUARTE, 2010).

Segundo Duarte (2010), estudos trouxeram a relação entre fatores como a visão do céu nos chamados *canyons* urbanos e a temperatura do ar (TAHA, 1988) e o grau de correlação entre variáveis taxa de ocupação urbana, coeficiente de aproveitamento, presença de água e vegetação, com a temperatura do ar (DUARTE, 2000; DUARTE e SERRA, 2003).

Na produção inglesa destacam-se Landsberg (1956) e Chandler (1961, 1965) conforme citado por Monteiro (2003). O primeiro sobre o princípio da preocupação com o futuro do planeta, representando o marco histórico nos estudos climatológicos, sendo a primeira síntese dos estudos climáticos urbanos. O segundo autor aparece através de uma monografia sobre as alterações climáticas na cidade de Londres (MINAKI; AMORIM, 2013; MONTEIRO, 2003; PEZZUTO, 2007).

No Brasil, Sant’Anna Neto (2001, p. 6) foi quem retomou iniciativas sobre pesquisas sobre o clima nacional e pondera três obras pioneiras: Henrique Morize em 1891, Frederico Draenert em 1896 e Delgado de Carvalho em 1917. Em comum, suas pesquisas apresentam preocupação sobre a necessidade de um estudo climático de forma integrada em todo território nacional, seguindo diretrizes de Julius Hann (Autor de “HANDBUCH DER KLIMATOLOGIE” – 1883) e colaborando com o trabalho de Köppen.

Sob a influência de Bertalanffy (1950) e sua Teoria Geral dos Sistemas, o geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, com a proposição do Sistema Clima Urbano (S.C.U.) em 1976, elaborou a nível metodológico, uma proposta para estudo do clima urbano que combinasse a escala temporal com a escala espacial, e o enfoque meteorológico com o geográfico (MINAKI; AMORIM, 2013).

Monteiro (2003) aborda o clima urbano de forma agrupada a partir de canais da percepção humana, isto ocorre pois é relatado que o homem sempre deve constituir o referencial dos valores e problemas dos fatos geográficos (Quadro 3).

**Quadro 3.** Sistema Clima Urbano (S.C.U.) – Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção.

	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>Subsistemas/Canais</b>	<b>Termodinâmico</b>	<b>Físico-Químico</b>	<b>Hidrometeorológico</b>
Caracterização	Conforto Térmico	Qualidade do ar	Impacto meteórico
Fonte	Atmosfera Radiação circulação horizontal	Atividade urbana Veículos automotores Indústrias obras-limpas	Atmosfera estados especiais (desvios ritmos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema

Continua

**Quadro 3.** Sistema Clima Urbano (S.C.U.) – Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção.

<b>Subsistemas/Canais</b> Caracterização	<b>I</b> <b>Termodinâmico</b> Conforto Térmico	<b>II</b> <b>Físico-Químico</b> Qualidade do ar	<b>III</b> <b>Hidrometeorológico</b> Impacto meteórico
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (Trabalho de campo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica Hidrológica (Trabalho de campo)
Correlações disciplinares tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	“Ilha de calor” Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataques à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto Redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: Monteiro (2003).

Utilizando a abordagem descrita por Monteiro (2003), a Tabela 1 apresenta as categorias da organização geográfica do clima. A tabela relaciona, de modo escalonado, as unidades de urbanização desde a habitação até a área urbana.

**Tabela 1.** Categorias da organização geográfica do Clima e suas articulações com o Clima Urbano.

Ordens de grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográficas de tratamento	Espaços Climáticos	Espaços Urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de Observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	(milhões de KM)	1:45.000.000 1:10.000.000	ZONAL	-	Satélites Nefanálise	Latitude Centros de ação Atmosférica	Caract. geral comparati- va
III	(milhões de KM)	1:5.000.000 1:2.000.000	REGIONAL	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológico s (Circulação secundária)	Redes transectos
IV	(centenas de KM)	1:1.000.000 1:5.000.000	SUB- REGIONAL (FÁCEIS)	Megalópole Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapea- mento sistemáti- co

Continua

**Tabela 1.** Categorias da organização geográfica do Clima e suas articulações com o Clima Urbano.

Ordens de grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços Climáticos	Espaços Urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de Observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
V	(dezenas de KM)	1:250.000 1:100.000	LOCAL	Área metropolitana a Metrópole	Posto meteorológico ou Rede complementar	Integração geológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	Centenas de metros	1:50.000 1:25.000	MESOCLIMA	Cidade grande, bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (Episódios)	Urbanismo	
-	Dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	TOPOCLIMA	Pequena cidade Fáceis de bairro/subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	Especiais
-	Metros	1:2.000	MICROCLIMA	Grande edificação/Habitação/Setor de Habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Fonte: MONTEIRO (2003).

Em uma análise multiescalar e multidimensional, observa-se que pouca atenção se tem dado a natureza próxima de onde as pessoas vivem e trabalham, as pequenas áreas verdes. Para Li et al. (2005), as áreas verdes são parte importante de um complexo ecossistema urbano e dos serviços ecossistêmicos, estes podem afetar ou beneficiar às comunidades que pertencem, do ponto de vista ambiental, estético e econômico.

O ecossistema pode ser definido como um sistema que compreende todo e qualquer organismo vivo, seu ambiente não-vivo e todas as interações entre estes, produzindo um fluxo de energia e ciclagem de materiais (RUSCHEL, 2016). Segundo Holling (1987), o equilíbrio de um ecossistema é garantido por quatro funções básicas: exploração, conservação, liberação e reorganização. A estabilidade e a produtividade de um sistema são determinadas pelo equilíbrio ou pela diferença entre a conservação e a exploração. Quando sofre um excesso de exploração o sistema passa por um modo de perturbação que ultrapassa sua capacidade de recuperação, tornando-se dependente de sua resiliência para retornar ao seu estado de equilíbrio. A resiliência é o termo utilizado para definir a capacidade de o sistema de absorver alguma perturbação externa, causadora de alguma forma de liberação, sendo esta energética ou capital, e retornar ao seu estado de conservação pelo seu potencial de reorganização.

Junto dos sistemas naturais, economicamente denominados como capital natural, para Costanza et al. (1997), a relação entre os serviços ecossistêmicos com o capital humano e manufaturado, também é considerada, resultando nos serviços que garantem o bem-estar social.

Segundo Motta (1997), são os fluxos de bens e serviços ambientais, derivados de seu consumo, que definem seus atributos. Além de atributos de consumo, existem aqueles associados à sua existência. Estes usos, na literatura, são desagregados. O valor econômico do recurso ambiental (VERA) se ramifica em Valor de Uso (VU) e Valor de Não-Uso (VNU). Que, também se desagregam em Valor de Uso Direto (VUD), referente ao uso atualmente de um recurso, tem-se como exemplo o uso na forma de extração, visitação ou qualquer outra para consumo direto. O Valor de Uso Indireto (VUI) referente aos benefícios atuais do recurso, ou as funções ecossistêmicas deste recurso, como por exemplo a estabilidade climática através da preservação de florestas, que se enquadra neste trabalho. O Valor de Opção (VO), um método de valoração para usos diretos e indiretos optados por serem usados no futuro e onde a preservação de um determinado ambiente dotado de aspectos naturais relevantes possa ser ameaçada, um exemplo é o benefício dos fármacos, que se desenvolve através das propriedades medicinais ainda não descobertas nas plantas de florestas tropicais.

Ainda sob referência deste mesmo autor, o Valor de Não-Uso (VNU), ou Valor Passivo (VP), é representado pelo Valor de Existência (VE), este valor é dissociado do uso, embora represente consumo ambiental. É derivado da posição moral, cultural, ética ou altruística em relação ao seu direito de existência de espécies que não a raça humana, ou da preservação de outros recursos naturais, mesmo não representadas uso atual ou futuro para um indivíduo. Tem-se como exemplo deste valor, a atração da opinião pública para preservar a vida de baleias em regiões remotas do planeta, onde pessoas jamais visitarão ou terão algum benefício de uso.

Os benefícios tangíveis e intangíveis provindos do capital natural, segundo Daily (1997), são classificados numa ampla categoria de “Serviços Ecossistêmicos”. Por meio das complexas interações entre elementos estruturais do capital natural que dão origem às Funções Ecossistêmicas e, que são conceituadas como serviços ecossistêmicos quando, de forma implícita, trazem a ideia de valor humano. Passa a ser considerada um serviço ecossistêmico ao apresentar potencial de ser utilizada para fins humanos (HUETING et al., 1997). Seguindo as definições da Avaliação do Milênio (2003) – (Millenium Ecosystem Assessment – MEA), os serviços ecossistêmicos são classificados como:

- Serviços de provisão/abastecimento;
- Serviços de regulação;

- Serviços culturais; e
- Serviços de suporte.

Segundo as especificações de De Groot et al. (2002), foram propostos outros quatro tipos de funções ecossistêmicas:

- Função da regulação;
- Função do habitat;
- Função de produção; e
- Função de informação.

Sendo a relação entre cada um destes serviços: (1) a função/serviço de regulação que, por meio dos processos ecológicos são gerados efeitos relacionados à manutenção da qualidade do ar, regulação climática, controle de processos erosivos, qualidade da água, tratamento de resíduos, regulação de doenças humanas, entre outros. Sua avaliação é realizada através da análise da capacidade de ecossistemas regularem alguns serviços; (2) a função de habitat que pode gerar os serviços de suporte, é necessária para produção dos outros serviços ecossistêmicos, como a produção primária, produção de oxigênio atmosférico, entre outros. Se difere de outras categorias em função de seus impactos indiretos e/ou seu prazo de ocorrência; (3) a função de produção que se relaciona com o serviço de provisão, incluindo os produtos que são obtidos dos ecossistemas, como alimentos, madeira para combustível (e outros que servem como combustível), entre outros. Sua sustentabilidade pode ser medida por uma análise que considere a qualidade e estado do capital natural que servem como base para sua geração, atento com as restrições quanto a sustentabilidade ecológica; e (4) funções de informação, relacionadas com os serviços culturais, inclui-se a diversidade cultural na medida em que a diversidade do ecossistema impacta na diversificação das culturas, geração de conhecimento, valores educacionais, entre outros. Estes valores estão diretamente ligados a valores e comportamento humano, dificultando a forma de avaliação da sua provisão (MELLO; ROMEIRO, 2010).

Apesar de tudo, as relações entre os serviços ecossistêmicos apresentam caráter multidimensional, onde o serviço em questão poderá ser produto de uma ou mais funções ou, uma função pode levar a mais de um serviço (Costanza et al., 1997; De Groot, 1994; De Groot et al., 2002).

Para Monteiro (1976, p. 95), o conceito de clima urbano foi determinado como “... um sistema que abrange o clima de um determinado espaço terrestre e sua urbanização”.

O ciclo de vida de diversos nutrientes possui um papel importante como fator suporte para vida e vem sendo constantemente alterado por atividades humanas, entre estas ações, a capacidade dos ecossistemas em absorver e reter nutrientes suspensos na atmosfera ou aqueles fornecidos pelos fertilizantes, vem sendo impactada pela transformação e simplificação dos ecossistemas em áreas agrícolas com baixa diversidade. Como resultado da degradação dos ecossistemas, as alterações nos fluxos de serviços ecossistêmicos têm sido crescentes, assim como a preocupação pela comunidade acadêmica e os tomadores de decisão (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

Para Hardin (1968) e Lant et al. (2008), a expressão “tragédia dos serviços ecossistêmicos” é o termo mais adequado para fazer referência ao declínio de sua provisão e, principalmente, para os serviços considerados de regulação, suporte e cultural. Para estes mesmos autores, a degradação do fluxo dos serviços ecossistêmicos é parte de uma armadilha social onde, as falhas nas leis de propriedade comunal e incentivos econômicos, os quais abrangem apenas os bens e serviços transacionados em mercados, são responsáveis pela degradação dos serviços de suporte à vida que são oferecidos de forma gratuita pelos ecossistemas.

No fim do século XX, o termo capital natural deixou de ser utilizado apenas como uma metáfora para chamar atenção do homem em relação a suas ações sobre o meio ambiente e ao uso de recursos naturais e, tornou-se um termo formal e técnico, sendo utilizado junto de outras formas de capital (DAILY; COBB JR., 1989), como por exemplo o capital humano, que se resume no trabalho físico e no conhecimento que é armazenado pela humanidade, o capital manufaturado composto pelas máquinas e infraestrutura do sistema econômico, e o capital social que refere-se as relações interpessoais, como regras e normas (CONSTANZA, 2000).

Entretanto, contrariando escritos sobre o capital natural, Roterling (2008) afirma que o termo é incoerente. Pois a natureza sendo considerada como forma de capital torna-se inviável sobressair-se em relação aos discursos da economia convencional, desta forma, o capital natural poderia ser degradado desde que haja o incremento de outros tipos de capital para sua reposição.

Para melhor esclarecimento, o capital natural nesta dissertação irá considerar todos os fluxos de benefícios tangíveis e intangíveis que são adquiridos dos recursos naturais e que, de modo direto ou indireto, são usufruídos pelo ser humano (BERKES; FOLKES, 1994).

Como dito anteriormente, o capital natural oferece benefícios tangíveis e intangíveis. Por isso, faz-se necessário a compreensão da natureza destes recursos que integram o capital natural. Tendo como base a divisão sugerida por Georgescu-Roegen (1971), Daily e Farley (2004), classificam este capital em recurso estoque-fluxo e recurso fundo-serviço.

Para Andrade e Romeiro (2009), apenas a partir do entendimento da relação entre cada tipo de recurso existirá condição de estabelecer projetos de ação a fim da proteção do capital natural.

(1) Os recursos “estoque-fluxo” são aqueles incorporados ao produto final. Para sua quantificação, entende-se como mais apropriado o uso da quantificação física dos bens produzidos, onde o fluxo material resultante poderá ser estocado para um uso futuro.

(2) O recurso fundo-serviço é justamente o que não é incorporado ao produto final, não podem ser estocados para uso futuro. Este recurso é apenas depreciado e pode ser utilizado em outros ciclos de produção. De modo grosseiro, tem como exemplo destes recursos a produção de pizzas, que conta com seus ingredientes, o cozinheiro e a cozinha para sua preparação, os primeiros são considerados a causa material, ou estoque-fluxo, e os dois últimos (cozinheiro e cozinha) a causa eficiente, ou recurso fundo-serviço.

As dinâmicas entre estes recursos, quando integrados, são os elementos estruturais do capital natural que, produzem as funções ecossistêmicas, incluindo a regulação de gases e climática. O conhecimento humano limitado sobre este tema dificulta a antecipação de impactos antrópicos sobre estas funções (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

Este relacionamento entre os recursos do capital natural destaca um importante conceito que se estabelece em uma “Economia dos Ecossistemas”. Ainda sobre o raciocínio de Andrade e Romeiro (2009), é citado que não se pode criar alguma coisa do nada segundo a primeira Lei da Termodinâmica, ou seja, qualquer forma de produção econômica exige um fluxo físico de recursos naturais, que é proveniente dos componentes estruturais do capital natural, e que também podem ser fontes de produção de benefícios intangíveis para o ser humano. Assim, a degradação dos componentes estruturais do capital natural diminui a possibilidade de produção dos benefícios tangíveis, ou fluxo de recursos naturais, e compromete as funções ecossistêmicas e a produção de serviços intangíveis (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

#### **3.4. As Unidades de Conservação (UCs) e o efeito de borda**

O estado natural do meio ambiente é caracterizado por sua ocupação coberta por florestas e matas que, por sua vez, tem forte contribuição para manter o equilíbrio do ecossistema. Viana (1990 *apud*. ETTO et al., 2013) estabelece que, as áreas que apresentarem impactos relativos à elementos antrópicos (ex.: estradas e agricultura) ou naturais (ex.: rios e lagos) e acabe por alterar sua dinâmica, denomina-se fragmento florestal. Estes fragmentos, ainda atuam como corredores, pois são utilizados para fazer a conexão entre fragmentos de

maior dimensão, fazendo o papel abrigo para espécies endêmicas, tornando-se essencial para manutenção da biodiversidade e para seus processos ecológicos de maior proporção (FORMAN E GODRON, 1986 *apud* ETTO *et al.*, 2013).

O termo “área verde” é definido pela da Lei nº 12.615/2012, que dispõe sobre o Código Florestal Brasileiro, sendo assim as áreas verdes dentro do contexto urbano são:

Área verde urbana: espaços, públicos ou privados, com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para construção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais (BRASIL, 2012).

Assim como Freire (2013) relata, entre as causas fundamentais que potencializaram o processo de degradação do meio ambiente, o aumento populacional humano acompanhado por sua demanda por recursos naturais é destacado. Suas ações tencionaram os processos naturais ecológicos e assim comprometem os serviços ecossistêmicos.

E, como foi apresentado na seção 3.1, ao longo das últimas décadas inúmeros fóruns internacionais tem tratado sobre a proteção dos ecossistemas. Além de se apresentarem como parte importante do contexto urbano, as árvores representam um referencial urbanístico de cunho social, político, econômico, arquitetônico e paisagístico (BADIRU, 2005).

Dentro da sociedade as florestas exercem um papel importante, ainda mais em tempos de mudanças climáticas globais que ocorrem pelo aumento dos GEE que, junto com outros ecossistemas, realizam troca de gases e a fixação destes gases. O cultivo de florestas, visto a partir do ciclo do carbono, é uma das alternativas para remover o CO<sub>2</sub> da atmosfera e fixa-lo em matérias-primas, como energia e madeira serrada, por exemplo, apresentando o plantio e manejo florestas como opção para remoção do excesso destes gases da atmosfera, contribuindo para amenização dos impactos climáticos globais (ZANETTI, 2012).

A partir desta perspectiva, a floresta, como produtora de um serviço de “limpeza” da atmosfera e da produção de matéria-prima, apresenta-se como uma combinação de serviços para promover um modelo de manejo florestal sustentável de múltiplos usos, garantindo proveito em termos sociais, econômicos e ambientais (ZANETTI, 2012).

A superfície terrestre é estimada em 14,9 bilhões há, sendo 3,9 bilhões há de florestas (FAO, 2003; *apud* ZANETTI, 2012). Sendo as áreas protegidas os ambientes de terra e/ou mar, direcionados à proteção e manutenção da diversidade biológica, e de seus recursos naturais e culturais associados (MMA, 2007).

Entende-se por UCs (Unidades de conservação) uma área protegida especial, ou seja, espaços, incluindo seus recursos ambientais e águas jurisdicionais, com aspectos naturais

relevantes, que foram legalmente instituídos pelo poder público. O objetivo destas unidades é sua conservação com limites definidos, sob um regime administrativo, das quais se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

Visto como principal instrumento de proteção da natureza que foi disseminado ao fim da segunda metade do século XIX, a criação de UCs foi estabelecida no Brasil e no mundo (DORST, 1973; NASH, 1982).

Segundo Pádua (2002), no Brasil em 1876 o engenheiro André Rebouças (1838-1898) destacou como opções a criação de parques nacionais na Ilha do Bananal, no Rio Araguaia, e em Sete Quedas, no Paraná. Entretanto, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (2011), as unidades de conservação têm agido como protetora de patrimônios ambientais desde 1934, com a criação da Floresta Nacional de Lorena – SP. Para tanto, em relação aos parques nacionais, apenas 60 anos após a proposta de Rebouças, foram criados o Parque Nacional Brasileiro de Itatiaia (1937) e os parques de Iguaçu e Serra dos Órgãos, que foram criados em 1939 (PADUÁ, 1997).

O Código Florestal de 1965 e o Código da Fauna, lei nº 5.197/1967, estabelecem a criação de UCs para uso indireto, sendo estes os parques nacionais, estaduais, municipais e reservas biológicas, que proibiam o uso dos recursos naturais, e as que são criadas para o seu uso direto, sendo incluído as florestas nacionais e parques de caça, onde era permitido a exploração dos recursos naturais (DRUMMOND, 1997).

Ainda em 1981 foram criadas outras UCs a partir da Lei nº 6.902/1981, classificadas como estações ecológicas e áreas de proteção ambiental. Reservas extrativistas surgiram em 1987, pela Portaria 627 do Instituto nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Entretanto, foram reconhecidas como UCs apenas após o decreto 98.897 de 1990 (DRUMMOND, 1997).

Ao passar do tempo, no Brasil, passou a se encontrar uma pluralidade de unidades de conservação, com várias denominações e classificações. E, com a necessidade de uma gestão adequada, de leis e diretrizes que garantissem o bem-estar dessas categorias, estabeleceu-se a Lei nº 9.985 de 2000, que dispõe sobre o SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da natureza e dá outras providências (BARROS, 2000; PÁDUA, 1997). Segundo esta Lei, as Unidades de Conservação passaram a ser divididas em duas categorias com particularidades distintas. São elas as unidades de conservação de proteção integral e as unidades de conservação de uso sustentável. Cada uma das unidades de conservação é separada por categorias como mostra a Quadro 4.

**Quadro 4.** Categorias de Unidades de Conservação.

<b>Unidades de Proteção Integral</b>	<b>Unidades de Uso Sustentável</b>
Estação Ecológica	Área de Proteção Ambiental
Reserva Biológica	Área de Relevante Interesse Ecológico
	Floresta Nacional
Parque Nacional	Reserva Extrativista
	Reserva de Fauna
Monumento Natural	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
Refúgio de Vida Silvestre	Reserva Particular do Patrimônio Natural

Fonte: Brasil, 2000.

As Unidades de Conservação classificadas como Proteção Integral têm como objetivo a proteção da natureza, promovendo barreiras em relação ao uso de seus recursos até mesmo de forma indireta. Em outras palavras, é proibido o consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais originados desta unidade. Suas exceções estão descritas no §2º, art. 7º, da referida Lei. Categorias estabelecidas como Uso Sustentável, tem por objetivo integrar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte de seus produtos e serviços, como descrito no §2º, art. 7º, da Lei (BRASIL, 2000).

Dentre as categorias citadas, estão entre as mais representativas no SNUC os Parques e Áreas de Proteção Ambiental (APA) que, juntos contemplam 53% de toda a área de UCs no Brasil (SNUC, 2011).

Como afirmado pelo SNUC (2011), as unidades de conservação, cada vez mais se mostram como instrumentos que contribuem para o desenvolvimento econômico e para a redução da pobreza. Cerca de 88% da área total protegida por UCs são passíveis de uso econômico que objetivam resultados positivos para a economia regional, como para atividades de turismo, produção florestal, extrativismo e agricultura, por exemplo. O restante das áreas apresenta restrições do ponto de vista econômico imediato, entretanto favorece o desenvolvimento do local onde se insere, assim como está sendo representado na tabela 2.

**Tabela 2.** Classes de uso de UCs.

<b>Classe de Uso</b>	<b>Principais tipos de uso</b>	<b>Categoria de Manejo</b>	<b>Representatividade da categoria (%)</b>	<b>% no território nacional</b>
<b>Classe 1</b> – Pesquisa Científica e educação ambiental	Desenvolvimento de pesquisa científica e educação ambiental	REBIO; ESEC	11,7	1,95
<b>Classe 2</b> – Pesquisa Científica, educação ambiental e visitação	Turismo em contato com a natureza	PARQUE; RPPN	24,7	4,09
<b>Classe 3</b> – Produção florestal, pesquisa científica e visitação	Produção florestal	FN; FE	19,3	3,21

Continua

**Tabela 2.** Classes de uso de UCs.

Classe de Uso	Principais tipos de uso	Categoria de Manejo	Representatividade da categoria (%)	% no território nacional
<b>Classe 4</b> – Extrativismo, pesquisa científica e visitação	Extrativismo por populações tradicionais	RESEX	9,0	1,50
<b>Classe 5</b> – Agricultura de baixo impacto, pesquisa científica, visitação, produção florestal e extrativismo	Áreas públicas e privadas onde a produção agrícola e pecuária é compatibilizada com os objetivos da UC	RDS; RVS; MN	8,1	1,34
<b>Classe 6</b> – Agropecuária, atividade industrial, núcleo populacional urbano e rural	Terras públicas e particulares com possibilidade de usos variados visando a um ordenamento territorial sustentável	APA; ARIE	27,2	4,50

*Nota:* APA – Área de Proteção Ambiental; ARIE – Área de Relevante Interesse Ecológico; EE – Estação Ecológica; FE – Floresta Estadual; FN – Floresta Nacional; MN – Monumento Natural; RDS – Reserva de Desenvolvimento Sustentável; RESEX – Reserva Extrativista; RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural; RVS – Refúgio da Vida Silvestra.

**Fonte:** SNUC, 2011, p. 12.

No caso desta dissertação, será realizado um estudo dentro de uma Unidade de Conservação que se insere na categoria de Uso Sustentável, classificada como ARIE, ou Área de Relevante Interesse Ecológico da Mata de Santa Genebra, localizada em Campinas-SP. A área de relevante interesse ecológico é caracterizada por sua pequena extensão com grandes características naturais, servindo de abrigo para animais de espécies raras de biomas regionais. Segundo Silva (2005), este tipo de UC é a categoria menos representativa no quesito ocupação, abrange cerca de 32.371ha, sendo estas terras públicas ou privadas.

Na cidade de Campinas, em relação as áreas verdes do município, soma-se 9,46 mil ha, uma média de 87,58 m<sup>2</sup>/pessoa (CAMPINAS, 2016). O Plano Municipal do Verde de Campinas, ou PMV, é considerado o documento norteador, onde diretrizes são estabelecidas, assim como metas para uma gestão eficaz e integrada das Áreas Verdes. Desta forma, este documento busca estabelecer ações para conservação e recuperação das áreas verdes de Campinas, assegurando suas funções básicas que beneficiem toda a população (CAMPINAS, 2016).

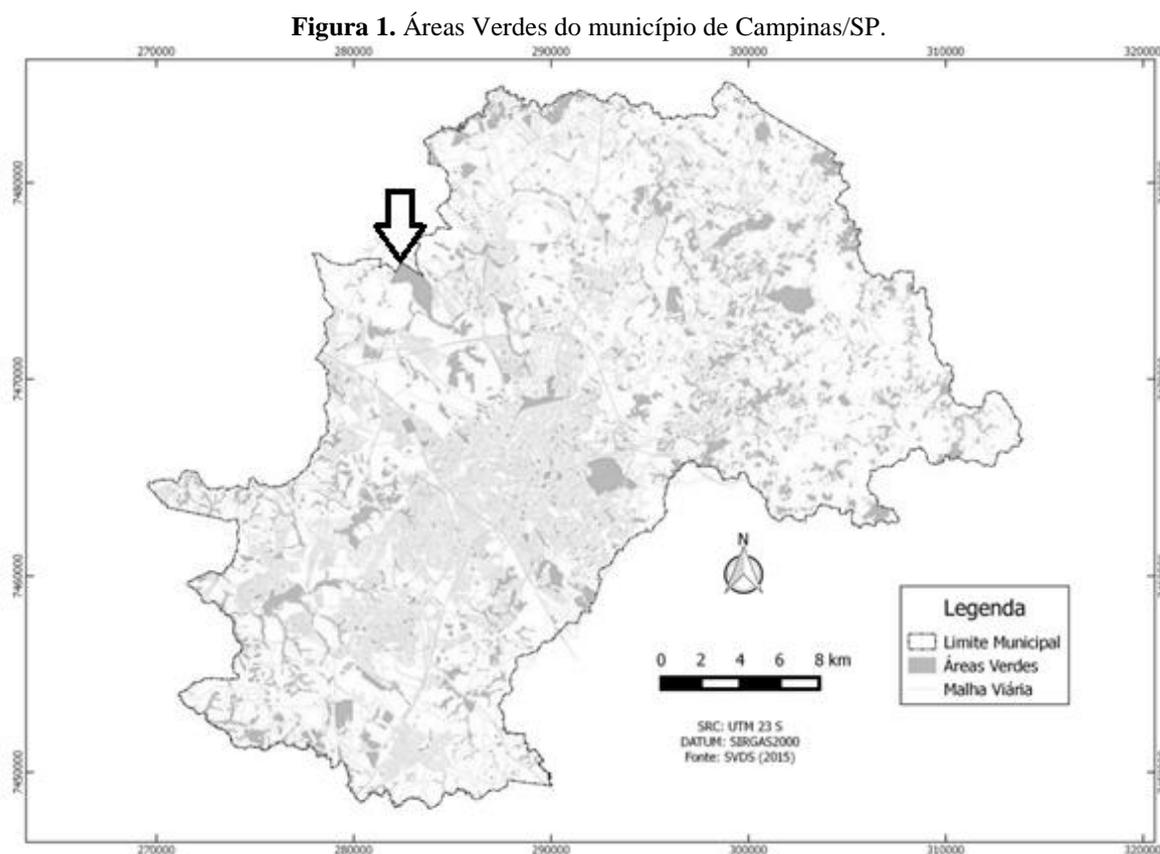
Apesar das diferentes funções exercidas por florestas e áreas verdes, o PMV, determina suas funções em duas diferentes categorias, segundo apenas sua função predominante:

Áreas Verdes com função predominantemente ecológica: presença da vegetação natural, atuando como refúgio para fauna, corredor ecológico, promovendo melhorias no clima da cidade, atenuação sonora e manutenção da qualidade do ar

e água.

Áreas Verdes com função predominantemente social: oferta de espaços que possibilitam o lazer associado ao contato com elementos naturais, cujas áreas são providas de infraestrutura como a presença de trilhas para caminhadas, bancos para descanso, playgrounds, espaços para manifestações artísticas e culturais, equipamentos para atividades físicas, atuando como espaço de convívio para a população.

Na Figura 1 está representado um mapa com as áreas verdes do município de Campinas-SP. A seta preta que foi desenhada no mapa identifica a localização da ARIE Mata de Santa Genebra (MSG).



**Fonte:** CAMPINAS, 2016 p. 22, alterada pelo autor.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (SCD, 2010) entre as causas que mais impactam na extinção, degradação e fragmentação de ambientes naturais é a abertura de grandes áreas para implantação de pastagens ou agricultura convencional, além da poluição e ocupações irregulares.

Entende-se como fragmentação florestal o processo onde uma grande floresta se reduz a alguns fragmentos, na maioria das vezes isolados (TABARELLI et al., 2010). Ou seja, os fragmentos florestais podem ser definidos como qualquer área contínua de um habitat que foi fracionada em dois ou mais partes, sendo estes impactos causados pelo homem, sendo o

indivíduo responsável por prejudicar o fluxo de animais, pólen e sementes, o que acaba por afetar o ecossistema como um todo (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2007).

A fragmentação destes ambientes afeta diretamente as espécies, uma vez que os desconecta, impedindo sua mobilização e interação. O efeito de fragmentação causa impactos diretos nos animais que habitam nestes ambientes uma vez que os efeitos de borda são responsáveis por regular a temperatura, umidade entre outros elementos para a sobrevivência das espécies (COLLINGE, 1996).

Segundo estudos realizados em fragmentos de Mata Atlântica, no estado de Sergipe, foi verificado que a temperatura do ar e a umidade relativa são fatores que apresentam diferença no ambiente em relação a borda até uma faixa de 60 metros em direção ao centro do fragmento (STEVENS; HUSTBAND, 1998).

Segundo Metzger (2001) o processo de fragmentação que promove a divisão da antiga grande floresta, não afeta a manutenção dos sistemas. Os fatores que alteram esta ação contemplam a forma do fragmento, a quantidade de forma e seu isolamento perante a outros fragmentos, levando prejuízo ecológico a estes ambientes. Seu formato é representativo pois sugere a vulnerabilidade do fragmento a influência externa, ou seja, está diretamente relacionado ao efeito de borda (LIMA; ROCHA, 2011)

A fragmentação de manchas similares as que são apresentadas na Figura 1, podem ser consideradas consequências de diversas ações. Nas áreas urbanas, a paisagem se torna um mosaico fragmentado, e sua matriz poderá ser afetada pelas atividades humanas, sendo atividades de caráter voltado a agricultura e pecuária ou até mesmo pelas atividades da urbanização (COLLINGE, 1996).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 417, de 2009, classifica os estágios da vegetação da Mata Atlântica. Em seu primeiro artigo, consta que as áreas definidas como vegetação primária são aquelas que possuem um nível elevado de biodiversidade e com efeitos mínimos causado pelo ser humano. Em seu segundo artigo classifica a vegetação secundária, que se trata da vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea como aquela que se regenera naturalmente, após cerceamento humano.

Os fragmentos de floresta possuem suas bordas diretamente expostas a ações do ambiente ao seu redor, o que acarreta em modificações físicas e estruturais (BLUMENFELD, 2008). O efeito de fragmentação das florestas é resultante de pressão exercida pelo seu entorno sobre a floresta em si, aumento de suas bordas e a subdivisão do que antes era uma grande floresta em pequenos fragmentos (MENDES, 2008).

A geração das bordas é resultante da interação entre dois sistemas que são adjacentes separados por um limite abrupto, como no caso desta dissertação, a interação entre a floresta com suas diferentes interfaces (rural, rodovias, estradas e área urbana). Kapos (1989) destaca o efeito de borda como uma das causas de mudanças no microclima, redução da umidade e aumento na variabilidade da temperatura próxima ao fragmento.

Laurance et al. (2002) destacam alguns processos abióticos que são impactados pelo efeito de borda, entre eles: aumento de distúrbios por vento, baixa umidade relativa, redução da umidade do solo, aumento da temperatura do ar e déficit da pressão de vapor, e aumento da radiação fotossinteticamente ativa (PAR).

Murcia (1995) define os efeitos de borda em dois tipos: abióticos e biológicos (direto ou indireto). Os abióticos são aqueles que envolvem mudanças em fatores climáticos ambientais, sendo a zona de influência das bordas com maior exposição a ventos, altas temperaturas, baixa umidade relativa e alta radiação solar. Os biológicos diretos envolvem mudanças na abundância e distribuição de espécies que são provocadas por fatores abióticos. Os biológicos indiretos envolvem mudanças na interação entre as espécies, como predação, parasitismo, dispersão de sementes e polinização.

Nas áreas próximas às bordas a incidência de radiação é uma das principais modificações e modificadores do microclima, sendo responsável pela alteração na taxa de evaporação e mudanças na temperatura local. Os padrões de temperatura e umidade são influenciados pelo grau de exposição à radiação solar e a ação dos ventos (MENDES, 2008).

Estes fragmentos estão sob influência direta das paisagens às quais estão expostas, os distúrbios pelos quais estão sofrendo diferentes tipos de pressão fazem com que o ambiente se torne instável e “hiperdinâmico”. Condições abióticas como a variação do microclima e característica do solo são considerados filtros para a variação de uma determinada espécie no local. O solo, neste contexto, atua como um armazém de nutrientes e água para a biota, as condições microclimáticas são um dos principais reagentes dos eventos biológicos dentro do sistema florestal. Por este motivo, as variações microclimáticas podem ser determinantes na composição das espécies em um determinado local e importante para o planejamento e manejo de sistemas florestais fragmentados (MENDES, 2008).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Categoria de Estudo**

Entende-se por método científico o conjunto de processos que são empregados na investigação do trabalho, ou seja, a linha de raciocínio adotada no processo da pesquisa. Os métodos que fornecem bases lógicas à investigação são: dedutivo, indutivo, hipotético-dedutivo, dialético e fenomenológico (GIL, 1999; LAKATOS; MARCONI, 1993, SILVA, 2005).

Esta pesquisa segue a metodologia proposta por Bacon, Hobbes, Locke e Hume, o método indutivo que, na visão destes, considera o conhecimento como parte fundamentada da experiência, não levando em conta princípios preestabelecidos, este método generaliza observações feitas em casos reais (realidade concreta), ou seja, verificações pontuais levam a proposição de generalizações (GIL, 1999; LAKATOS; MARCONI, 1993, SILVA, 2005).

Do ponto de vista da forma de abordagem, a pesquisa é quantitativa. E, segundo o ponto de vista dos procedimentos técnicos, é considerada experimental por ter um objeto de estudo com variáveis capazes de influenciar este objeto (SILVA, 2005).

### **4.2. Clima de Campinas/SP**

Localizado a 100 km da capital do Estado de São Paulo, na Latitude 22°48'57" Sul e Longitude 47°03'33" Oeste como representado na Figura 2 (CEPAGRI, 2010) está o município de Campinas. Com altitude média de 640m acima do nível do mar, variando de 564m e 1088m (HOTT; FURTADO; RIBEIRO, 2007). O município tem 795,70 km<sup>2</sup> de área, sendo 388,90m km<sup>2</sup> de área urbana (CAMPINAS, 2006).

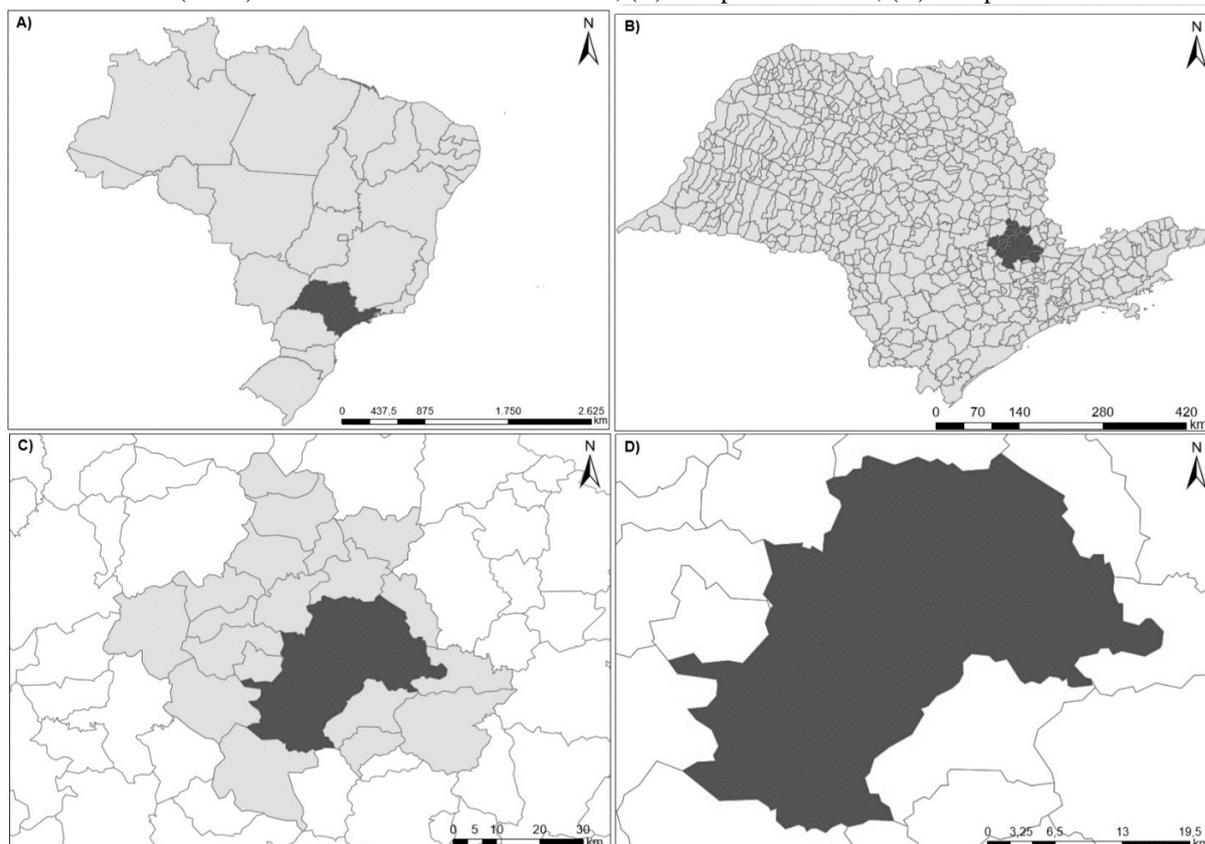
Tem-se o município de Campinas como objeto de estudo, sendo que p mesmo possui um adensamento populacional significativo com 1.173.370 habitantes, com grau de urbanização de 98,28% e grande complexidade de uso do solo (MONTEIRO, 2018).

Sendo a MSG uma unidade de conservação de Uso Sustentável, localizada ao norte do município de Campinas, no Distrito de Barão Geraldo, nas Bacias dos Ribeirões Quilombo e Anhumas entre as coordenadas geográficas 22°44'45''S e 47°06'33''W (BRASIL, 2010).

O clima de Campinas, segundo Koppen, é subtropical de inverno seco e verão quente, representado como "Cwa". A temperatura média anual é de 22,4°C, e sua média mensal máxima ocorre em fevereiro, com 28,5°C, e a mínima em julho, com 24,9°C (DACANAL, 2011).

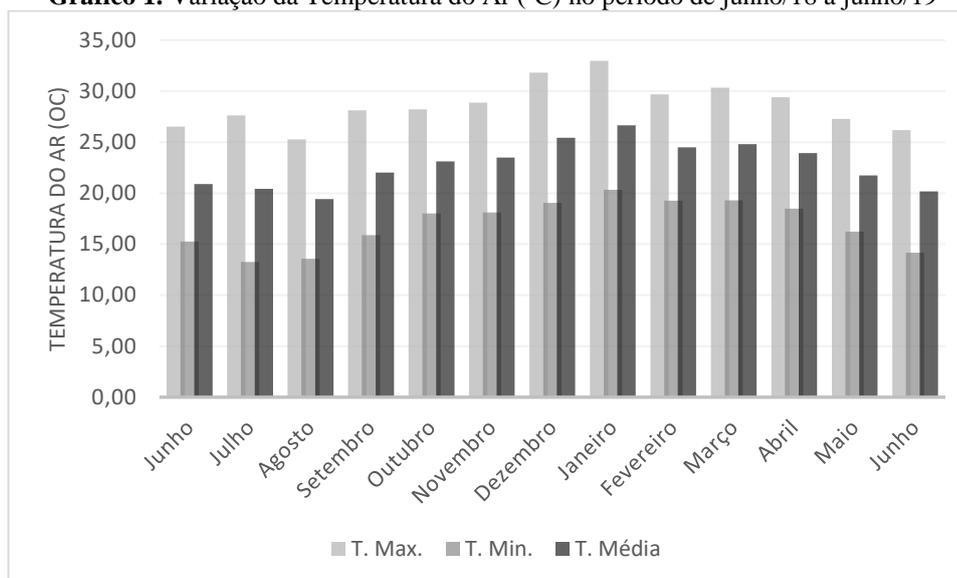
O município de Campinas-SP tem sua vegetação constituída por matas, cerrado e pequenos trechos de vegetação rupícola (SANTIN, 1999). Segundo Kronka et al. (2005), os fragmentos de vegetação cobrem 2,6% do seu território municipal.

**Figura 2.** Mapas de localização. (A) Estado de São Paulo no Brasil; (B) Região metropolitana de Campinas (RMC) no estado de São Paulo no Brasil; (C) Campinas na RMC; (D) Campinas.

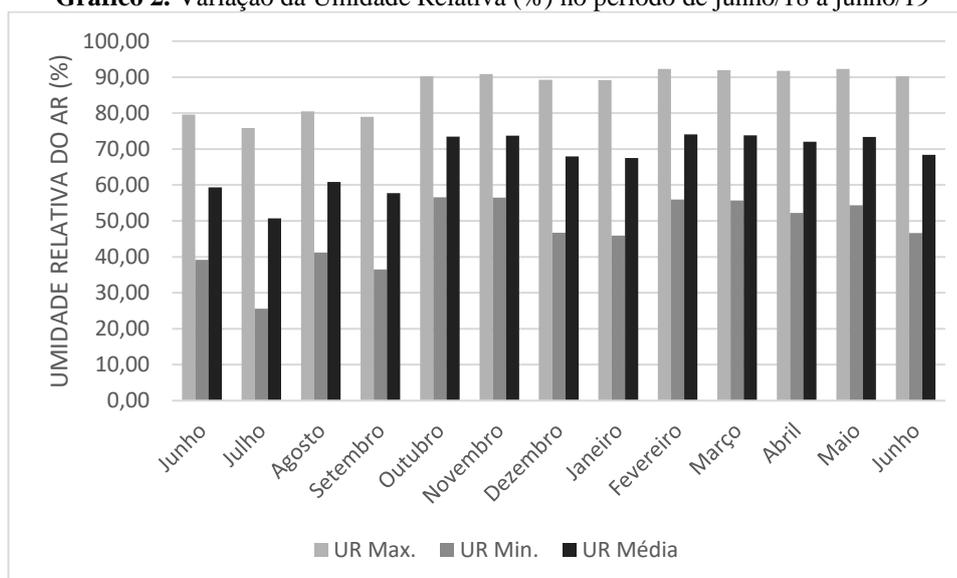


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Conforme dados disponibilizados pelo CEPAGRI em 2019 foram elaborados gráficos com a variação da temperatura do ar e da umidade relativa dentro do período de amostragem desta dissertação, desta forma, obteve-se os Gráficos 1 e 2, respectivamente.

**Gráfico 1.** Variação da Temperatura do Ar (°C) no período de junho/18 a junho/19

**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de dados do CEPAGRI (2018-2019)

**Gráfico 2.** Variação da Umidade Relativa (%) no período de junho/18 a junho/19

**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de dados do CEPAGRI (2018-2019)

### 4.3. Área de Estudo

A área de estudo refere-se ao maior remanescente de mata atlântica da região de Campinas/SP, a MSG. Com sua área equivalente a 251,7 ha, este remanescente florestal faz parte do grupo de unidades de conservação classificadas como Unidades de Uso Sustentável, por isso é um instrumento de pesquisa considerado de grande interesse por diversos pesquisadores que realizam o levantamento de flora e fauna. Seus limites são tangenciados por

duas rodovias da região: SP 332 (Rodovia Campinas-Paulínia) e SP65 (Rodovia Dom Pedro I) (BRASIL, 2010).

Em relação ao tipo de cobertura vegetal encontrado no seu entorno, é possível encontrar fragmentos florestais pertencentes a três tipos de formações vegetais: Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Paludosa e Cerrado. A Floresta Estacional Semidecidual é uma formação predominante do município de Campinas, tem como característica a perda de folha das árvores em períodos secos que ocorrem no outono e inverno; a Floresta Paludosa, ou Mata de Brejo, é tida como rara no município e o único local protegido desta formação é na área do entorno da unidade de conservação estudada, tem como principal característica o solo permanentemente encharcado e, por fim, o Cerrado que está praticamente em extinção no município de Campinas, suas principais características são as árvores com galho retorcido e troncos de casca grossa e rugosa, com folhas grossas (BRASIL, 2010).

Segundo a Lei Complementar Nº 189 de 08 de janeiro de 2018 que dispõe sobre o Plano Diretor estratégico do município de Campinas, MSG faz parte da Macrozona de Relevância Ambiental. Os ambientes que fazem parte desta categoria são aqueles que em sua maior parte estão localizadas em zona rural e, como o próprio nome apresenta, seja dotado de relevância ambiental e áreas públicas e privadas estratégicas à preservação ambiental e dos recursos hídricos (BRASIL, 2018). A área de estudo possui uma dinâmica distinta de urbanização que é orientada e controlada de modo que evite o processo de ocupação desordenada (BRASIL, 2010). Seu entorno é constituído por uma matriz agrícola, onde, a principal atividade exercida é o cultivo de cana-de-açúcar, por este motivo, a ARIE sofre um processo de fragmentação, que leva ao isolamento de trechos florestais de diversos tamanhos (VIANA *et al.* 1992), assim, suas bordas ficam expostas à insolação e a modificação do regime dos ventos, tornando de fato, os efeitos de borda uma realidade (MURCIA, 1995).

A área se encontra dentro de três micro bacias, a do Ribeirão das Pedras, a do Ribeirão dos Quilombos e a do Córrego Fazenda Monte D'Este. Dentro da zona de amortecimento desta ARIE encontram-se inúmeras nascentes assim como na própria mata, sendo esta uma das justificativas para grande preocupação com sua preservação (BRASIL, 2010).

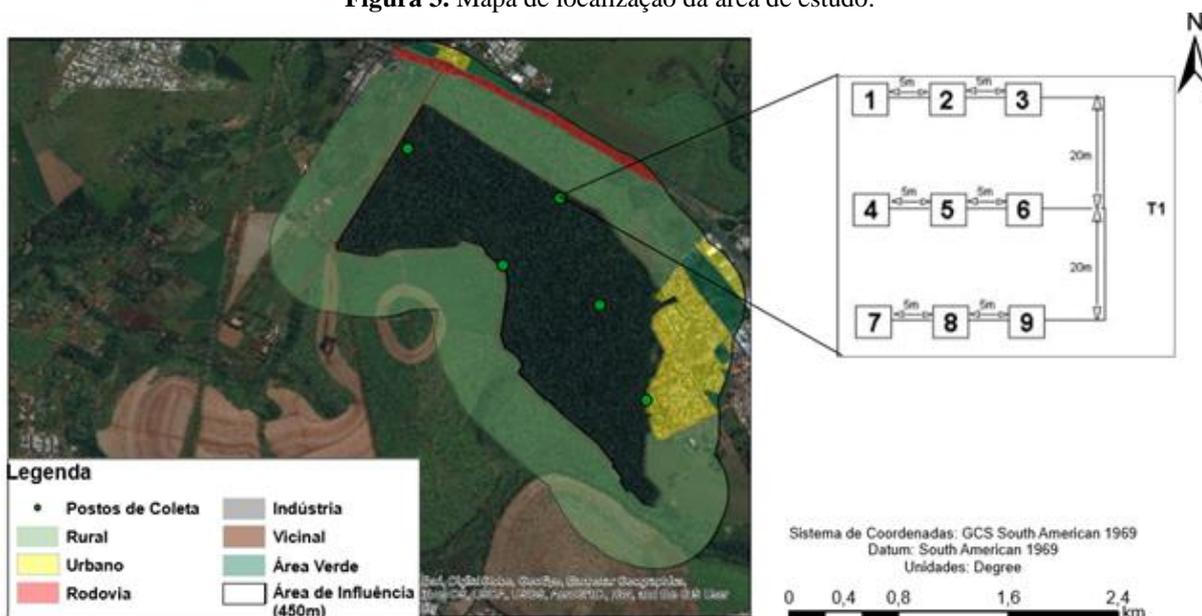
Entre outros aspectos, a MSG sofre com o crescimento urbano, pois suas proximidades, antes utilizadas para agricultura tornaram-se bairros e condomínios, causando impactos como a impermeabilização do solo, poluição sonora, poluição do ar e, além disso, famílias de baixa renda se instalaram no entorno mais próximo da UC, em residências precárias, sem planejamento, em forma de invasão.

A área do entorno na MSG tem uma paisagem diversificada, parte urbana, parte rural, parte industrial, contrastantes entre si. O que torna a MSG suscetível a todo tipo de ameaça e problemas externos, causado pela proximidade da UC com bairros, áreas de plantações e indústrias. Além disso, tem-se a presença de duas rodovias, uma delas à 300m de distância, sendo uma ameaça a fauna, que corre risco de atropelamento, por exemplo. Entretanto, apesar das ameaças, tem-se a oportunidade de melhoria do ambiente como a parceria em negócios e na área de desenvolvimento intelectual (BRASIL, 2010).

#### 4.4. Definição dos Pontos de Amostragem

Para a coleta de dados foram estabelecidos pontos fixos de monitoramento nas áreas de borda em todo o perímetro da MSG em interfaces com ambientes distintos, conforme representado na Figura 3.

**Figura 3.** Mapa de localização da área de estudo.



Os pontos foram pré-fixados antes da primeira coleta de dados e marcados com uso GPS (Sistema de Posicionamento Global) e com estacas de madeira que foram fixadas para demarcar os pontos de coleta. Para a definição dos pontos de amostragem consideraram-se a localização e a facilidade de acesso para cada um dos pontos.

Conforme representado no croqui ao lado do mapa na Figura 3, em cada uma das quatro áreas de coleta estabeleceu-se 9 repetições, sendo 3 delas logo na borda da ARIE, 3 delas a 20m de distância das primeiras repetições a dentro da mata e outras 3 delas a 40m de distância das três primeiras repetições e a 20m das outras três repetições. Determinou-se o conjunto de 9 repetições de amostragem em uma mesma interface como “Tratamento” (4 tratamentos), totalizando-se 36 repetições no entorno da ARIE, sendo definidas as interfaces: rodovia,

compactada (próxima a estrada vicinal), rural (cana-de-açúcar) e urbana (4), além da área sem interferência, ou central (testemunho), sendo que nesta foram estabelecidas apenas três repetições.

Os dados foram tomados em quatro épocas distintas (em diferentes estações do ano), sendo elas durante os anos de 2018 (Inverno e Primavera) e 2019 (Verão e Outono). Em cada data os dados foram tomados nos seguintes horários: 9h, às 12h e às 15h. O tempo necessário para percorrer toda a borda da mata para a coleta de dados foi de aproximadamente 40 minutos. A tabela 3 apresenta a caracterização dos pontos de coleta dos dados. Deve-se ressaltar que a coleta dos dados foi feita em dias com o céu claro e com poucas nuvens, possibilitando melhor igualdade de condições.

**Tabela 3.** Especificação dos dias de amostragem.

Estação	Datas de medição	Intervalo de tempo de medição	Características	Dados coletados
Inverno	11/09/2018	As medições foram feitas às 9h, 12h e 15h.	Dia ensolarado e sem registro de precipitação	Temperatura da superfície do solo, temperatura do ar, UR, GSF e IAF
Primavera	07/11/2018		Dia estável e sem registro de precipitação	Temperatura da superfície do solo, temperatura do ar e UR
Verão	18/03/2019		Dia estável com poucas nuvens	Temperatura da superfície do solo, temperatura do ar, UR, GSF e IAF
Outono	20/05/2019		Dia frio com céu aberto e poucas nuvens	Temperatura da superfície do solo, temperatura do ar e UR

#### 4.5. Coleta de dados

Por meio de análise com instrumentos de medição móvel realizada diretamente na área de estudo, foram levantados dados de temperatura do ar (°C), temperatura da superfície do solo (°C) e umidade relativa do ar (%), índice de área foliar (IAF) e o GSF (Global Site Factor) nos 4 tratamentos e no centro da ARIE. Estes dados foram tomados com auxílio de instrumento de medição direta, o INFRARED Thermometer – GS320 e o Anemometer GM816. As coordenadas de localização foram tomadas com auxílio de um GPS. As medições/tomada de dados foram realizadas no período matutino, entre 09-15 horas como foi determinado na etapa de planejamento.

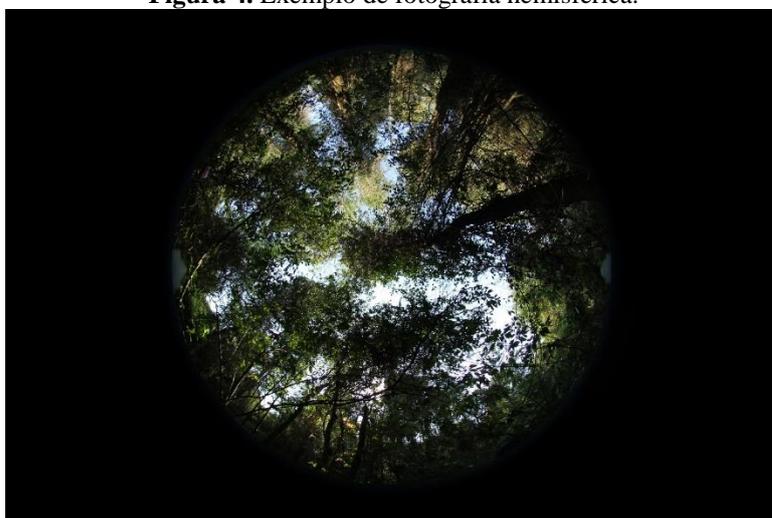
O IAF é definido como a quantidade de área de superfície da folha por unidade de área do solo. Este valor é diretamente relacionado com a evapotranspiração e fotossíntese da copa da planta. (HEMIVIEW, 2015).

O GSF é o “Fator Global do Local”, ou *Global Site Factor*, o “*Site Factor*” é o índice da proporção de radiação que atinge um determinado local, variando de 0 a 1, sendo 0,

sem radiação, ou com o céu completamente obstruído, e 1 sendo a radiação de um local aberto, com a visibilidade completa do céu. Desta forma, entende-se por GSF a proporção de radiação global do local (direta e difusa) sob um determinado dossel em relação à radiação solar (HEMIVIEW, 2015).

Os dados de IAF e GSF foram tomados com auxílio de fotografias com um campo de visão de 180°, tornando possível a obtenção de uma projeção do hemisfério em um plano. Estes dados foram tomados apenas nas estações Inverno e Verão. Em cada um dos Tratamentos obtiveram-se 27 fotos, sendo 3 delas para cada repetição, tendo um total de 117 fotos por dia de análise. Na Figura 4 está representado um modelo de fotografia com campo de visão de 180°.

**Figura 4.** Exemplo de fotografia hemisférica.



Para a verificação destes dados, utilizaram-se fotografias no software *HemiView*© (HEMIVIEW, 2015). O software deve ser configurado com a data da tomada de dados, assim como as coordenadas geográficas do local, tornando possível analisar e classificar estas fotografias segundo a quantidade de luz e a biomassa vegetal em anéis de largura que são configurados dentro do software. Segundo dados obtidos por Rody et al. (2014) e trazido também por Garcia et al. (2018), as fotos hemisféricas apresentam resultados satisfatórios para obtenção do IAF quando comparadas a métodos destrutivos e, por este motivo, foi esta a metodologia escolhida.

No Quadro 5 foram apresentados os padrões de ocupação do solo na parte interna e externa dos tratamentos onde realizou-se a coleta dos dados no fragmento florestal estudado. O Quadro 6 representa os tratamentos por meio de uma das suas fotografias hemisférica, utilizada por viabilizar a análise de um campo de 180° do local em que o equipamento foi fixado para as fotos.

**Quadro 5.** Limites da Mata de Santa Genebra com cada uma das suas interfaces estabelecidas.

Ponto	Parte Interna	Parte Externa	Descrição
1			Ponto de coleta com exposição à estrada vicinal.
2			Ponto de coleta com exposição à Rodovia.
3			Ponto de coleta com exposição à área urbana.
4			Ponto de coleta com exposição à área rural.
5			Ponto de coleta na área central do fragmento florestal (Não existe parte externa).

No quadro 6 foram apresentadas imagens obtidas com a câmera hemisféricas nas diferentes interfaces amostradas.

**Quadro 6.** Quadro com classificação das áreas de análise com base em fotos hemisféricas.

<b>Fotografia Hemisférica</b>	<b>Interface de estudo</b>
	<p>Fotografia hemisférica que representa a área central.</p>
	<p>Fotografia hemisférica que representa a Interface Rodovia</p>
	<p>Fotografia hemisférica que representa a Interface Compactada</p>
	<p>Fotografia hemisférica que representa a Interface Urbana</p>
	<p>Fotografia hemisférica que representa a Interface Rural</p>

#### 4.6. Análise dos Dados

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente utilizando-se o software Minitab 18. Sendo realizadas análises das estatísticas descritivas obtendo-se a média, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo, máximo e a mediana. Realizou-se também uma análise de correlação entre os dados para avaliar a existência, ou não, da correlação entre as variáveis.

Após estas análises, os gráficos de intervalos foram criados para avaliar e comparar o intervalo de confiança das médias dos diferentes horários/dias/interfaces do local estudado mostrando a variabilidade das distribuições amostrais

Os gráficos Boxplot foram estabelecidos para a avaliação e comparação de seu formato, tendência central e a variação das distribuições das amostras.

Utilizou-se o teste de Mood a fim de se determinar se as medianas de grupo de dados diferem entre si. Esta análise foi definida pois os dados coletados (áreas de amostragem) não tem uma distribuição normal. Neste teste, o valor-p é analisado. Para isso, estabeleceu-se uma hipótese nula de que as medianas são iguais. Para rejeitar essa hipótese, é necessário que o valor-p seja menor ou igual a 0,05 (índice de confiança de 95%). Desta forma, foi possível concluir que as medianas diferem entre si, ou seja, os valores do ponto de vista estatístico são diferentes. Ao adotar um nível de significância de 0,05, o risco de concluir que existe uma diferença entre os valores quando, na verdade não existe, é de 5% de erro.

As características dos dados desta pesquisa foram classificadas como sendo uma distribuição não normal. Teste não paramétrico é um teste de hipótese que não requer condições específicas sobre o formato da população ou o valor de nenhum parâmetro de população (LARSON, FARBER; 2010)

O teste de Mood é um teste não paramétrico utilizado para comparar medianas de duas amostras independentes. O teste funciona para variáveis dependentes e continua ou com contagem discreta e as variáveis independentes são discretas com dois ou mais atributos. A metodologia é mais útil quando o número de amostras menores, com valores sem grandes discrepâncias por se concentrar no valor mediano (BARBÉ; 2018)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram analisados por meio de ferramentas estatísticas sendo apresentados em forma de tabelas e gráficos. Na tabela 4 foram apresentados os valores da estatística descritiva: média, desvio padrão, coeficiente de variação, mediana, valores mínimos e máximos) dos dados obtidos no inverno.

**Tabela 4.** Estatísticas descritivas dos dados obtidos no inverno.

Variável	Interface	N	Média	DesvPad	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo
UR (%)	Central	9	52,56	9,02	17,15	41	55	63
	Compactada	27	46,74	5,22	11,16	40	45	58
	Rodovia	27	49,41	5,92	11,98	40	50	59
	Rural	27	47,04	5,28	11,23	40	44	57
	Urbano	27	46,37	4,939	10,65	40	44	54
Tar (°C)	Central	9	26,833	2,333	8,69	23,3	27,2	29,3
	Compactada	27	28,896	2,018	6,98	25,9	28,8	32,3
	Rodovia	27	28,026	1,897	6,77	25,7	27,2	31,5
	Rural	27	29,359	2,177	7,41	26,2	29,5	34,2
	Urbano	27	30,13	0,804	2,67	28,7	29,9	32
Tssolo (°C)	Central	9	23,533	2,756	11,71	19,3	24,3	26,6
	Compactada	27	29,42	9,39	31,93	20,5	25,7	59,1
	Rodovia	27	28,69	5,37	18,71	19,9	27,9	41,9
	Rural	27	25,352	3,421	13,5	19	24,1	33,1
	Urbano	27	30,28	5,57	18,41	20	28,5	42,8
IAF	Central	3	1,4892	0,0857	5,76	1,4105	1,4765	1,5805
	Compactada	9	1,3337	0,2966	22,24	0,7965	1,417	1,684
	Rodovia	9	1,0106	0,1252	12,38	0,7795	1,014	1,2465
	Rural	9	1,866	0,642	34,43	0,939	2,119	2,627
	Urbano	9	1,3451	0,1114	8,28	1,0985	1,3625	1,513
GSF	Central	3	0,2822	0,0506	17,94	0,246	0,2605	0,34
	Compactada	9	0,3489	0,1021	29,25	0,236	0,33	0,574
	Rodovia	9	0,4514	0,1041	23,05	0,3155	0,473	0,583
	Rural	9	0,2282	0,0703	30,82	0,1645	0,193	0,371
	Urbano	9	0,3226	0,0602	18,66	0,2355	0,325	0,4055

Onde: UR = umidade relativa do ar (%), T.ar = temperatura do ar (°C), T.s = temperatura na superfície do solo (°C), IAF = Índice de Área Foliar, GFS = Fator Global do Local (valor adimensional entre 0-1), N = número de amostras, DesvPad = desvio padrão e CoefVar = coeficiente de variação

A análise dos dados demonstrou que as médias da área central apresentou valores de umidade relativa mais alto (em torno de 52 %), temperatura do ar (26,8°C) e da superfície do solo (23,5°C) mais baixo. Contudo, os valores encontrados para IAF e GSF apresentaram algumas divergências, apenas ao se observar que, os valores do IAF foram maiores na área rural (1,8 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) e os menores valores de GSF (0,2) também na área rural, seguido pela área central, urbana e compactada.

De maneira geral pode-se observar que a vegetação da área rural se apresentou mais densa em relação ao sombreamento das árvores, conforme mostra os dados obtidos pelo IAF. Porém, os dados microclimáticos apresentaram maiores valores na área central, isso porque o uso e ocupação do entorno pode estar influenciando de forma direta os aspectos analisados ou

mesmo a qualidade da vegetação. A continuidade de vegetação no centro do remanescente exerceu maior influência positiva nos parâmetros microclimáticos analisados, o que destaca a importância de se discutir os efeitos de borda, uma vez que estes podem impactar de forma negativa as áreas de borda próxima ao entorno rural que, mesmo que durante o período de análise, essa área apresentou valores superiores de IAF e GSF. Além disso, como exposto por Abreu (2008) o processo de evapotranspiração exerce efeito positivo, por possuir potencial em absorver calor, o que leva à redução da temperatura local nos horários de maior calor, por este motivo a diferença nos valores de temperatura e umidade do centro para a área rural.

Pela análise da Tabela 4 também pode-se observar que os valores de temperatura do ar e temperatura da superfície do solo (30 e 30,3°C, respectivamente) apresentaram-se mais elevados na área de interação urbana e o menor valor de umidade relativa (46,3%) também foi encontrado nesta área. Em relação aos valores de IAF e GSF, os menores valores encontrados foram na área com interface com a rodovia seguido pela área compactada (1,0 e 1,3 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, respectivamente). Gheno, França e Maitelli (2012) ressaltaram a ligação entre as variações climáticas com a forma de uso e ocupação do solo, pois as construções, a ausência de áreas verdes, o excesso de pavimentação e o grande fluxo de veículos contribuem para a retenção do calor e redução da umidade do ar.

Estes resultados, encontrados no inverno, evidenciaram a melhoria microclimática proporcionada no fragmento de floresta urbana e ao mesmo tempo, apresentou que, de fato, o fragmento florestal está sendo impactado de forma negativa pelo uso e ocupação de seu entorno. O centro do fragmento, como constatado apresentou valores mais baixos de temperatura do ar e da superfície do solo e maiores de umidade relativa. Segundo Lombardo (1985) a redução da evaporação, o aumento da rugosidade aerodinâmica e as propriedades térmicas de edifícios e os materiais pavimentados são exemplos de fatores que ampliam o efeito chamado Ilha de Calor Urbano (ICU), este fenômeno corresponde a uma área onde a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas vizinhas, o que propicia o surgimento da circulação local.

Em relação aos resultados encontrados para o IAF e GSF, os valores maiores de IAF e menores em relação ao GSF foram encontrados na área rural, entretanto, a área central está com os valores próximos. Garcia et al (2018) estudando o mesmo fragmento florestal durante o inverno observaram, por meio de análises do Índice de Área Foliar, que as áreas de borda do remanescente florestal se encontraram mais degradadas que o seu interior, sendo possível observar maiores valores de IAF nos trechos internos da mata do que nas áreas de borda.

Na tabela 5 foram apresentados os valores da estatística descritiva: média, desvio padrão, coeficiente de variação, mediana, valores mínimos e máximos dos dados obtidos na primavera. De maneira geral, pode-se observar que estes mantiveram os mesmos padrões do inverno, sendo que a umidade relativa apresentou valores mais altos no centro do fragmento de floresta (57,6%) e mais baixos de temperatura do ar (25%) e da superfície do solo (22,4 %). Os valores mais elevados de temperatura do ar e da superfície do solo se mantiveram nas interfaces urbanizadas, com valores de 28 e 27,2 °C, respectivamente.

**Tabela 5.** Estatísticas descritivas dos dados obtidos na primavera.

Variável	Interface	N	Média	DesvPad	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo
<b>UR (%)</b>	Central	9	57,67	4,56	7,9	52	59	63
	Compactada	27	47,333	4,707	9,94	40	47	55
	Rodovia	27	48,222	4,71	9,77	40	50	54
	Rural	27	46,815	4,608	9,84	41	44	54
	Urbano	27	46,296	4,589	9,91	41	45	54
<b>Tar (°C)</b>	Central	9	25	1,028	4,11	23,8	24,8	26,3
	Compactada	27	26,996	2,469	9,14	25	26,9	38,2
	Rodovia	27	26,348	2,418	9,18	23,8	25,2	30,8
	Rural	27	28,163	2,336	8,29	24,8	28,8	32,2
	Urbano	27	28	2,131	7,61	25,5	27,1	32
<b>Tsolo (°C)</b>	Central	9	22,422	2,64	11,77	19,1	22,3	25,6
	Compactada	27	25,41	5,52	21,71	20,2	24,5	39,1
	Rodovia	27	25,978	1,675	6,45	23,8	25,3	28,8
	Rural	27	26,607	1,772	6,66	25,2	26	33,1
	Urbano	27	27,252	1,14	4,18	24,9	28	28,7

Onde: UR = umidade relativa do ar (%), Tar = temperatura do ar (°C), T.s = temperatura na superfície do solo (°C), N = número de amostras, DesvPad = desvio padrão e CoefVar = coeficiente de variação

\*Os dados de IAF e GFS não foram coletados durante a primavera

Na Tabela 6 foram apresentados os valores da estatística descritiva: média, desvio padrão, coeficiente de variação, mediana, valores mínimos e máximos dos dados obtidos no verão. Ainda pode-se observar nessa estação que o valor mais elevado de umidade relativa foi na área central (57,6%), que se refere ao centro do fragmento florestal, assim como o valor mais baixo de temperatura do ar e temperatura da superfície do solo (24,5 e 23 °C, respectivamente). O valor mais elevado de IAF foi observado na área rural (1,8 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) sendo muito próximo da área central e o valor mais baixo do GSF foi encontrado na área central.

Na mesma tabela foi observado o menor valor de umidade relativa na área compactada. A temperatura do ar e a temperatura da superfície do solo, alcançaram suas maiores médias na área urbana. Com relação aos valores encontrados para IAF e GSF, teve-se o menor valor de área folear na área de interface com a rodovia, assim como o maior índice de GSF (0,1).

**Tabela 6.** Estatísticas descritivas dos dados obtidos no verão.

Variável	Interface	N	Média	DesvPad	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo
<b>UR (%)</b>	Central	9	94,44	3,75	3,97	89	96	98
	Compactada	27	63,85	15,84	24,81	40	71	80
	Rodovia	27	67,11	11,86	17,68	50	71	82
	Rural	27	67,56	6,35	9,4	58	68	79
	Urbano	27	65,81	10,44	15,86	49	65	80
<b>Tar (°C)</b>	Central	9	24,533	2,545	10,37	21,8	24	28,1
	Compactada	27	27,03	3,516	13,01	22,4	26,4	32
	Rodovia	27	26,7	3,748	14,04	22,5	25,3	32,4
	Rural	27	26,252	2,767	10,54	23	25,4	30,2
	Urbano	27	27,896	4,236	15,18	23,1	27	33,7
<b>Tsolo (°C)</b>	Central	9	23,033	0,608	2,64	22,3	23	23,9
	Compactada	27	26,281	2,081	7,92	23	26,9	29
	Rodovia	27	25,844	2,661	10,29	22,2	26,2	30,7
	Rural	27	25,637	2,77	10,81	22,5	24,5	30,9
	Urbano	27	27,322	2,61	9,55	23,1	28,7	30,1
<b>IAF</b>	Central	3	1,832	0,1076	5,87	1,711	1,868	1,917
	Compactada	9	1,5947	0,2238	14,03	1,2585	1,523	1,899
	Rodovia	9	1,0742	0,1052	9,79	0,91	1,064	1,271
	Rural	9	1,871	0,628	33,54	0,968	2,11	2,61
	Urbano	9	1,4182	0,1202	8,48	1,185	1,425	1,56
<b>GFS</b>	Central	3	0,16833	0,01097	6,52	0,156	0,172	0,177
	Compactada	9	0,2084	0,0982	47,11	0,111	0,135	0,34
	Rodovia	9	0,4296	0,0947	22,04	0,305	0,43	0,52
	Rural	9	0,2179	0,0633	29,06	0,14	0,19	0,343
	Urbano	9	0,2911	0,0483	16,59	0,228	0,2925	0,355

Onde: UR = umidade relativa do ar (%), Tar = temperatura do ar (°C), T.s = temperatura na superfície do solo (°C), IAF = Índice de Área Foliar, GFS = Fator Global do Local (valor adimensional entre 0-1), N = número de amostras, DesvPad = desvio padrão e CoefVar = coeficiente de variação

Na Tabela 7 foram apresentados os valores da estatística descritiva: média, desvio padrão, coeficiente de variação, mediana, valores mínimos e máximos dos dados obtidos no outono. Para esta estação, a maior média de umidade relativa ainda foi observada na área central do fragmento de floresta, assim como o menor valor de temperatura do ar, entretanto, nesta estação, foi encontrado o valor mais baixo de temperatura da superfície do solo na área de interface com o ambiente rural, seguido pela área central do fragmento de floresta.

**Tabela 7.** Estatísticas descritivas dos dados obtidos no outono.

Variável	Interface	N	Média	DesvPad	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo
UR (%)	Central	9	62,78	3,96	6,31	58	62	68
	Compactada	27	54,59	10,04	18,4	37	55	68
	Rodovia	27	50,33	7,11	14,13	40	50	63
	Rural	27	57,78	5,64	9,76	49	56	68
	Urbano	27	56,407	4,209	7,46	49	59	60
Tar (°C)	Central	9	21,22	6,95	32,75	12,1	23,8	27,8
	Compactada	27	26,852	4,328	16,12	21,6	26,3	32,8
	Rodovia	27	25,496	2,338	9,17	22,4	24,4	29,3
	Rural	27	23,881	1,957	8,19	21,2	23,6	26,8
	Urbano	27	26,163	0,871	3,33	25	25,8	27,6
Tsolo (°C)	Central	9	19,31	5,64	29,21	12	20,8	25,4
	Compactada	27	19,76	11,27	57,05	6,1	18,7	42,4
	Rodovia	27	22,741	5,146	22,63	13,1	24,2	30,1
	Rural	27	14,993	3,07	20,48	8,4	15,8	19,7
	Urbano	27	20,041	1,956	9,76	17,1	20,6	23,5

Onde: UR = umidade relativa do ar (%), T.ar = temperatura do ar (°C), T.s = temperatura na superfície do solo (°C), N = número de amostras, DesvPad = desvio padrão e CoefVar = coeficiente de variação

\*Os dados de IAF e GFS não foram coletados durante o outono

Na Tabela 8 foram apresentados a média geral dos resultados obtidos nas estações analisadas e no Quadro 6 foi representado modelos de fotografias hemisféricas. Cabe destacar que os valores máximos obtidos com a umidade relativa foram observados no centro do fragmento florestal (65%), assim como o valor mínimo de temperatura do ar (24,5°C) e temperatura do solo (22,1°C). Para os valores encontrados de IAF e o GSF, observou-se o valor máximo de índice de área foliar a área que faz interface com o ambiente rural, seguido pelo centro do fragmento florestal, e o valor mínimo de GSF foi encontrado na área que faz interface com a estrada compactada.

Os valores mínimos de umidade relativa apresentaram-se similares em três interfaces sendo o maior valor observado no centro do fragmento florestal e o menor valor na área compactada. O menor valor de umidade foi observado na área rural e o maior no centro do fragmento. De maneira geral, pode-se observar que o centro do fragmento florestal foi o ambiente que apresentou os valores mais próximos do esperado, conforme discutido anteriormente.

O valor encontrado na área compactada, para temperatura da superfície do solo (máximo e mínimo) foi atípico, por ser um comportamento que não foi constante nas outras avaliações, podendo ser o impacto representativo de uma área com o solo mais exposto. Conforme destacado por Natel Junior (2015) a cobertura vegetal tem influência no comportamento térmico, bem como a altura das árvores, que interferem na quantidade de luz que chega ao solo, fazendo com que interação entre o ar e o solo ocorra de forma mais direta. Segundo estudos realizados em fragmentos de Mata Atlântica, no estado de Sergipe foi

verificado que a temperatura do ar e a umidade relativa são fatores que apresentam diferença no ambiente em relação a borda até uma faixa de 60 metros em direção ao centro do fragmento (STEVENS; HUSTBAND, 1998).

Os valores encontrados de IAF e GSF evidenciaram que a área de borda em interface com a área rural apresentou o maior índice de área foliar, assim como o valor mínimo de GSF, indicando que o tipo de vegetação influencia nesse tipo de resultado. O ambiente de interface com a rodovia, por outro lado se apresentou como a mais afetado e que, ao mesmo tempo, foi o que mais afetou as funções ecossistêmicas do fragmento florestal. Nas áreas próximas às bordas a incidência de radiação é uma das principais modificações e modificadores do microclima, sendo responsável pela alteração na taxa de evaporação e mudanças na temperatura local. Os padrões de temperatura e umidade são influenciados pelo grau de exposição à radiação solar e a ação dos ventos (MENDES, 2008).

**Tabela 8.** Estatísticas descritivas global.

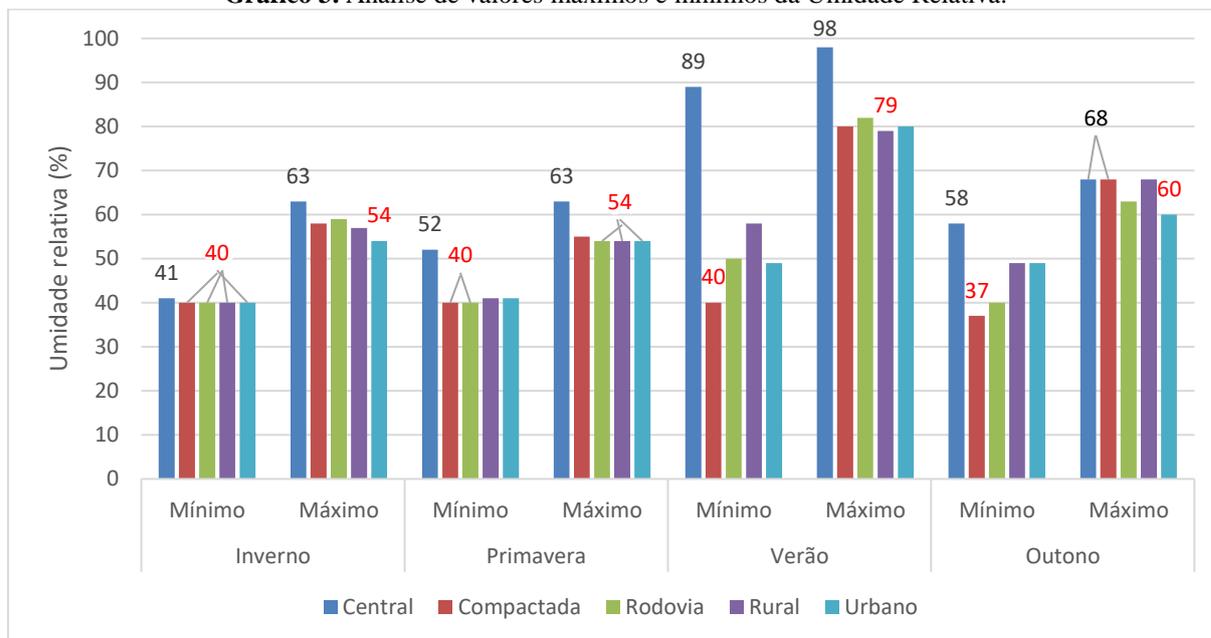
Variável	Interface	N	Média	DesvPad	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo
<b>UR (%)</b>	Central	45	65,02	16,12	24,79	41	62	98
	Compactada	135	51,97	11,232	21,61	37	48	80
	Rodovia	135	52,659	10,284	19,53	40	51	82
	Rural	135	53,2	9,873	18,56	40	52	79
	Urbano	135	52,237	9,965	19,08	40	51	80
<b>Tar (°C)</b>	Central	45	24,518	3,84	15,66	12,1	24,8	29,3
	Compactada	135	27,354	3,129	11,44	21,6	26,9	38,2
	Rodovia	135	26,584	2,727	10,26	22,4	25,5	32,4
	Rural	135	27,164	2,996	11,03	21,2	26,8	34,2
	Urbano	135	28,038	2,666	9,51	23,1	27,2	33,7
<b>Tsolo (°C)</b>	Central	45	22,144	3,464	15,64	12	22,6	26,6
	Compactada	135	25,257	8,014	31,73	6,1	24,6	59,1
	Rodovia	135	25,847	4,096	15,85	13,1	26,1	41,9
	Rural	135	23,839	5,175	21,71	8,4	25,4	33,1
	Urbano	135	26,429	4,498	17,02	17,1	27,4	42,8
<b>IAF</b>	Central	6	1,6606	0,207	12,46	1,4105	1,6458	1,917
	Compactada	18	1,4642	0,2881	19,68	0,7965	1,4965	1,899
	Rodovia	18	1,0424	0,1168	11,21	0,7795	1,0415	1,271
	Rural	18	1,869	0,616	32,97	0,939	2,114	2,627
	Urbano	18	1,3816	0,1186	8,58	1,0985	1,3823	1,56
<b>GSF</b>	Central	6	0,2252	0,0704	31,27	0,156	0,2115	0,34
	Compactada	18	0,2787	0,1211	43,46	0,111	0,2877	0,574
	Rodovia	18	0,4405	0,0972	22,06	0,305	0,4515	0,583
	Rural	18	0,223	0,0651	29,2	0,14	0,1915	0,371
	Urbano	18	0,3068	0,0554	18,04	0,228	0,302	0,4055

Onde: UR = umidade relativa do ar (%), T.ar = temperatura do ar (°C), T.s = temperatura na superfície do solo (°C), IAF = Índice de Área Foliar, GFS = Fator Global do Local, N = número de amostras, DesvPad = desvio padrão e CoefVar = coeficiente de variação  
\*Os dados de IAF e GFS não foram coletados durante a primavera e outono

Pela análise dos Gráficos 3, 4 e 5 pode-se observar a relação descrita nos parágrafos anteriores. No Gráfico 3, relativo aos valores extremos encontrados para Umidade Relativa (%), observou-se que o resultado mais expressivo encontrado foi predominante na área central, ou seja, o centro do fragmento florestal. Em relação aos valores máximos foi constatado que, de

forma geral a área central foi também a que se destacou, apenas no outono que a área compactada se igualou ao encontrado no centro do fragmento, mas, ainda assim não superando o valor evidenciado no centro do fragmento de floresta.

**Gráfico 3.** Análise de valores máximos e mínimos da Umidade Relativa.



Durante o inverno, quando se avaliaram os valores mínimos e máximos, a área urbana apresentou-se como ambiente com o menor valor de umidade relativa encontrado. Com destaque para os resultados dos valores mínimos, onde as quatro interfaces apresentaram resultado semelhante. Na primavera, embora os valores encontrados ainda foram próximos, a área compactada e a rodovia apresentou os menores valores. E esse padrão se repetiu ao se analisar os valores máximos, onde a área de interface com a rodovia, com a rural e com a urbana apresentaram os menores valores de umidade relativa.

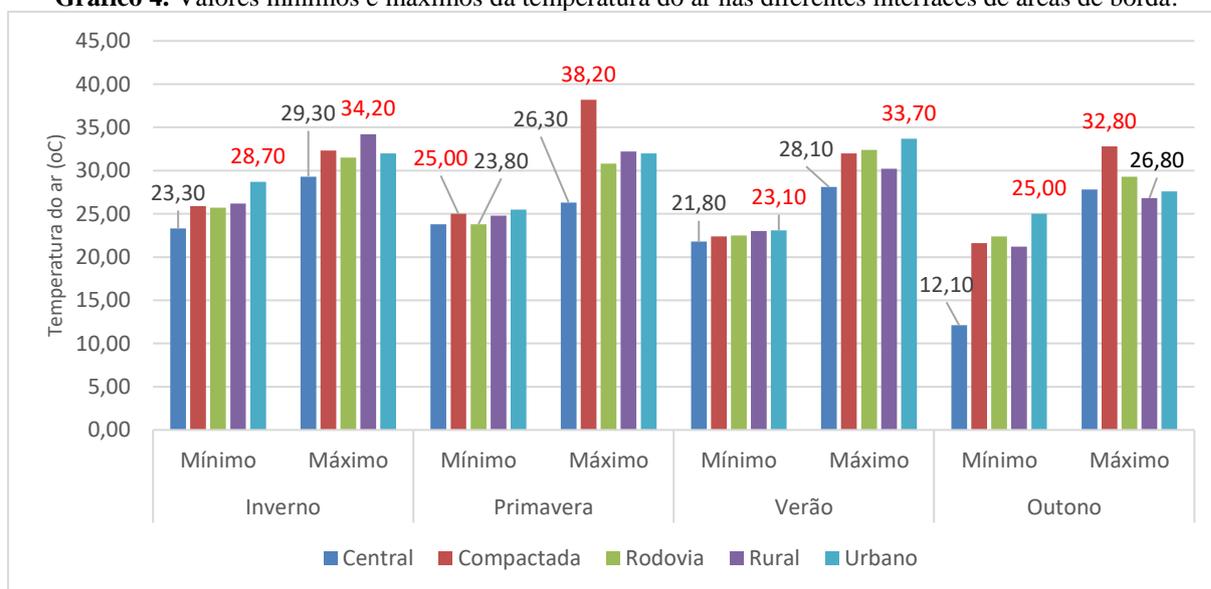
O verão teve seu valor mínimo encontrado de umidade relativa na área que faz interface com a área compactada e, na avaliação dos valores máximos, tem-se a área próxima de ocupação rural. Já no outono, obteve-se ainda a área compactada com os menores valores de umidade relativa e a área urbana com o menor valor de umidade relativa ao se avaliar os máximos que foram encontrados. Laurance et al. (2002) destacam alguns processos abióticos que são impactados pelo efeito de borda, entre eles: aumento de distúrbios por vento, baixa umidade relativa, redução da umidade do solo, aumento da temperatura do ar e déficit da pressão de vapor, e aumento da radiação fotossinteticamente ativa (PAR).

Segundo Metzger (2001) o processo de fragmentação que promove a divisão da antiga grande floresta, não afeta a manutenção dos sistemas. Os fatores que alteram esta ação

contemplam a forma do fragmento, a quantidade de forma e seu isolamento perante a outros fragmentos, levando prejuízo ecológico a estes ambientes. Seu formato é representativo pois sugere a vulnerabilidade do fragmento a influência externa, ou seja, está diretamente relacionado ao efeito de borda (LIMA; ROCHA, 2011)

O Gráfico 4 apresentou os valores extremos relativos a temperatura do ar, tendo-se em destaque da cor preta, os menores valores encontrados para cada uma das análises realizadas. De modo geral, observou-se que, com exceção da primavera, o menor valor mínimo foi na área central do fragmento florestal. Durante a primavera, teve-se como destaque a área compactada. Quanto a análise do máximo, notou-se a área central em destaque em todas as estações, com exceção do outono, que teve a área rural como destaque, apresentando o menor valor de temperatura do ar.

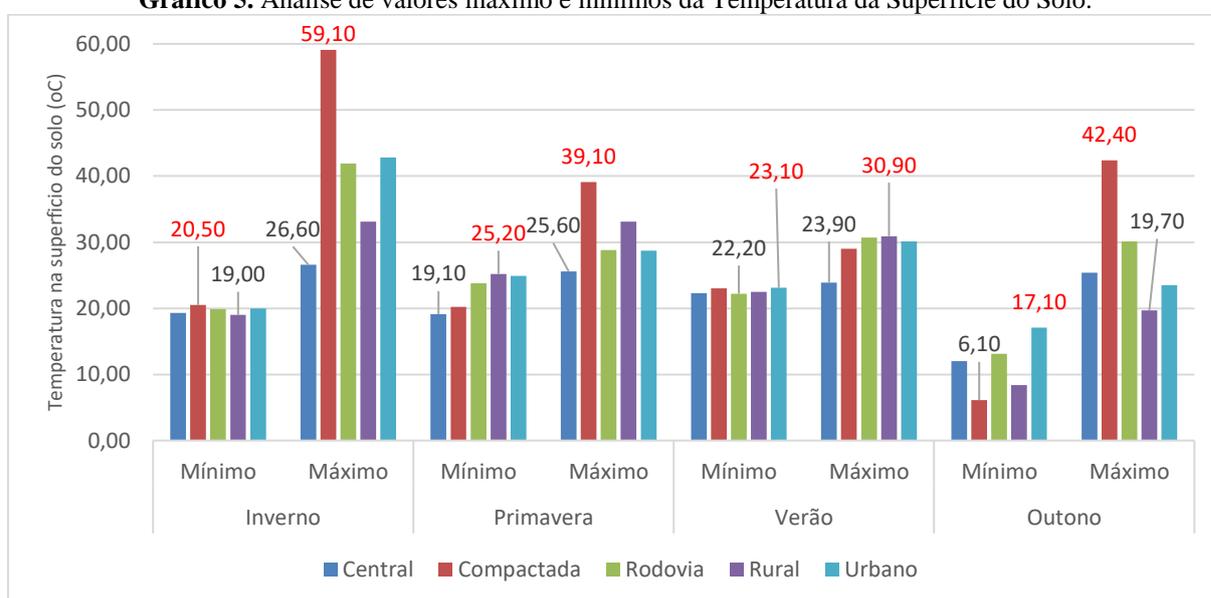
**Gráfico 4.** Valores mínimos e máximos da temperatura do ar nas diferentes interfaces de áreas de borda.



No inverno, ao avaliar os valores mínimos, pode-se observar que a área urbana apresentou o maior valor de temperatura do ar e dentro dos máximos na área de interface com o ambiente rural. A primavera teve o destaque na área compactada como o maior valor de temperatura do ar encontrado tanto na avaliação do máximo e do mínimo. Teve-se no verão, a área urbana como os maiores valores de temperatura do ar, tanto para os valores máximos e mínimos e, isso se repete para os mínimos na estação outono, que ainda apresenta o maior valor de temperatura do ar e, na análise dos valores máximos no outono, é destacado a área compactada. Segundo estudos realizados em fragmentos de Mata Atlântica, no estado de Sergipe, foi verificado que a temperatura do ar e a umidade relativa são fatores que apresentam diferença no ambiente em relação a borda até uma faixa de 60 metros em direção ao centro do fragmento (STEVENS; HUSTBAND, 1998).

A análise da temperatura da superfície do solo durante o inverno, conforme apresentado no gráfico 5, teve destaque a área compactada tanto na análise dos valores máximos e mínimos que apresentou os maiores valores. Os menores valores encontrados, apresentaram-se no ambiente que faz interface com a área rural e a central do fragmento florestal. Na primavera teve destaque o valor máximo na área compactada e o mínimo na área rural. Durante o verão destacaram-se a área urbana e a rural para mínimo e máximo, respectivamente. No outono teve destaque os maiores valores encontrados a área urbana e a área compactada, e os menores valores na área compactada e na área rural.

**Gráfico 5.** Análise de valores máximo e mínimo da Temperatura da Superfície do Solo.



Assim como abordado por Santos et al. (2011) e por Martine e Biondi (2015), em fragmentos de florestas é ambiente onde se encontra os maiores valores de umidade relativa e os menores valores de temperatura do ar. Além destes parâmetros, a análise dos resultados obtidos com as medidas da temperatura da superfície do solo também apresentou este mesmo comportamento.

A Tabela 9 apresentou a Correlação de Pearson que indica a intensidade e direção da relação linear entre as variáveis temperatura do ar, temperatura da superfície do solo, umidade relativa, IAF e GST e abaixo o valor-p para avaliar sua significância no ponto de vista estatístico. Este valor varia de 1 a -1 e, quanto maior o valor absoluto do coeficiente, mais forte a relação linear entre as variáveis. O valor mais próximo de 1 indica uma relação linear e aquelas próximas de 0 indica que não existe relação linear entre as variáveis. O sinal dos coeficientes (Pearson) indica a relação da variação, se estas tendem a aumentar ou diminuir em conjunto, o

coeficiente é positivo. Nos casos em que uma variável tende a aumentar enquanto a outra diminui, o coeficiente é negativo (MINITAB, 2019).

**Tabela 9.** Correlação de Pearson entre as variáveis de estudo e valor-p.

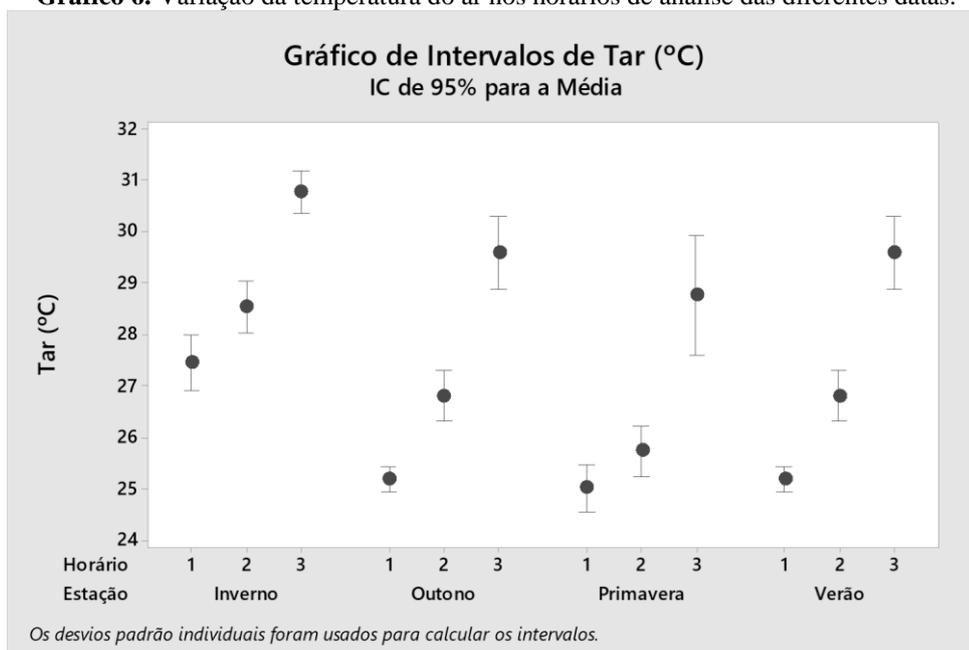
<b>Correlação</b>	<b>UR (%)</b>	<b>Tar (°C)</b>	<b>Tsolo (°C)</b>	<b>IAF</b>
<b>Tar (°C)</b>	<b>-0,712</b>			
	<b>0</b>			
<b>Tsolo (°C)</b>	<b>-0,504</b>	<b>0,574</b>		
	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>IAF</b>	0,08	-0,118	-0,176	
	0,487	0,302	0,123	
<b>GSF</b>	0,001	0,129	0,133	<b>-0,783</b>
	0,99	0,259	0,245	<b>0</b>

Onde: UR = umidade relativa do ar (%), Tar = temperatura do ar (°C), Ts = temperatura na superfície do solo (°C),

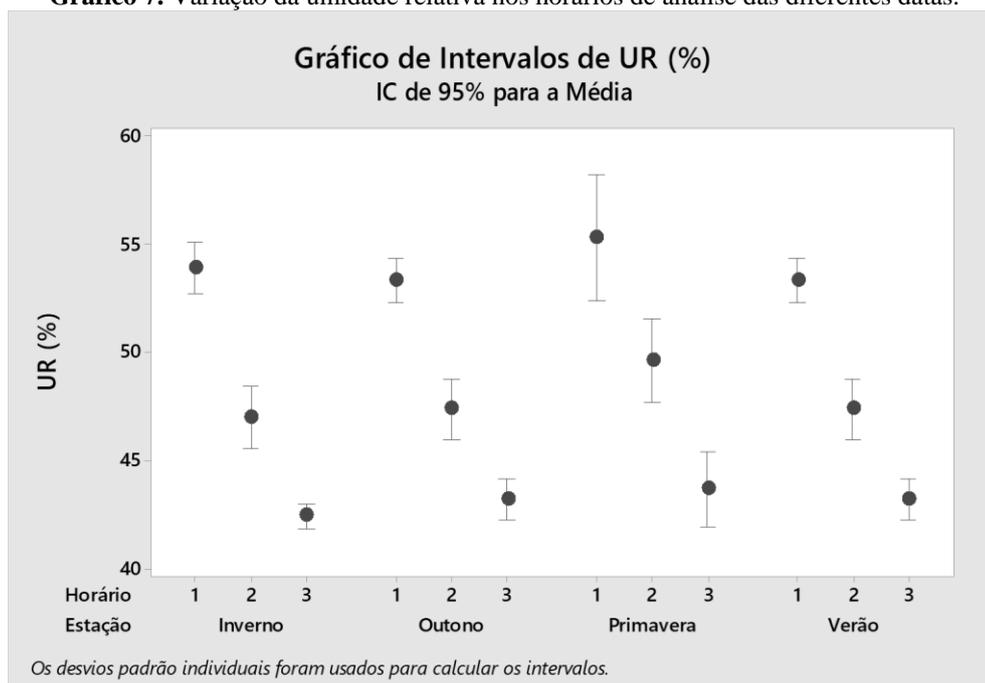
Pela análise da tabela 9 notou-se a existência da correlação entre a umidade relativa com a temperatura do ar e da superfície do solo, ambos sendo inversamente proporcionais. A temperatura do ar com a temperatura da superfície do solo, apresentaram correlação de forma proporcional. E, por fim, entre os indicadores IAF e GSF, inversamente proporcionais entre si.

Pela análise dos resultados obtidos na correlação pode-se notar que entre as variáveis temperatura do ar (Tar) e umidade relativa (UR) existiu uma correlação inversamente proporcional, assim como a temperatura da superfície do Solo (Tsolo) e umidade relativa (UR), e o valor encontrado para as variáveis GST e IAF. Diferente destes, tem-se como resultado uma forte correlação, sendo diretamente proporcional a variação da temperatura do ar com a temperatura do solo. Este efeito pode ser explicado no decorrer das análises conforme discussão dos gráficos 6, 7 e 8.

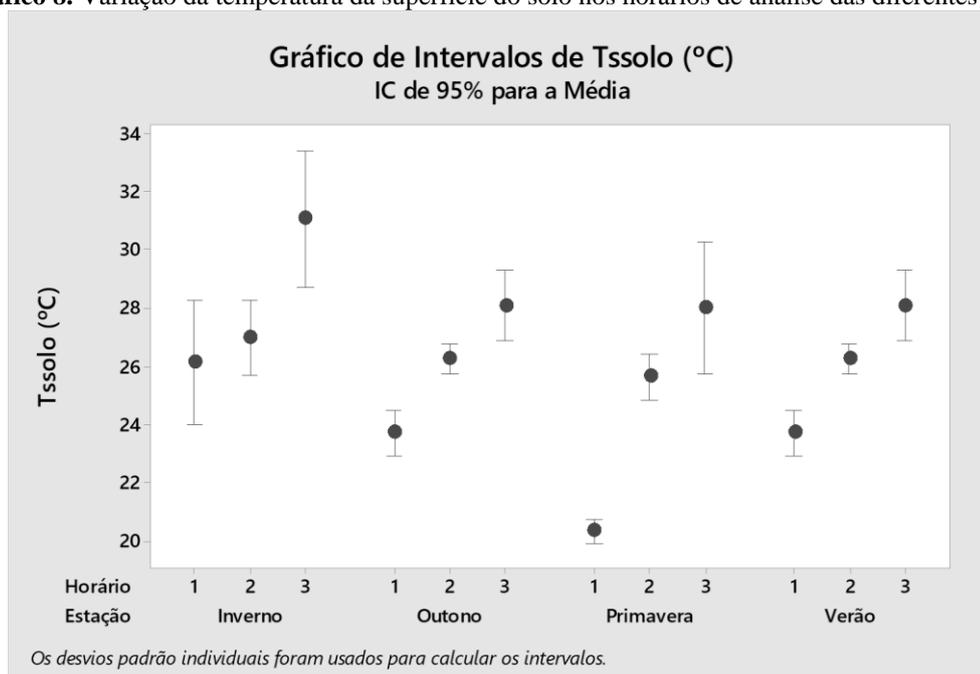
Para determinar se o coeficiente de correlação foi significativo utilizou-se o valor de  $p = 0,05$  (5% de significância) (MINITAB, 2019). Nos Gráficos 6, 7 e 8 foram apresentadas as variações dos indicadores no inverno, na primavera, no verão e no outono nos diferentes horários de amostragem referentes a temperatura do ar, a umidade relativa e a temperatura da superfície do solo, respectivamente, sendo o número 1 relativo ao período das 9:00 -10:00 h, o número 2 das 12:00-13:00 h e o número 3 das 15:00 -16:00 h.

**Gráfico 6.** Variação da temperatura do ar nos horários de análise das diferentes datas.

Onde: o número 1 relativo ao intervalo das 9:00 -10:00h, o número 2 às 12:00 – 13:00 h e o número 3 às 15:00-16:00h.

**Gráfico 7.** Variação da umidade relativa nos horários de análise das diferentes datas.

Onde: o número 1 relativo ao intervalo das 9:00 -10:00h, o número 2 às 12:00 – 13:00 h e o número 3 às 15:00-16:00h.

**Gráfico 8.** Variação da temperatura da superfície do solo nos horários de análise das diferentes datas.

Onde: o número 1 relativo ao intervalo das 9:00 -10:00h, o número 2 às 12:00 – 13:00 h e o número 3 às 15:00-16:00h.

Assim como Dacanal (2011), em uma síntese de 23 estudos que abrangeram o espaço da cidade, foi encontrado que existe redução dos valores de temperatura do ar diante do aumento da cobertura vegetal, com formação de ilhas de frescor em meio a grandes ilhas de calor. Notou-se também nestes estudos que foram compilados, que existe redução neste efeito em locais com ruas de tráfego intenso, devido a geração de calor que é proporcionado. Teve-se também como resultado que a temperatura do ar em áreas verdes pode apresentar-se mais elevado em relação ao ambiente construído, em certos casos, este efeito ocorre pela manhã e pela tarde, com posterior resfriamento noturno. No estudo citado, foi encontrado menor valor de temperatura do ar em áreas vegetadas a tarde, em relação ao ambiente urbano.

Conforme os resultados apresentados nos gráficos 6, 7 e 8, a temperatura do ar tendeu a aumentar com o passar do tempo, quando a análise foi feita entre 9h-15h, sendo que este efeito foi evidenciado em todas as quatro estações do ano, bem como a temperatura da superfície do solo apresentou um incremento. A umidade relativa apresentou efeito inverso, conforme constatado no gráfico 7, onde foi possível observar a redução deste indicador com o passar dos horários, o que explica a correlação entre temperatura do ar e superfície do solo, e o efeito inverso entre temperatura do ar e umidade relativa na Tabela 9.

A diferença encontrada entre áreas verdes e urbana pode estar relacionada à geometria urbana, uma vez que o aumento do fator de visão do céu, ou a baixa relação entre altura das edificações e a distância entre elas, expõe as superfícies a uma faixa de tempo maior

de insolação, porém, por outro ponto de vista, facilita a perda de calor no período de resfriamento (OKE, 1981; JOHANSSON, 2006).

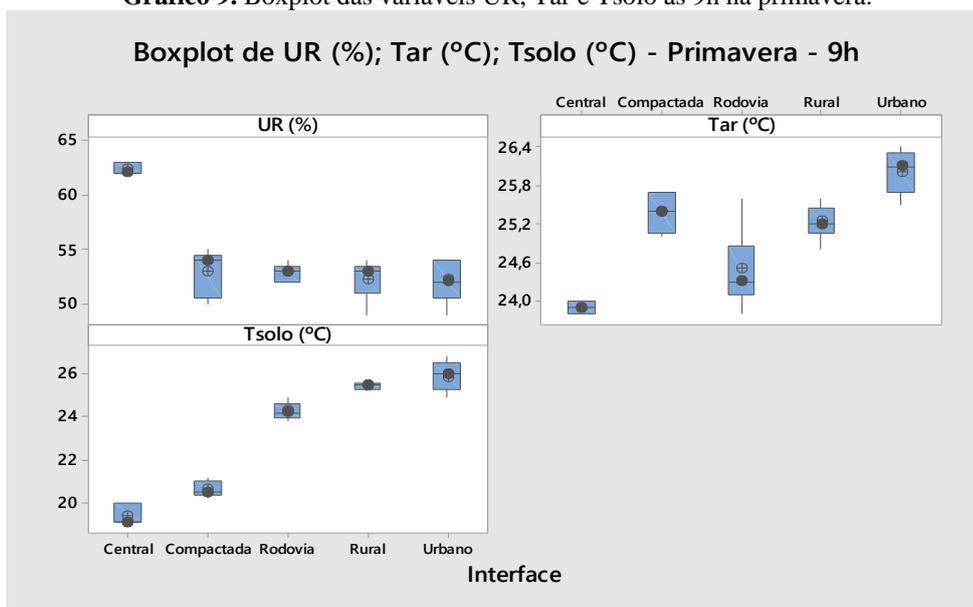
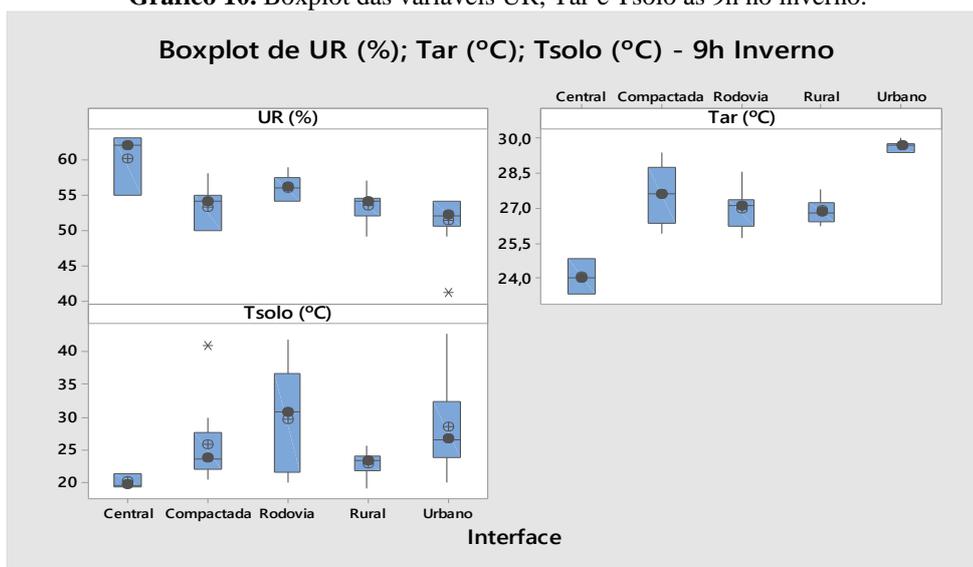
Em pesquisa realizada em Sinop-MT por Gheno, França e Maitelli (2012), as variações microclimáticas em seu estudo estão fortemente relacionadas à ocupação do solo urbano, inferindo que a impermeabilização do solo, as construções, a ausência de ambientes vegetados, o fluxo de veículos e pessoas contribuem para a retenção de calor e para a redução de umidade relativa do ar, resultando em uma situação ambientalmente desconfortável para quem circula nestas áreas. Fato que levou a conclusão de que a vegetação exerce benefícios significativos no conforto da cidade, na pesquisa referenciada foi evidenciado uma diferença de 4°C entre o centro comercial e a periferia e no Parque Florestal da Cidade.

Em estudos semelhantes, Biondi et al. (2011), observaram que em Curitiba, no Bosque Capão Imbuia, com 34 mil metros quadrados, a temperatura do ar apresentou-se 3,6 ° mais baixa no centro do bosque e a umidade relativa 14% maior em relação a área impermeabilizada.

Shinzato e Duarte (2017) observaram que a diferença de temperatura superficial de uma rua e de um parque é de 17,4°C entre o asfalto exposto e o solo abaixo de um dossel de IAF 3 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> para copa elíptica, considerando-se uma velocidade do vento de 1 m/s. Em sua pesquisa, foi aplicado o índice de conforto TEP para um IAF 3m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> e foi observada uma redução de 0,7°C na temperatura do ar entre o parque e a rua do entorno.

Nos gráficos 9, 10, 11 e 12 utilizou-se Boxplot para as variáveis Tar (temperatura do ar em °C), Tsolo (temperatura da superfície do solo em °C) e da UR (umidade relativa em %) nas quatro estações. No Gráfico 9 foi apresentado a distribuição das amostras coletadas no intervalo entre 9:00 – 10 h na primavera, o Gráfico 10 com a representação dos valores encontrados neste mesmo horário no inverno, o Gráfico 12 com os resultados do verão e no Gráfico 13 os valores do outono.

Nestes gráficos a média e a mediana foram apresentadas com um círculo preenchido com uma cruz e o outro com o círculo completamente preenchido e pela linha na caixa. A extremidade superior da linha representa o valor máximo da amostra, a parte superior da caixa representa o 3º quartil, ou seja, 25% da amostra está acima deste valor, já a parte inferior da caixa mostra o 1º quartil, que representa os 25% da amostra abaixo deste valor, já a caixa representada no gráfico ilustra a variação de 50% das amostragens.

**Gráfico 9.** Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 9h na primavera.**Gráfico 10.** Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 9h no inverno.

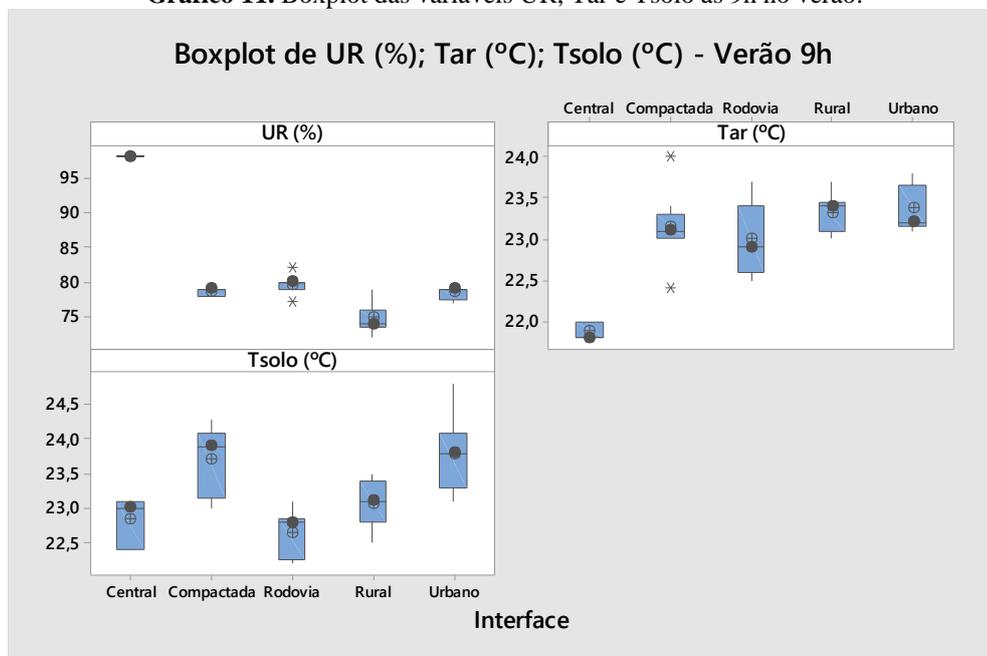
Nos Gráficos Boxplot, a mediana foi representada pela linha horizontal dentro da caixa. Já a caixa, representa a amplitude interquartílica, ou seja, 50% dos dados encontrados, sendo limitada pelo primeiro e terceiro quartis (Q3-Q1). Os traços verticais que se estendem nos dois lados da caixa são as amplitudes para o fundo de 25% e o topo de 25% dos valores encontrados (MINITAB, 2019).

Entende-se dos gráficos 9, 10, 11 e 12 para umidade relativa que as medianas se apresentaram próximas, com exceção dos resultados encontrados no outono. A temperatura do ar e a temperatura da superfície do solo, nas diferentes interfaces não apresentaram medianas

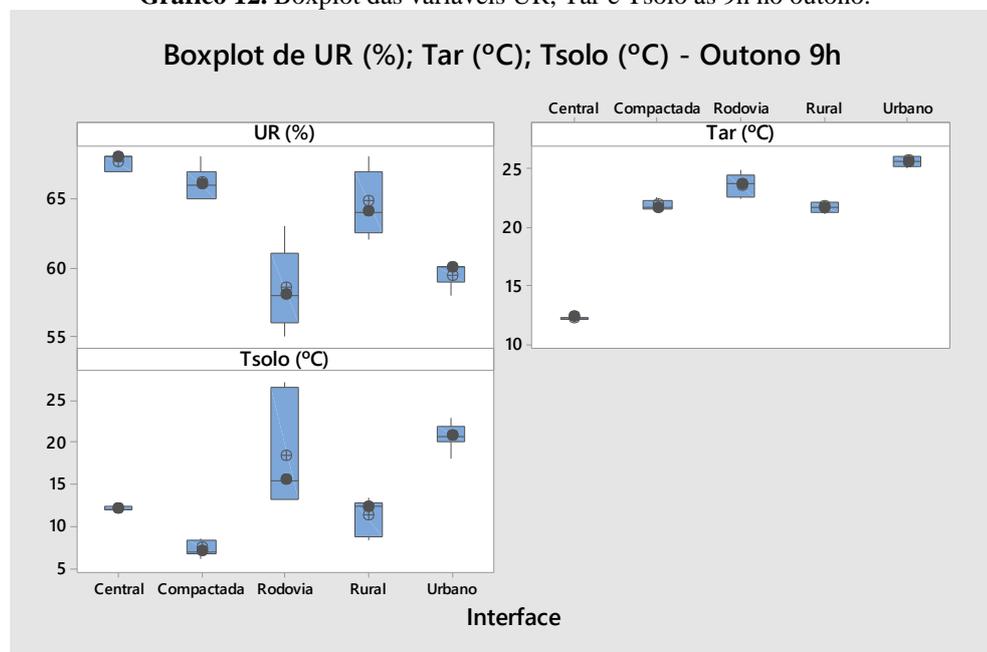
tão próximas quanto o que foi encontrado para umidade relativa, com exceção da temperatura do ar no verão.

Além disso, os resultados para o centro do fragmento florestal tiveram seus valores sempre mais distintos em relação às outras interfaces.

**Gráfico 11.** Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 9h no verão.



**Gráfico 12.** Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 9h no outono.



Na tabela 10 foram apresentadas as diferenças das medianas pelo teste de Mood no intervalo de coleta entre 9:00-10:00 h nas quatro épocas do ano analisadas. Notou-se nos resultados encontrado que na maioria das análises, o fragmento florestal (parte central) se

sobressaiu, com valores mais alto de umidade relativa, e valores mais baixos de temperatura do ar e temperatura da superfície do solo. Na tabela foram identificados os pontos onde, segundo o teste de Mood, não existe diferença estatística entre os pontos em análise. Tem-se também em destaque as situações consideradas pontuais e inesperadas, onde, para a Tabela 12, foi encontrado um valor de temperatura da superfície do solo menor na área compactada em relação ao centro do fragmento durante o outono. E, no verão, um valor de temperatura do ar menor na rodovia em comparação ao centro do fragmento de floresta.

**Tabela 10.** Avaliação de diferença das medianas dos dados coletados as 9h nas quatro estações.

9 HORAS												
Ambientes	Inverno			Primavera			Verão			Outono		
	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)
Fragmento de Floresta	62	24	19,6	62	23,9	19,1	98	21,8	23	68	12,3	12,1**
Interface Compactada	54	27,6	23,6	54	25,4	20,5	79	23,1	23,9	66	21,7	7**
<b>Valor p</b>	<b>0,018</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,018</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,005</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,046</b>
Fragmento de Floresta	62	24	19,6	62	23,9	19,1	98	21,8	23**	68	12,3	12,1
Interface Rodovia	56	27,1	30,8	53	24,3	24,2	80	22,9	22,8**	58	23,7	15,5
<b>Valor p</b>	<b>0,31*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,018</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,005</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,157*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>
Fragmento de Floresta	62	24	19,6	62	23,9	19,1	98	21,8	23	68	12,3	12,1
Interface Rural	54	26,8	23,3	53	25,2	25,5	74	23,4	23,1	64	21,7	12,4
<b>Valor p</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,018</b>	<b>0,046</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,018</b>	<b>0,046</b>	<b>0,505*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,505*</b>
Fragmento de Floresta	62	24	19,6	62	23,9	19,1	98	21,8	23	68	12,3	12,1
Interface Urbana	52	29,7	26,6	52	26,1	26	79	23,2	23,8	60	25,6	20,8
<b>Valor p</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,005</b>	<b>0,157*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,157*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>

Onde: UR = umidade relativa do ar (%), T.ar = temperatura do ar (°C), T.s = temperatura na superfície do solo (°C).

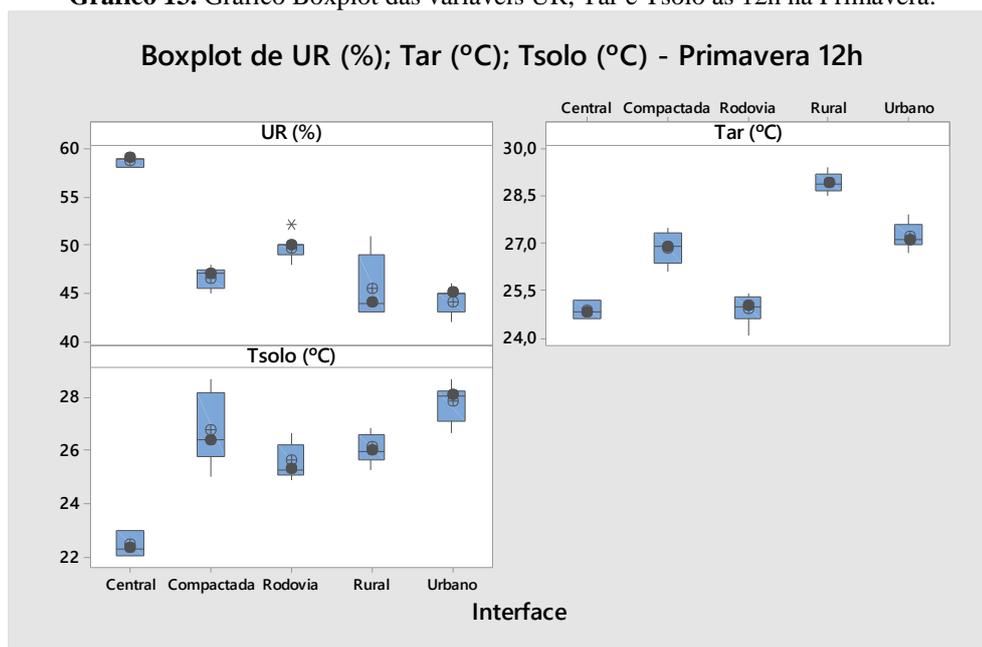
\*valores expressos na vertical não apresentaram diferenças significativas pelo Test Mood com valor-p menor ou igual a 0,05 (índice de confiança de 95%)

\*\* valores em que a área testemunha não apresentou medianas melhores em relação a interface destacada

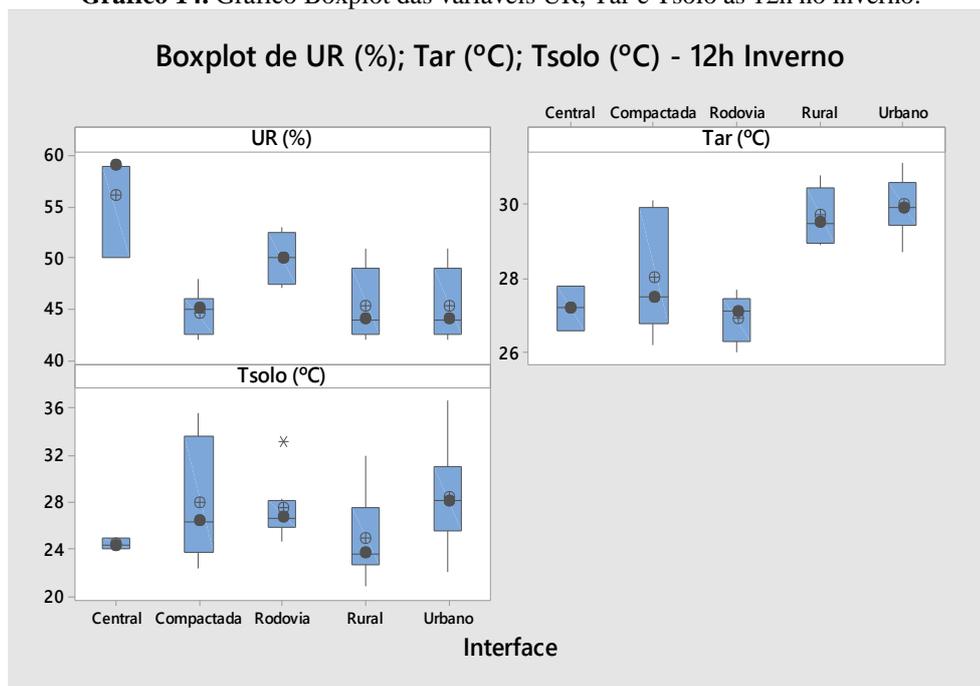
Estas mesmas análises foram realizadas para os dados encontrados às 12h, e assim são representados nos Gráficos 13, 14, 15 e 16, bem como na Tabela 11.

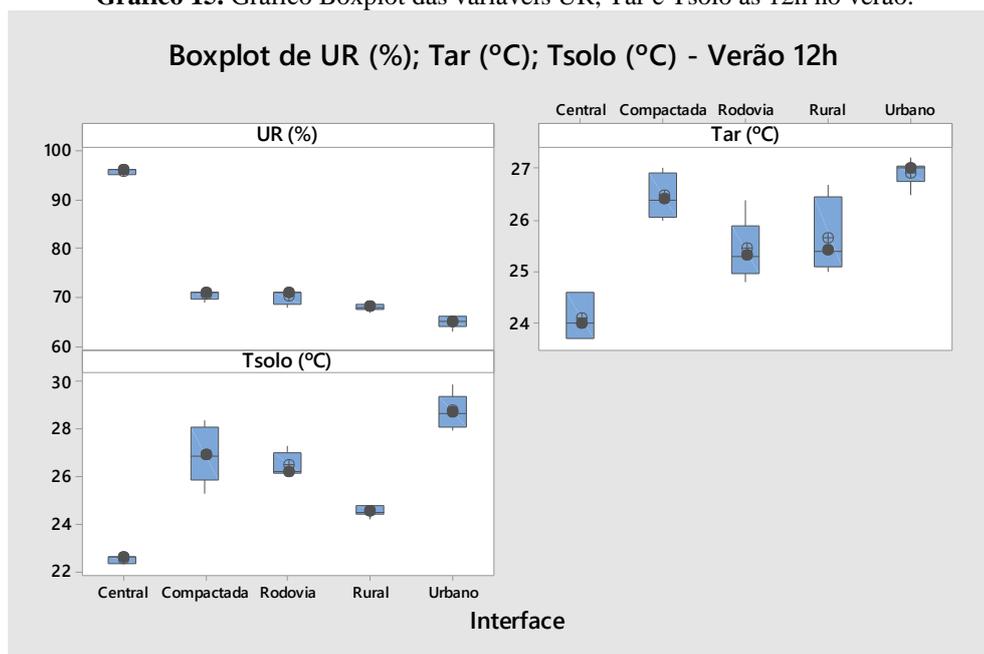
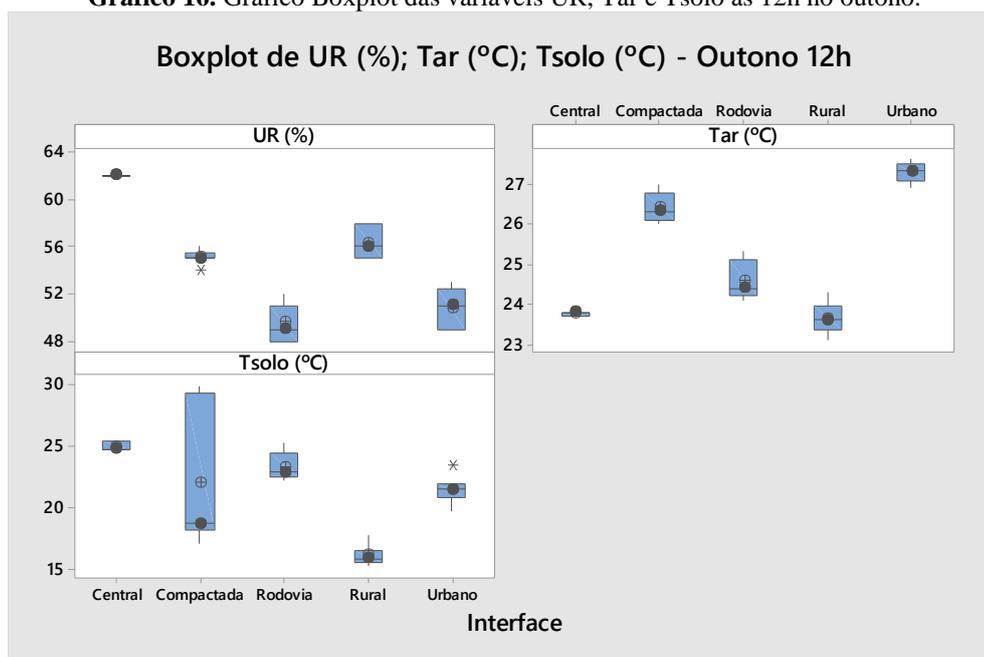
Entende-se dos gráficos que suas medianas se apresentaram pouco relacionadas ao comparar o que foi encontrado para cada interface, esse resultado foi observado em todas as estações quando avaliado às 12h.

**Gráfico 13.** Gráfico Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 12h na Primavera.



**Gráfico 14.** Gráfico Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 12h no inverno.



**Gráfico 15.** Gráfico Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 12h no verão.**Gráfico 16.** Gráfico Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 12h no outono.

Na tabela 11 foram apresentados os valores encontrados às 12h sendo possível notar que no outono todos os valores de temperatura da superfície do solo foram maiores na área central do fragmento florestal. Bem como, os valores encontrados para temperatura do ar no outono e no inverno. No inverno a temperatura da superfície do solo na área rural também foi maior do que o valor encontrado no centro do Fragmento de Floresta.

**Tabela 11.** Avaliação de diferença das medianas dos dados coletados as 12h nas quatro estações.

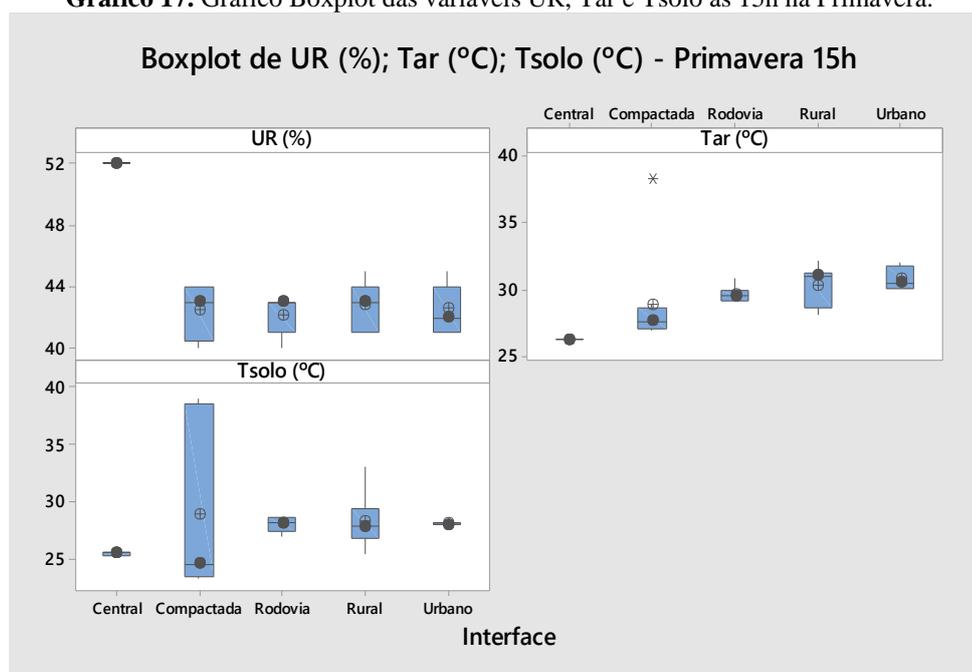
12 HORAS												
Ambientes	Inverno			Primavera			Verão			Outono		
	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)
Fragmento de Floresta	59	27,2	24,3	59	24,8	22,3	96	24	22,6	62	23,8	24,8**
Interface Compactada	45	27,5	26,4	47	26,9	26,4	71	26,4	26,9	55	26,3	18,7**
<b>Valor p</b>	<b>0,018</b>	<b>0,505*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,018</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,05</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,018</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>
Fragmento de Floresta	59	27,2	24,3	59	24,8	22,3	96	24	22,6	62	23,8	24,8**
Interface Rodovia	50	27,1	26,7	50	25	25,3	71	25,3	26,2	49	24,4	22,9**
<b>Valor p</b>	<b>0,31*</b>	<b>0,505*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,005</b>	<b>0,505*</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,05</b>	<b>0,046</b>	<b>0,157*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>
Fragmento de Floresta	59	27,2	24,3**	59	24,8	22,3	96	24	22,6	62	23,8**	24,8**
Interface Rural	44	29,5	23,6**	44	28,9	26	68	25,4	24,5	56	23,6**	15,8**
<b>Valor p</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,31*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,018</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,018</b>
Fragmento de Floresta	59	27,2	24,3	59	24,8	22,3	96	24	22,6	62	23,8	24,8**
Interface Urbana	44	29,9	28,1	45	27,1	28,1	65	27	28,7	51	27,3	21,5**
<b>Valor p</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,005</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>

Onde: UR = umidade relativa do ar (%), T.ar = temperatura do ar (°C), T.s = temperatura na superfície do solo (°C).

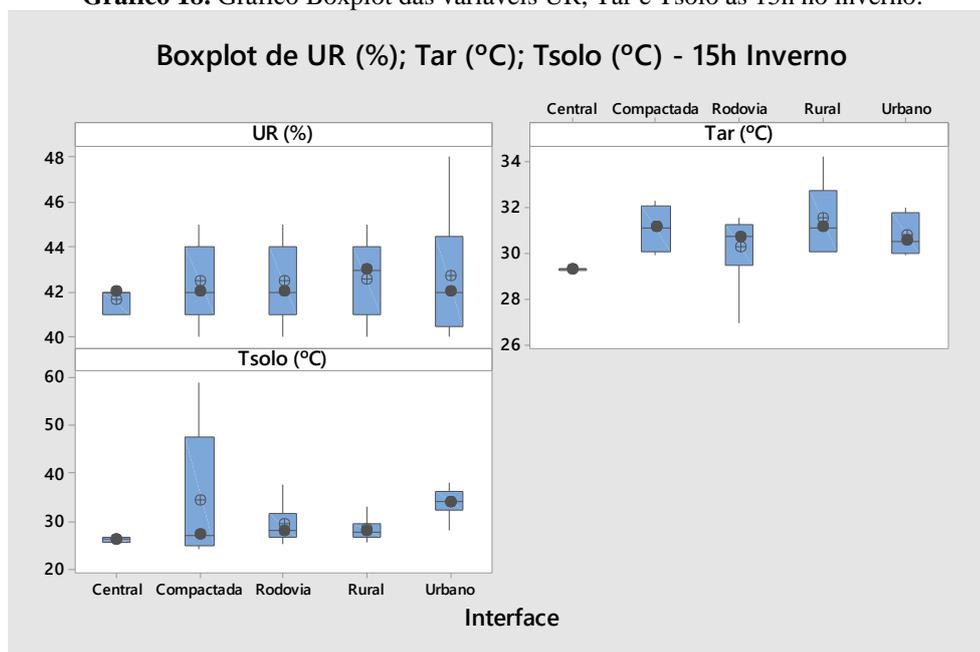
\*valores expressos na vertical não apresentaram diferenças significativas pelo Test Mood com valor-p menor ou igual a 0,05 (índice de confiança de 95%)

\*\* valores em que a área testemunha não apresentou medianas melhores em relação a interface destacada

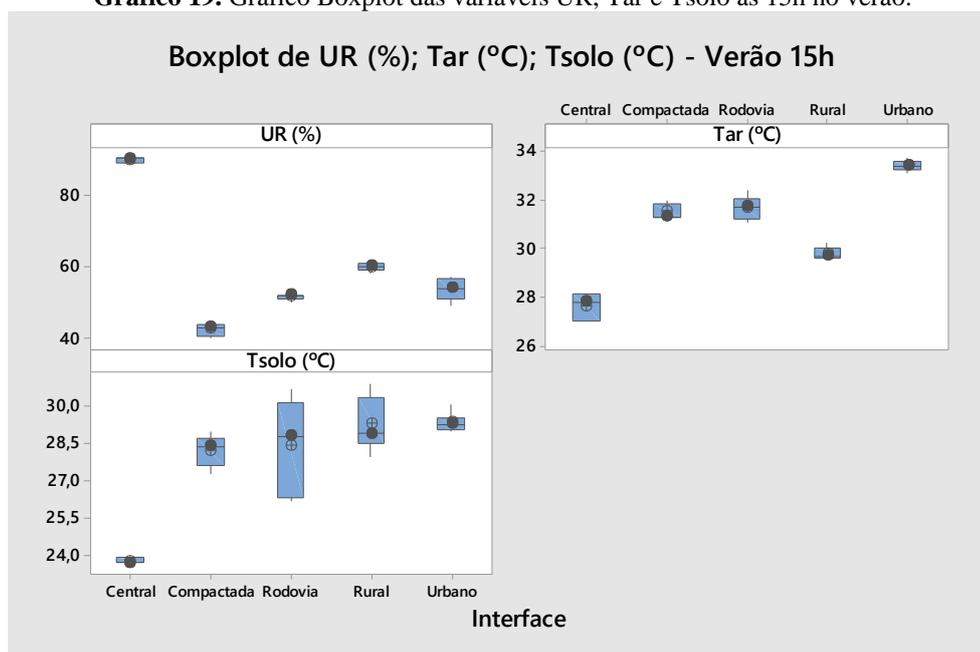
Estas análises foram feitas com os dados encontrados às 15h, conforme apresentado nos Gráficos 17, 18, 19 e 20 e a Tabela 12.

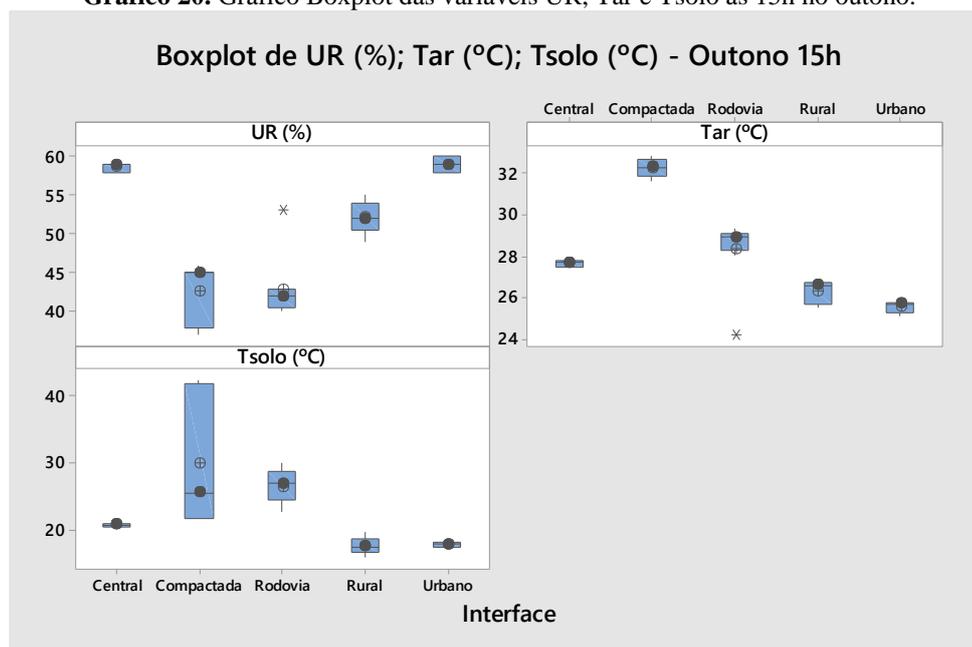
**Gráfico 17.** Gráfico Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 15h na Primavera.

**Gráfico 18.** Gráfico Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 15h no inverno.



**Gráfico 19.** Gráfico Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 15h no verão.



**Gráfico 20.** Gráfico Boxplot das variáveis UR, Tar e Tsolo às 15h no outono.

Na Tabela 12 pode-se observar os resultados onde o fragmento florestal (Centro do Fragmento) apresentou valor menor ou igual ao de outra interface no que diz respeito a umidade relativa ou valor maior ou igual do que outra interface no que diz respeito a temperatura do ar ou temperatura da superfície do solo.

**Tabela 12.** Avaliação de diferença das medianas dos dados coletados às 15h nas quatro estações.

Ambientes	15 HORAS											
	Inverno			Primavera			Verão			Outono		
	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)	UR (%)	T. ar (°C)	T. s. (°C)
Fragmento de Floresta	42**	29,3	26,1	52	26,2	25,5**	90	27,8	23,7	59	27,7	20,8
Interface Compactada	42**	31,1	27,1	43	27,6	24,5**	43	31,3	28,4	45	32,3	25,5
<b>Valor p</b>	<b>0,157*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,505*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,157*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,005</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>
Fragmento de Floresta	42**	29,3	26,1	52	26,2	25,5	90	27,8	23,7	59	27,7	20,8
Interface Rodovia	42**	30,7	27,9	43	29,5	28,1	52	31,7	28,8	42	28,9	26,9
<b>Valor p</b>	<b>0,157*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,157*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,005</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,005</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>
Fragmento de Floresta	42**	29,3	26,1	52	26,2	25,5	90	27,8	23,7	59	27,7**	20,8**
Interface Rural	43**	31,1	27,8	43	31	27,8	60	29,7	28,9	52	26,6**	17,5**
<b>Valor p</b>	<b>0,091*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,005</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>
Fragmento de Floresta	42**	29,3	26,1	52	26,2	25,5	90	27,8	23,7	59**	27,7	20,8**
Interface Urbana	42**	30,5	34,1	42	30,5	28	54	33,4	29,3	59**	25,7	17,8**
<b>Valor p</b>	<b>1*</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>0,157*</b>	<b>0,018</b>	<b>0,046</b>	<b>0,046</b>	<b>1*</b>	<b>0,018</b>	<b>0,046</b>

Onde: UR = umidade relativa do ar (%), T.ar = temperatura do ar (°C), T.s = temperatura na superfície do solo (°C).

\*valores expressos na vertical não apresentaram diferenças significativas pelo Test Mood com valor-p menor ou igual a 0,05 (índice de confiança de 95%)

\*\* valores em que a área testemunha não apresentou medianas melhores em relação a interface destacada

Entende-se dos gráficos 17, 18, 19 e 20 que durante a primavera e o inverno os valores tiveram um comportamento similar nos resultados observados, tendo suas medianas similares nas interfaces, com exceção da umidade relativa do centro do fragmento florestal na primavera. Os resultados foram mais dispersos ao se avaliar os encontrados às 15h durante o verão e outono, onde as medianas foram mais distantes.

Ao avaliar os dados encontrados para umidade relativa do ar durante o inverno, notou-se que os valores observados no centro do fragmento florestal apresentaram-se menores em relação às outras interfaces às 15h. Assim como a temperatura do ar, durante a primavera, foi menor na área compactada em relação ao centro do fragmento. Durante o outono, entendeu-se que a área que faz interface com ambiente rural apresentou valores de temperatura do ar e de superfície do solo menores do que na área central do fragmento florestal, assim como a área urbana apresentou valor menor no que diz respeito a temperatura da superfície do solo e valor similar ao avaliar a umidade relativa dentro destes ambientes (área urbana e centro do fragmento de floresta).

De forma geral, pode-se notar que no centro do fragmento o ambiente apresentou maiores valores de umidade relativa (%), menores de temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e temperatura da superfície do solo ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Na análise das médias, conforme observado na Tabela 8, a maior diferença de umidade relativa, ocorreu entre o centro do fragmento de floresta e sua borda que faz interface com a área próxima da estrada vicinal (13,05%), seguido pela área de interface com ambiente urbano (12,78%), rodovia (12,36%) e por fim a rural.

Para temperatura do ar, a borda com maior disparidade em relação ao centro do fragmento de floresta foi a que faz interface com a área urbanizada (3,52  $^{\circ}\text{C}$ ), seguido pela borda de interface com estrada vicinal (2,84  $^{\circ}\text{C}$ ), seguido por rural (2,65  $^{\circ}\text{C}$ ) e, por fim, rodovia (2,07  $^{\circ}\text{C}$ ).

A temperatura da superfície do solo, diante dos resultados apresentados, sobre maior influência na borda que faz interface com a área urbana (4,29  $^{\circ}\text{C}$ ), seguido por rodovia (3,7  $^{\circ}\text{C}$ ), compactada (3,11  $^{\circ}\text{C}$ ) e, por fim, rural (1,7  $^{\circ}\text{C}$ ).

Assim como encontrado nas Tabelas 10, 11 e 12, Martini A. et al. (2017) destacou um remanescente florestal que estava sendo estudado como ambiente com menor média de temperatura do ar e maior média de umidade relativa. Hoffman et al. (2010) citou em sua pesquisa que o interior de fragmentos florestais foi caracterizado por sua estabilidade microclimática em relação com formações mais abertas. E, a principal razão para isso foi a

diferença de estratos que separa as camadas de ar exterior ao remanescente (acima da copa das árvores) da camada de ar que está próxima ao solo.

Martini e Biondi (2015) ressaltaram a importância da conservação e manutenção de fragmentos florestais urbanos por proporcionarem melhores condições térmicas nos locais onde estão localizados, contribuindo para melhor qualidade de vida. Neste estudo, os autores destacaram que o fragmento florestal estudado apresentou microclima mais confortável termicamente em relação aos outros ambientes estudados, sendo eles uma área coberta por gramado, bosque de pinus e um estacionamento. Tiveram como resultado de sua análise, menores valores de temperatura do ar e maiores valores de umidade relativa no fragmento florestal.

Em outro estudo realizado nas diferentes estações do ano, foi quantificado e comprovado que a vegetação influenciou em variáveis meteorológicas e no conforto térmico. Tendo a maior diferença de média para temperatura do ar entre o fragmento de floresta urbano e o gramado, seguido pelo estacionamento e, por fim o bosque pinus. Em sua análise os resultados para umidade relativa seguiram a mesma linha do que foi encontrado para temperatura do ar (MARTINI, BIONDI; 2015).

Martini et al. (2015) discutiram sobre diferenças significativas que foram encontradas entre o microclima interno e externo a um fragmento florestal. Para o desenvolvimento deste estudo, utilizou-se um transecto móvel e, ao longo de seu transecto a temperatura média foi 4,3°C mais elevada em relação ao interior do fragmento florestal. Quanto a umidade relativa, no interior do fragmento de floresta manteve-se constante, sendo em média 4,2% maior do que na área externa.

Martini et al (2015) observaram que a maior diferença encontrada foi de 6,1°C e a menor 2,5°C. Sendo a temperatura máxima encontrada no fragmento florestal de 20,8°C e no transecto móvel de 25,5°C. Para a umidade relativa, a maior diferença encontrada foi de 5,9%. O interior do fragmento de floresta apresentou valores de umidade relativa nunca abaixo de 59,1%, e no transecto móvel o menor valor encontrado foi de 52,9%.

Nos estudos descritos, resultados semelhantes foram encontrados para as variáveis em análise. No Gráfico 3 desta dissertação foi observado o menor valor de umidade relativa na borda do fragmento de floresta que faz interface com a área compactada durante o outono, sendo o valor igual a 35%, e o maior valor encontrado no centro do fragmento de floresta durante o verão, que foi de 98%.

No Gráfico 4, encontrou-se o menor valor de temperatura do ar na estação outono, no centro fragmento florestal, com um resultado de 12,1°C. O maior valor de temperatura do ar foi encontrado na área compactada também, com 38,2°C na primavera.

No Gráfico 5, destacou-se a área compactada com o maior e o menor valor encontrado. O maior nível de temperatura da superfície do solo foi no inverno, sendo 59,1°C e o menor resultado foi observado no outono com 6,1°C.

## 6. CONCLUSÃO

Esta pesquisa buscou realizar uma análise do estado atual das bordas do fragmento florestal, ou remanescente florestal, urbano MSG – Campinas/SP com foco voltado ao seu microclima, evidenciando os efeitos da interação de sua borda com cada uma das interfaces que foram estudadas em comparação com seu centro. O experimento deu-se em 4 momentos distintos do ano, durante a primavera, verão, outono e inverno, em diferentes momentos do dia, 9h, 12h e às 15h, onde foi coletado os dados de temperatura do ar, temperatura da superfície do solo e umidade relativa. Além disso, buscou-se uma visão sistêmica do microclima do fragmento de floresta e de sua interação com cada uma das interfaces.

A hipótese básica desta pesquisa – *“O presente trabalho parte da hipótese básica que o microclima em áreas de borda de fragmentos florestais urbanos é impactado de forma negativa em função da forma de uso e ocupação do seu entorno”* – foi comprovada. Foi evidenciado por meio deste experimento que os valores de temperatura do ar e da superfície do solo apresentaram-se mais elevados nas bordas que fazem interface com ambientes urbanizados e os de umidade relativa foram mais baixos.

Por meio da análise realizada nos dados obtidos no presente estudo, observou-se as seguintes conclusões:

- A interface que se relaciona com a área urbana foi a que apresentou maiores alterações em relação as características microclimáticas, e a área rural, dentre as que impactam diretamente o fragmento foi a que apresentou menor potencial de degradação.
- A área com interface para ambiente urbano apresentou os valores mais distantes do centro do fragmento florestal, seguido pela borda que faz interface com a área compactada, seguido pela rodovia e, por fim, a rural que apresentou os valores mais próximos do centro do fragmento.
- O aumento da umidade do ar causado, provavelmente, pelo efeito de evapotranspiração, causa redução da temperatura do ar, bem como da temperatura da superfície do solo.
- A redução da temperatura do ar e do solo e o aumento da umidade relativa provocado pelo fragmento florestal apresentou-se influenciado em locais impermeabilizados, com adensamento construtivo e ambientes de solo exposto (como a área próxima ao ambiente urbano).

## 7. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, P. K. Perspectivas da Transição para Economia de Baixo Carbono a Partir da Cooperação Internacional Pós-Kyoto. **Rio +20 O Futuro Que Queremos**, Florianópolis, p.41-63, 2012.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Ie/unicamp, Campinas, n. 155, p.1-46, fev. 2009.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil S.A., 2007.
- BADIRU, A. I. Método para a classificação tipológica da floresta urbana visando o planejamento e a gestão das cidades. In: simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, INPE, 12., 2005, Goiânia. Anais Goiânia: INPE, 2005. v. 1. p. 1427-1433.
- BARBÉ, K. **Statistical Methods I: Nonparametric statistical inference**. Master Mathematics Vrije Universiteit Brussel and Universiteit Antwerpen. Ed. 2017/2018.
- BARBOSA, G. S. O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Visões**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p.1-11, jun. 2008. 4ª Edição. Disponível em: <[http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed\\_O\\_Desafio\\_Do\\_Developolvimento\\_Sustentavel\\_Gi sele.pdf](http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed_O_Desafio_Do_Developolvimento_Sustentavel_Gi sele.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2018.
- BARROS, L. A. **Vocabulário das unidades de conservação do Brasil**. São Paulo: Arte & Ciência; Marília: Unimar, 2000.
- BECK, U. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2010 [1992].
- BERKES, F., FOLKE, C. Investing in cultural capital for sustainable use of natural capital. Em: JANSSON, A. M.; HAMMER, M.; FOLFE, C.; COSTANZA, R. (Ed.). **Investing in natural capital: the ecological economics approach to sustainability**. Washington, DC: Island Press, 1994. p. 22-37.
- BLUMENFELD, E. C. **Relações entre Vizinhança e Efeito de Borda em Fragmento Florestal**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2008. 85p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP.
- BRAGA, A. L.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. H. do N. Poluição Atmosférica e seus Efeitos na Saúde Humana. Em: MIGUEZ, J. D. G. **Sustentabilidade na Geração e Uso de Energia no Brasil: os próximos vinte anos**, Campinas, 2002.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA. Resolução nº 417 de 23 de novembro de 2009. Disponível em: <[http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2009\\_Res\\_CONAMA\\_417.pdf](http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2009_Res_CONAMA_417.pdf)>.
- BRASIL. **Constituição** (1986). Resolução nº03, de 28 de junho de 1990. Conama. Brasília, 22 agos. 1990. Seção 1, p. 15937-15939.
- BRASIL. [Constituição (1988) ]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm).
- BRASIL (Município). Lei Complementar nº 189, de 08 de janeiro de 2018. Dispõe sobre o Plano Diretor Estratégico do município de Campinas. **Lei Complementar**. Campinas, SP, Disponível em: <[http://suplementos.campinas.sp.gov.br/admin/download/suplemento\\_2018-01-09\\_cod473\\_1.pdf](http://suplementos.campinas.sp.gov.br/admin/download/suplemento_2018-01-09_cod473_1.pdf)>. Acesso em: 01 mar. 2019.
- BRASIL. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**: Lei n. ° 9.985, de 18 de julho de 2000. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>> Acesso em: 08 out. 2014.
- BRASIL. Governo Federal, Comitê Interministerial Sobre Mudança do Clima. Decreto nº 6.263, de 21-11-2007. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**. BSB, dezembro de 2008.

Centro de Previsão do Tempo e Estudos do Clima (CPTEC/INPE), vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, p.86

BRASIL. **Política Nacional de Mudanças Climáticas** nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Brasil, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm)>.

BRASIL. Casa Civil da Presidência da República; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura. **Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC)**. Versão Preliminar, Brasília DF, maio de 2011.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre o novo Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, Seção 1, p. 1-8, 28 mai 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas>>. Acesso em: 29 de ago. 2018.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Plano de Manejo ARIE Mata de Santa Genebra**. Campinas: 2010.

BRUNDTLAND, G. H. (Org.). *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

BURKE, M. "The design and value of "early adopter" low-energy houses", *Construction Innovation*, Vol. 17 Issue: 3, pp.262-272. 2017. Disponível em: <<https://doi-org.ez128.periodicos.capes.gov.br/10.1108/CI-01-2017-0001>>. Acesso em 12 de set. 2018

BURSZTYN, M.; EIRO, F. Mudanças climáticas e distribuição social da percepção de risco no Brasil. **Soc. estado**. Brasília, v. 30, n. 2, p. 471-493, ago. 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-69922015000200471&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69922015000200471&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 30 ago. 2018.

CAMPINAS. Secretaria Municipal do Verde e Desenvolvimento Sustentável. **Plano Municipal do Verde: diagnóstico**. Campinas: SVDS, 2016.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. UNICAMP, 2019.

CHANDLER, T. J. *The changing form of London's heat island*. Geography, Londres, 1961.

CHANDLER, T. J. **The climate of London**. London, Hutchinson University Library Publisher, 1965. apud MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. Um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F. e MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo, Contexto, 2003, p. 09-68.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. 2a ed. Tradução de Our common future. 1a ed. 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

COLLINGE, S. K. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. *Landscape and Urban Planning*. v.36, n. 1. 1996.

COSTANZA, R. Social goals and the valuation of ecosystem services. **Ecosystems**, v. 3, p. 410, 2000.

COSTANZA, R.; et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, Londres, v. 387, n. 6630, p. 253–260, mai. 1997.

CRUZ, G. C. F. **Clima Urbano de Ponta Grossa – PR: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira [tese]**. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo; 2009.

DACANAL, C. **Fragmentos florestais urbanos e interações climáticas em diferentes escalas: estudos em Campinas, SP**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e

- Urbanismo – UNICAMP, 2011. 220p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, 2011.
- DAILY, G. C. (Ed.) **Nature's Services: Societal Dependence on natural ecosystems.** Washington, DC: Island Press, 1997.
- DAILY, G.; COBB JR., J. B. **For the common good: redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future.** Boston: Beacon Press, 1989.
- DAILY, H. E.; FARLEY, J. **Ecological economics: principles and applications.** Washington, DC: Island Press, 2004.
- DANNI-OLIVEIRA, I M. **A cidade de Curitiba/PR e a poluição do ar-implicações de seus atributos urbanos e geocológicos na dispersão de poluentes em período de inverno.** 1999. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.
- DE GROOT, R.S. **Environmental functions and the economic value of natural ecosystems.** In: A. Jansson, M. Hammer, C. Folke, R. Costanza (Eds.). Investing in natural capital: the ecological economics approach to sustainability. International Society for Ecological Economics (ISEE). Washington: Island Press, p.151-168, 1994.
- DE GROOT, R.S.; Wilson, M.A.; Boumans, R.M.J. **A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services.** *Ecological Economics*, v. 41, p.393-408, 2002.
- DORST, J. **Antes que a natureza morra.** São Paulo: E. Blucher, 1973.
- DRUMMOND, J. A. **O sistema brasileiro de parques nacionais: análise dos resultados de uma política ambiental.** Niterói: EDUFF, 1997.
- DUARTE, D. **Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região de Clima Tropical Continental.** 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- DUARTE, D.; SERRA, G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental. Correlações e proposta de um indicador. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 17-30, abr./jun. 2003.
- DUARTE, D. H. S. Variáveis Urbanísticas e Microclimas Urbanos: Modelo empírico e proposta de um indicador. **Forum Patrimônio: amb. constr. e patr. sust.** Belo Horizonte, v. 3, n. 2, dez. 2010. Acesso em: 17 out. 2018.
- ECHEGARAY, F.; AFONSO, M. H. F. Respostas às mudanças climáticas: inovação tecnológica ou mudança de comportamento individual? **Estud. Av.**, São Paulo, v. 28, n. 82, p. 155-174, Dec. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142014000300010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142014000300010&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 29 ago. 2018.
- ELKINGTON, J. (1994). **Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development.** *California Management Review*, 2 (36), 90-100.
- ELKINGTON, J. (2004). **Enter the triple bottom line.** Disponível em: <<http://johnelkington.com/TBL-elkington-chapter.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- EL-HAITE, H. (2016), **Minister of the Environment of Morocco and Host of COP 22 at the Women Leaders' Summit.** Disponível em: <<http://news.vattenfall.com/de/article/direkt-vonder-cop22-diefrauen-zeiten-des-klimawandels>>. Heine, H. (2017), Global climate
- ETTO, T. L.; LONGO, R. M.; ARRUDA, D. D. R.; INVENIONI, R. Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras-Campinas-SP. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 6, p. 1063-1071, 2013.
- FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 493-502, 2007.
- FREIRE, Rafael Rodrigues. **Integridade ambiental de corpos d'água: degradação ambiental, funções ecossistêmicas e perda de serviços ecossistêmicos no baixo São**

- Francisco**. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente, Águas e Saneamento, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.
- FREITAS, L. C. L.de. **A qualidade do ar na região metropolitana de Fortaleza – CE sob a perspectiva do sistema clima urbano** / Lorena Cavalcante Lima de Freitas. – 2016. 195 f. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2016.
- GARCIA, J. M. *et al.* USO DE FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL NA MATA DE SANTA GENEVRA, CAMPINAS-SP, BRASIL. **Ciênc. Florest.** Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 175-190, mar. 2018. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-50982018000100175&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982018000100175&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 14 mar. 2019.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. **The entropy law and the economic process**. Cambridge: Harvard University Press, 1971.
- GHENO, E.L.; FRANÇA, M. S.; MAITELLI, S. F. Variações microclimáticas na área urbana de Sinop no final da estação chuvosa. **Revista Educação**. Cultura e Scuola 2012; 2(1): 139-153.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.
- HAMMARSTRÖN, F. F. B.; CENCI, D. R. Meio Ambiente e Direito das Cidades: uma inter-relação necessária para o desenvolvimento de uma urbanização sustentável. **Revista Eletrônica do Curso de Direito - Ufsm**, [s.i.], v. 8, p.447-457, abr. 2013. Disponível em: <<https://doaj.org/article/baaa6f1d8b924f29963fe352e4a4fe3e>>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- HARDIN, G., 1968. The tragedy of the commons. **Science** **162**, 1243-1248.
- HEMIVIEW. **Hemiview user manual**. Cambridge: Delta-t Devices, 2015. 85p. Disponível em: <[http://www.dynamax.com/images/uploads/papers/HemiView\\_Manual.pdf](http://www.dynamax.com/images/uploads/papers/HemiView_Manual.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2019.
- HUETING, R.; et al., 1998. The concept of environmental function and its valuation. *Ecological Economics* 25, 31-35.
- HOFFMANN, G. S.; HASENACK, H.; OLIVEIRA, L. F. B. Microclima e estruturas de formações vegetais. In: SESC. **O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural SESC Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, 2010. p. 11-53.
- HOLLING, C. S. Simplifying the complex: The paradigms of ecological function and structure. **European Journal of Operational Research**, v. 30, n. 2, p. 139–146, jun. 1987.
- Instituto Socioambiental. **TIMELINE: História das Conferências do Clima**. Disponível em: <<https://widgets.socioambiental.org/widgets/timeline/535#0>>. Acesso em 12 de set. 2018.
- IPCC. Segundo Relatório de avaliação. Fonte: *Intergovernmental Panel on Climate Change* (1995): <<https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-en.pdf>>. Acesso: 10 mar. 2018.
- IPCC Fourth Assessment, Impacts. **Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**, Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymakers, April. Disponível em:< <https://www.ipcc.ch/>>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Mudança climática 2007: A base da ciência física**. Resumo para os elaboradores de políticas - Contribuições do Grupo de Trabalho I para o Quarto Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática, 2007a. Versão em português da Ecolatina.
- IPCC (2013). **Climate Change 2013: The Physical Science Basis** – Summary for Policymakers.
- JOHANSSON, E. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. 2006. *Building and Environment*, v. 41, n. 10, p.1326-1338, Oct. 2006.

- JONCKHEERE, I. et al. Review of methods for in situ leaf area index determination: Part I. theories, sensors and hemispherical photography. *Agriculture Forest Meteorology*, Connecticut, v. 121, n. 1 p. 19-35, 2004.
- KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **J. Trop. Ecol.**, 5 (1989), pp. 173–185.
- KRONKA, F.J.N.; NALON, M.A.; MATSUKUMA, C.K. Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Instituto Florestal, 2005. 200p.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1993.
- LANT, C.L., RUHL, J.B., KRAFT, S.E., 2008. The tragedy of ecosystem services. *BioScience* 58, 969-974.
- LANDSBERG, H. E. **The climate of towns**. In: THOMAS, W. E., Man's role in changing the face of earth. Published for The WennerGren Foundation Anthropological Research and National Science Foundation, The University of Chicago Press, p. 585,601, 1956. apud MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. Um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F. e MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo, Contexto, 2003, p. 09-68.
- LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística Aplicada**. 4 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- LAURANCE, W.F. 2002. Hyperdynamism in fragmented habitats. **Journal of Vegetation Science** 13, 595-602.
- LI, F.; WANG, R.; PAULUSSEN, J.; LIU, X. Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles: a case study in Beijing, China. **Landscape and Urban Planning** 72 (2005).
- LIMA, R. N. S.; ROCHA, C. H. B. Técnicas de sensoriamento remoto e métricas de ecologia da paisagem aplicadas na análise da fragmentação florestal no município de Juiz de Fora – MG em 1987 e 2008. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p. 2067.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópolis. O exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec. 1985. 244 p.
- LOPES, A. (2006). O sobreaquecimento das cidades: causas e medidas para a mitigação de ilhas de calor de Lisboa. **Revista Territorium** 15, Lisboa. 39-52p.
- MACHADO, A. I. **MUDANÇA CLIMÁTICA GLOBAL: UM ESTUDO DE MEDIDAS PRIORITÁRIAS DE ADAPTAÇÃO NA VISÃO DE DIFERENTES INTERESSADOS**. 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/94092/283014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: Diretoria de Conservação da Biodiversidade, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Ministério do Meio Ambiente, 2006.
- MARTINI, A.; BIONDI, D. Microclima e Conforto Térmico de um Fragmento de Floresta Urbana em Curitiba, PR. **Floram - Floresta e Ambiente**, Curitiba, v. 1, n. 1, p.182-193, 2015.
- MARTINI, A. et al. ANÁLISE MICROCLIMÁTICA DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA DE CURITIBA. **FLORESTA**, [S.l.], v. 47, n. 2, p. 137-144, jul. 2017. ISSN 1982-4688. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/49518/32799>>. Acesso em: 29 out. 2019.

- MARTINI, A. et al. O efeito microclimático do fragmento florestal existente no Parque Municipal do Barigui na cidade Curitiba-PR. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, p.125-131, 2015. Ed. Especial SIC.
- MAZZAROTTO, A. de S.; CUBAS, S.; MARANHO, T. FLORESTAS URBANAS: MÉTODO DE AVALIAÇÃO PARA GESTÃO DAS ÁREAS VERDES. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p.501-518, maio 2011. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/floresta/article/viewFile/24043/16076>>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- MEADOWS, D. et al. Os limites do crescimento. São Paulo: Perspectiva, 1972.
- MELLO, A. Y. I. de; ROMEIRO, A. R. Importância da Escala para a Valoração dos Serviços Ecossistêmicos. V **Encontro Nacional da Anppas**, Florianópolis, p.1-17, out. 2010. Disponível em: <<http://anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT14-676-680-20100903234358.pdf>>. Acesso em: 8 nov. 2018.
- MELO, B. M.; DIAS, D. P. MICROCLIMA E CONFORTO TÉRMICO DEREMANESCENTES FLORESTAIS URBANOS NO MUNICÍPIO DE JATAÍ – GO. **Revsbau**, Curitiba, v. 14, n. 2, p.01-15, maio 2019. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66637/pdf>>. Acesso em: 24 set. 2019.
- MENDES, M. G. F. **Microclima e expressão do efeito de borda em uma paisagem fragmentada na Floresta Atlântica Nordestina**. 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp075662.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas, v.1. n. 1/2, 2001.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MEA. Ecosystem and human well-being: a framework for assessment. Washington, DC: Island Press, 2003.
- MINAKI, C.; AMORIM, M. C. de C. T. Análise da temperatura e da umidade relativa do ar na primavera-verão em Araçatuba/sp. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 13, jun. 2014. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/32976/22592>>. Acesso em: 17 out. 2018.
- MINITAB Inc. **Statistical Software Data Analysis Software**. 2019. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/>>. Acesso em: 29 out. 2019.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Declaração de Estocolmo (1972)**. Disponível em: <[www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/\\_arquivos/estocolmo.doc](http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/estocolmo.doc)>.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. Lei Nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Decreto Nº. 4.340, de 22 de agosto de 2002. 2. Ed. Aumentada. Brasília: MMA/SBF.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Sumário Executivo/ Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. Disponível em: <[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/Comunicacoes\\_Nacionais/TCN\\_port/MCTI\\_TCN\\_SUMARIO-EXECUTIVO\\_port.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/Comunicacoes_Nacionais/TCN_port/MCTI_TCN_SUMARIO-EXECUTIVO_port.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181 p. (Séries Teses e Monografias, 25).
- MONTEIRO, V. S. **Zonas Climáticas Locais e a relação com a morfologia urbana: Estudo de caso em Campinas/SP**. 2018. 164f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Infraestrutura Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2018.

- MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais. Rio de Janeiro, 1997.** Disponível em: < <http://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-para-valoracao-economica-de-recursos-ambientais.pdf>> Acesso em 23 de maio de 2018.
- MOURA, L. A. A. **Qualidade e Gestão ambiental** – 5ª Ed. – São Paulo: Editora Juarex de Oliveira, 2008.
- MOURÃO, R.F. **Catástrofes Climáticas no Sistema Solar.** Notícia. Jornal da Ciência. Disponível em: <[www.jornaldaciencia.org.br](http://www.jornaldaciencia.org.br)>. 2007. Acesso em 29/08/2018.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution** 10: 58-62.
- NASCIMENTO, L. F. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade.** Florianópolis. 148 p. Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2012. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/Livrotexto\\_Gestao\\_Ambiental\\_Sustentabilidade.pdf](http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/Livrotexto_Gestao_Ambiental_Sustentabilidade.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- NASH, R. **Wilderness and the American mind.** Yale: Yale Univ. Press, 1982.
- NETO, P.D. de.T. Ecopolítica das mudanças climáticas: o IPCC e o ecologismo dos pobres [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010. As mudanças climáticas na ordem ambiental internacional. pp. 37-81. Disponível em **SciELO Books** <<http://books.scielo.org/id/x9z8z/pdf/tilio-9788579820496-06.pdf>>.
- NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-15 - Atividades e Operações Insalubres.** 2009.
- OKE, T. R. Boundary layer climates. London: Methuen; New York: Wiley, 1978, 372 p.
- OKE, T. R. Canyon Geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, New Jersey, v.1, 1981, p.237-254.
- OKE, T. R. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, Oxford v.7, p.769-779, 1973a.
- OKE, T. R. et al. The energy balance of central Mexico City during the dry season. *Atmospheric Environment*, Oxford, v.33, p.3919-3930, 1999.
- OKE, T. R. Evapotranspiration in urban areas and its implications for urban climate planning. In: Conference Teaching the Teachers on Building Climatology. 1973. Proceedings ... Estocolm: The National Swedish Institute for Building Research, 1973b. v.2.
- OLIVEIRA, S. M. B. de. Base científica para a compreensão do aquecimento global. In: VEIGA, José E. da (org.). *Aquecimento global: frias contendas científicas.* São Paulo: Senac São Paulo, 2008. pp.17-54.
- ONU. **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança no Clima.** Nova Iorque, 9 de maio de 1992. Disponível em: <[http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/convencao\\_clima.pdf](http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/convencao_clima.pdf)>. Acesso em 26 ago. 2018.
- PÁDUA, M. T. J. **Sistema brasileiro de unidades de conservação: de onde viemos e para onde vamos?** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 1, 1997, Curitiba. Anais... Curitiba: IAP; Unilivre; Rede Nacional Pró Unidades de Conservação, 1997.
- PÁDUA, J. A. **Um sopro de destruição: pensamento político e crítica ambiental no Brasil escravista (1786-1888).** Rio de Janeiro: J. Zahar Ed., 2002.
- PATTERSON, T. **Cosmoclimatology: A Possible Paradigm Shift in Our Understanding of the Primary Drivers of Climate Change.** Department of Earth Sciences Carleton University. 2007.
- PERALTA, C. E.; LEITE, J. R. M. Desafios e Oportunidades da RIO+20: Perspectivas para uma Sociedade Sustentável. **Temas da Rio+20: Desafios e Perspectivas**, Florianópolis, p.12-40, 2012. Fundação Boiteux. Disponível em: < [http://www.planetaverde.org/arquivos/biblioteca/arquivo\\_20131208132259\\_2231.pdf](http://www.planetaverde.org/arquivos/biblioteca/arquivo_20131208132259_2231.pdf)>. Acesso em: 16 mar. 2018.

- PEZZUTO, C. C. **AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO NOS ESPAÇOS URBANOS ABERTOS. ESTUDO DE CASO EM CAMPINAS, SP.** 2007. 197 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- RODY Y. P. et al. Estimates of the Leaf Area Index (LAI) using LAI-2000 and hemispherical photos in Eucalyptus plantations. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 925-934, out./dez. 2014.
- ROTERING, F. "Natural capital" as metaphor and concept. In: *NEEDS and limits: redirecting our civilization*. 2008
- RUDDIMAN, W. Quando os humanos começaram a alterar o clima? **Scientific American Brasil**, ano 3, n. 35, p.58-65, 2005.
- RUSCHEL, R. S. **SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS URBANOS: FIXAÇÃO DE CARBONO NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE CAMPINAS-SP.** 2016. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Centro de Economia e Administração, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2016.
- SACHS, J. D. *Economia para un planeta abarrotado*. Buenos aires: Debate, 2008.
- SANT'ANNA NETO, J. L. **História da climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma geografia do clima.** 2001. 162 f. Tese (Livre docência) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.
- SANTIN, D.A. **A vegetação remanescente do município de Campinas, SP:** mapeamento, caracterização fisionômica e florística visando a conservação. 1999. 467p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SARTORI, S.; LATRONICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambient. soc.**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 01-22, mar. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2014000100002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2014000100002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 22 ago. 2018.
- SANTOS J.S.; MELO, B.C.B.; ARAÚJO, L.E., MELO, E.E.C. Caracterização do campo térmico urbano e suas relações com o uso e ocupação do solo no Campus Central da UFPB. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 2011.
- SCD - Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica, Panorama da Biodiversidade Global 3, Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de biodiversidade e Florestas (MMA), 2010.
- SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 197-215, abr./jun. 2018.
- SILVA, E. L. da. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.
- SILVA, G. G. H (2005). A importância das unidades de conservação na preservação da diversidade biológica. **Revista LOGOS**, Rio Claro, n.12, pg. 141/142, 2005.
- SILVA R. W. C., PAULA B. L. 2009. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terræ Didática**, 5(1):42-49
- SNUC. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, 2011. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/240/\\_publicacao/240\\_publicacao05072011052536.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/240/_publicacao/240_publicacao05072011052536.pdf)>.
- SOUZA, M. C. O.; CORAZZA, R. I. Do Protocolo Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, 2017, v. 42, dez. 2017. ISSN 2176-9109. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/51298>>. Acesso em: 16 maio 2018.

- SOUZA, S. M. de et al. ANÁLISE DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS URBANOS DA CIDADE DE VITÓRIA – ES. **Revbau**, Piracicaba, v. 8, n. 1, p.112-124, mar. 2013. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo236-publicacao.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo236-publicacao.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- STEVENS, S. M.; HUSBAND, T. P. The influence of edge on small mammals: evidence from Brazilian Atlantic forest fragments. **Conservação Biológica**, v. 85, n. 1-2, p. 1-8, julho-agosto. 1998.
- STRUCK-GARBE, M. COP 23: Gender Equality and Climate Change. **Pacific Geographie**, Revista Online, v. 49, p.22-24, fev. 2018. Disponível em: <<http://pacific-geographies.org/2018/02/22/pacific-geographies-49/>>. Acesso em: 12 set. 2018.
- TABARELLI, M., et al. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. *Biological Conservation*, Montpellier, v. 143, p. 2328-2340, 2010.
- TAHA, H. **Night Time Air Temperature and the Sky-View Factor**: a Case Study in San Francisco, California. Berkeley: Lawrence Berkeley Laboratory, 1988. (LBL24009).
- VEZZANI, C. S.; VEZZANI, D. S. **PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO VERSUS MEIO AMBIENTE: POSSÍVEIS SOLUÇÕES**. Semacip - Ufscar, São Carlos, dez. 2014. II Semana de Pós-Graduação em Ciência Política. Disponível em: <<http://www.semacip.ufscar.br/wp-content/uploads/2014/12/Processo-de-industrialização-versus-meio-ambiente-possíveis-soluções.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2018.
- VIANA, V. M. et al. Restauração e manejo de fragmentos florestais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. único, parte 2, p.400-407, 1992.
- VIOLA, E; BARROS-PLATIAU, A. F; LEIS, H. R. 2007 “**Governança e Segurança Climática na América do Sul**” em Simon Schwartzman e Ignacio Walker (org.) Uma Nova Agenda Econômica e Social para América Latina, Instituto Fernando Henrique Cardoso (IFHC, São Paulo) e Corporacion de Estudios para América Latina (CIEPLAN, Santiago).
- ZANETTI, E. **Mudanças Climáticas Globais e Serviços Ambientais das Florestas**. MT, Plataforma de Negócios em Bens e Serviços Ambientais e Ecossistemas de Mato Grosso, 2012. 331 p. Disponível em: <<http://www.pnbsae.com.br/portal/images/publicacoes/mcg.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2018.