

INTRODUÇÃO

A intensa expansão demográfica ocorrida nos últimos 200 anos, devido ao crescimento das atividades econômicas e ao desenvolvimento das tecnologias (os quais melhoraram a expectativa de vida da população), propiciou um forte processo de crescimento urbano que tem desencadeado uma gama de impactos ambientais, oriundos da ocupação e transformação do meio natural sem um planejamento adequado e sustentável. Dentre esses problemas ambientais, ressalta-se a alteração do clima local – clima urbano –, como um importante reflexo do impacto da ocupação e da atividade antrópica sobre o meio ambiente.

O clima urbano, considerado como a alteração do clima local decorrente do processo de urbanização, é produto da ação do homem sobre o meio ambiente, principalmente no que diz respeito à alteração na superfície, no tocante à impermeabilização do solo e retirada da cobertura vegetal; à concentração de construções e atividades antrópicas, as quais armazenam e geram mais calor; à alteração na composição da atmosfera, por conta da poluição atmosférica; e à alteração da velocidade e fluxo dos ventos, desencadeada pela rugosidade e verticalização das construções antrópicas.

Nesse clima urbano é possível constatar diferenças nos elementos climáticos conforme a influência da cobertura do solo (essencialmente pelos materiais que a compõem), no que diz respeito à alteração no fluxo de matéria e energia sobre a atmosfera local. Convém salientar que o comportamento espacial simultâneo da temperatura se revela como o mais importante elemento nesse complexo sistema, tendo como principal produto o fenômeno das “ilhas de calor”.

Neste contexto, quando as diferenças simultâneas de temperatura ocorrem entre centro/área urbana (valores mais altos de temperatura) e periferia/área rural (valores mais baixos), denomina-se de ilha de calor a delimitação dessa(s) área(s) mais quente(s).

Os trabalhos pioneiros sobre clima urbano foram realizados por John Evelyn, em 1661, e Luke Howard, em 1833, ambos sobre a cidade de Londres. Desde então,

diversos trabalhos foram realizados, objetivando analisar e mensurar a influência do processo de urbanização – às vezes conjuntamente com outro(s) elemento(s) – no clima urbano.

Destaca-se então, a necessidade de um trabalho que aborde mais sistematicamente a influência da cobertura do solo, em meios urbanos, nos valores de temperatura superficial terrestre¹ com base na análise de séries históricas, haja vista a possibilidade de se verificar, por exemplo, o verdadeiro peso da ação antrópica na alteração do campo térmico superficial, independentemente da influência de outros elementos, como o topográfico. Soma-se a isso o fato da expansão das cidades resultar no aumento da intensidade das ilhas de calor.

Essa é a temática da presente dissertação de mestrado, que possui como **objetivo geral** realizar uma análise comparativa da evolução histórica das ilhas de calor no município de Goiânia, capital do estado de Goiás, com relação ao crescimento urbano e as consequentes mudanças na cobertura do solo, tendo como recorte temporal o período de 1986 a 2010.

Em particular, têm-se como **objetivos específicos**: 1) empregar dados de sensoriamento remoto para estimar os valores de temperatura superficial terrestre (TST) para o levantamento do desenho do campo térmico da cidade; 2) demonstrar detalhadamente os procedimentos metodológicos empregados para o levantamento dos valores de temperatura superficial terrestre (TST) com vistas à identificação das ilhas de calor; e 3) por meio de técnicas de geoprocessamento, mensurar e interpretar a correlação entre as temperaturas e as diferentes formas de cobertura do solo, nos períodos indicados para a pesquisa.

Caracterização da área de estudo

Este trabalho tem como área de estudo o município de Goiânia (Figura 1), cujo sítio urbano foi fundado em 24 de outubro de 1933, como uma cidade planejada para ser

¹ A temperatura superficial terrestre é um parâmetro físico que diz respeito ao fluxo de calor, dado em função do balanço de radiação que chega e que sai da superfície terrestre.

a capital do estado de Goiás, em substituição à antiga Vila Boa (atual Cidade de Goiás), atendendo aos anseios políticos, econômicos, sociais e ambientais² da época.

A mudança da capital ocorreu num período de transição política, social e ideológica, num esforço do país de enterrar o passado colonial e inserir-se no contexto capitalista mundial (CHAUL, 1999; RIBEIRO, 2004), sendo fruto da atuação política local e nacional, sendo a primeira sob perspectiva do interventor federal no estado de Goiás, Pedro Ludovico Teixeira, em seu interesse de desvincular a capital do domínio local da oligarquia dos Caiado, e a segunda, obra do presidente Getúlio Vargas, enquanto este pretendia efetivar o processo de acumulação capitalista nacional, seguindo sua política da “Marcha para o Oeste”. Portanto, a mudança da capital:

(...) extrapolava os interesses locais e regionais, onde a criação de um novo pólo urbano no centro do país, ao mesmo tempo o dinamizador da região e o ponto de ligação da economia de base urbano-industrial em expansão (RIBEIRO, 2004, p. 25).

Com uma população de 1.301.892 habitantes, segundo o censo demográfico de 2010, realizado pelo IBGE, Goiânia é considerada uma metrópole regional³. Destaca-se no comércio, na oferta de ensino superior, na prestação de serviços públicos (principalmente os de saúde), na agropecuária e na indústria, que geram um Produto Interno Bruto (PIB) anual de R\$ 17.867.338.000,00, o que perfaz uma renda per capita anual de R\$ 14.355,00, segundo dados do IBGE para o ano de 2007.

Por Goiânia apresentar tais características socioeconômicas, atraiu (e ainda atrai) um considerável fluxo de migrantes, oriundos principalmente dos estados de Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Pará e Piauí (RIBEIRO, 2004). A esse processo, soma-se ainda o “êxodo rural promovido pela mudança no modo de produção no campo, a busca por emprego e melhores oportunidades” (idem, p. 22), responsável por uma forte atração de pessoas vindas do interior do estado, tanto das cidades quanto das zonas rurais.

² No tocante às características do sítio, Vila Boa apresentava-se inserida em meio a uma bacia hidrográfica com relevo acidentado, cercada por morros; apresentava fraca circulação dos ventos e elevados valores de temperatura do ar; e possuía, ainda, restrições de ordem sanitária, como o difícil abastecimento de água e a inexistência de uma rede de esgoto.

³ Conforme os trabalhos Região de Influência das Cidades (IBGE, 1993) e Caracterização e Tendências da Rede Urbana no Brasil (IPEA/UNICAMP/IBGE, 1999).

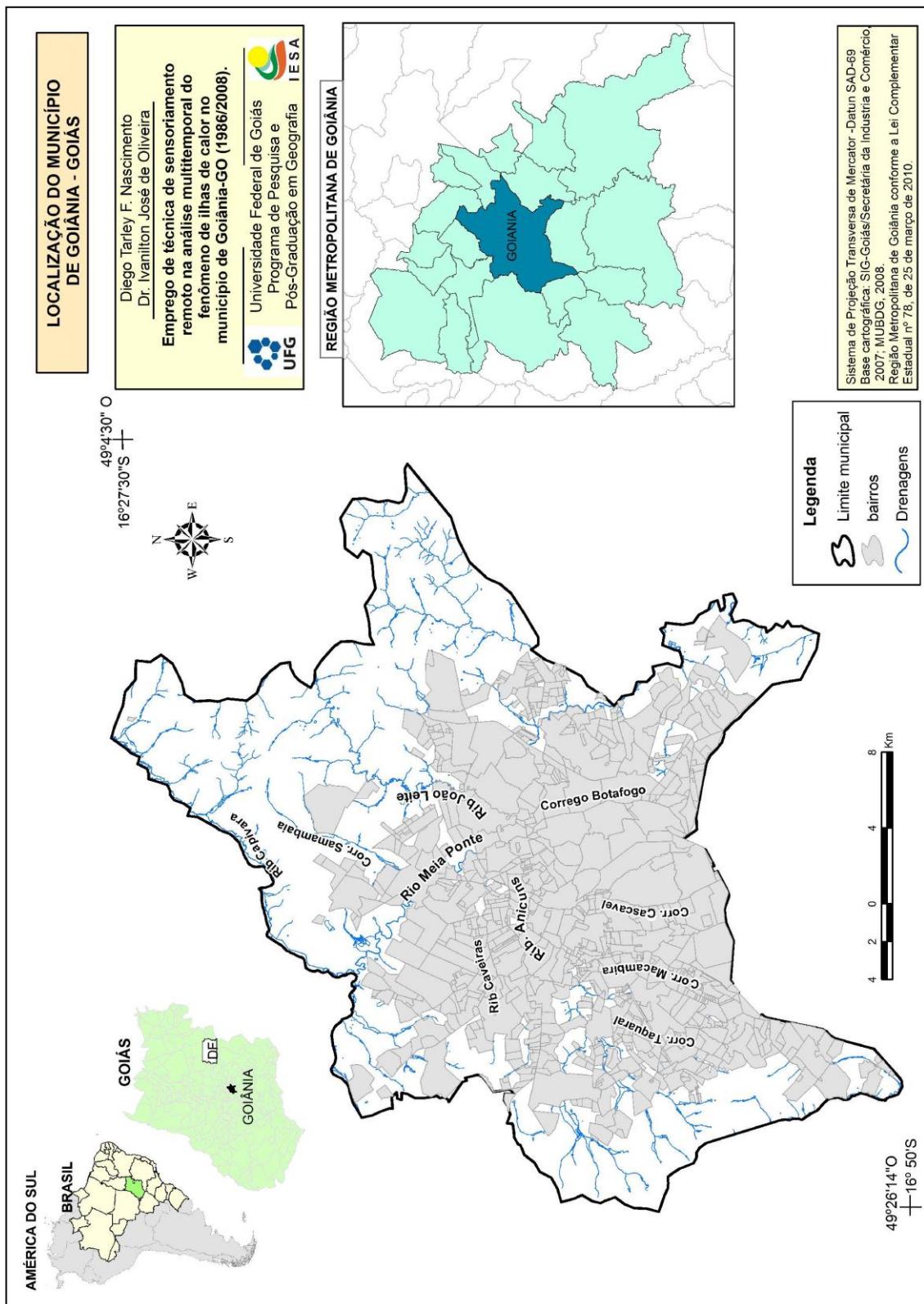
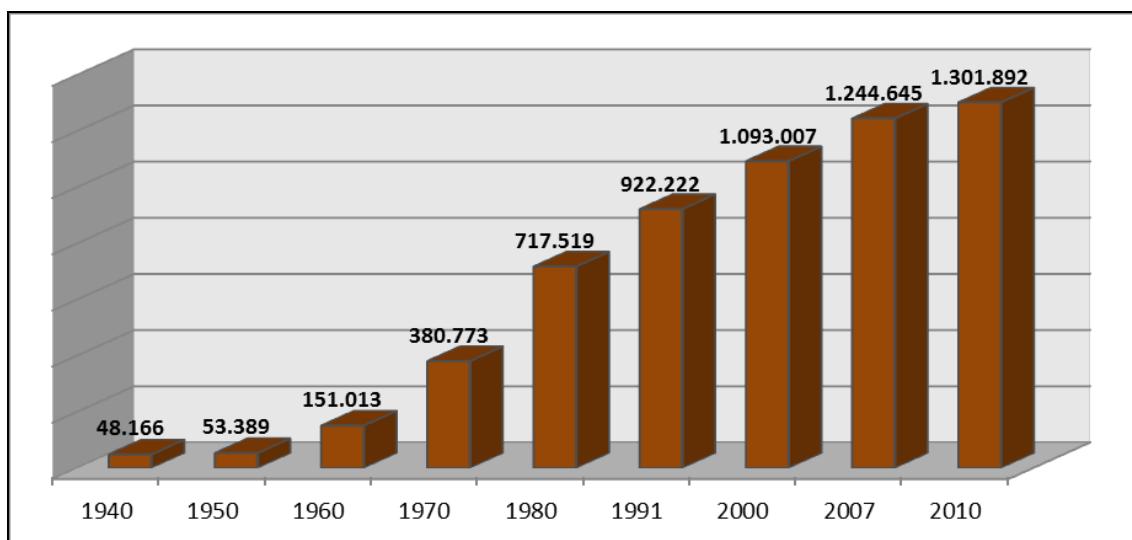


Figura 1: Mapa de Localização do Município de Goiânia-GO

Esse intenso fluxo migratório rumo à capital, juntamente com o crescimento vegetativo de 1,9%⁴ ao ano, condicionou (e condiciona) um vertiginoso processo de crescimento populacional (Figura 2) e também do espaço urbano, que já ocasionou inclusive a conurbação na região sul da área urbana de Goiânia com Aparecida de Goiânia e vem consolidando o mesmo fenômeno na região noroeste, com Goianira, na região oeste, com Trindade, e na região leste, com o município de Senador Canedo.



Fonte: Censos Demográficos, IBGE (1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000, 2007 e 2010).

Figura 2: Gráfico do Crescimento Populacional de Goiânia-GO

Esse intenso processo de expansão demográfica e crescimento urbano, especialmente a partir da década de 1950, resultou numa gama de problemas socioambientais, entre os quais vale destacar a consolidação de um clima local (clima urbano) com repercussão, sobretudo, no campo térmico – algo já constatado por Cassetti (1991), com a identificação de diferenças na temperatura do ar em dois pontos localizados no município, e por Nascimento e Barros (2009), com o mapeamento das temperaturas superficiais terrestres levantadas por sensoriamento remoto.

O sítio do município está inserido na área da Bacia do Rio Paraná, com a presença de duas sub-bacias, a do Ribeirão Anicuns, a sudoeste, e a do Ribeirão João Leite, a nordeste, ambos tributários do rio Meia Ponte. Também estão presentes no território goianiense algumas nascentes do Rio dos Bois, do Corumbá e do Caldas.

⁴ Porcentagem de incremento médio anual da população, no período de 1991 a 2000, segundo dados do IBGE/Contagem Populacional e Projeções Demográficas Preliminares.

Segundo Nascimento (1991), o município possui “cursos d’água volumosos, encaixados e controlados pela estrutura subjacente”, o que pode ser verificado na Figura 3.

Conforme também ilustrado pela Figura 3, o relevo local, inserido nos extensos chapadões tabulares do planalto brasileiro, apresenta altitudes que variam entre 853 e 1.037m, na porção nordeste, correspondente ao Planalto Dissecado de Goiânia; de 853 a 902m na porção sudoeste, correspondente aos Chapadões de Goiânia; e entre 661 e 756m, nos terraços e planícies do Rio Meia Ponte (CASSETI, 1991).

Originalmente, o setor setentrional do município apresentava vegetação arbórea densa, classificada como Floresta Estacional Semidecídua e Decídua, enquanto a porção meridional apresentava vegetação típica de Cerrado, com alguns encraves de Floresta Estacional (LOPES; ROMÃO, 2006). Tal divisão setentrional/meridional da vegetação guarda estreita relação com a ocorrência geológica, no norte, do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçú (com ocorrências de para e ortogranulitos, metagranitóides e rochas metabásicas e metavulcanosedimentares), e, no sul, do Grupo Araxá (composto por micaxistas e quartzitos). De acordo com Lopes; Romão (2006, p. 18), “aos distintos grupos geológicos associam-se distintos padrões de relevo, solos e vegetação que [...] determinam o uso e ocupação da terra”.

A localização geográfica (entre as coordenadas 16° 27' 30" e 16° 50' de latitude Sul e 49° 4' 30" e 49° 26' 14" de longitude Oeste) confere ao município de Goiânia o tipo climático identificado como Cwa, na classificação de Köppen (KÖPPEN; GEIGER, 1928). Isso indica que Goiânia apresenta um clima subtropical quente, com inverno seco, temperatura média do mês mais frio menor que 18°C e do mês mais quente maior que 22°C. Segundo Monteiro (1951), em um estudo sobre o clima da região Centro-Oeste, o total pluviométrico para a região na qual se insere Goiânia é de, aproximadamente, 1.570mm, a média anual da temperatura do ar é de 21,2°C, com uma média de 22,3°C na estação mais quente (verão, entre dezembro e fevereiro), e de 19°C na estação mais fria (inverno, entre junho e agosto).

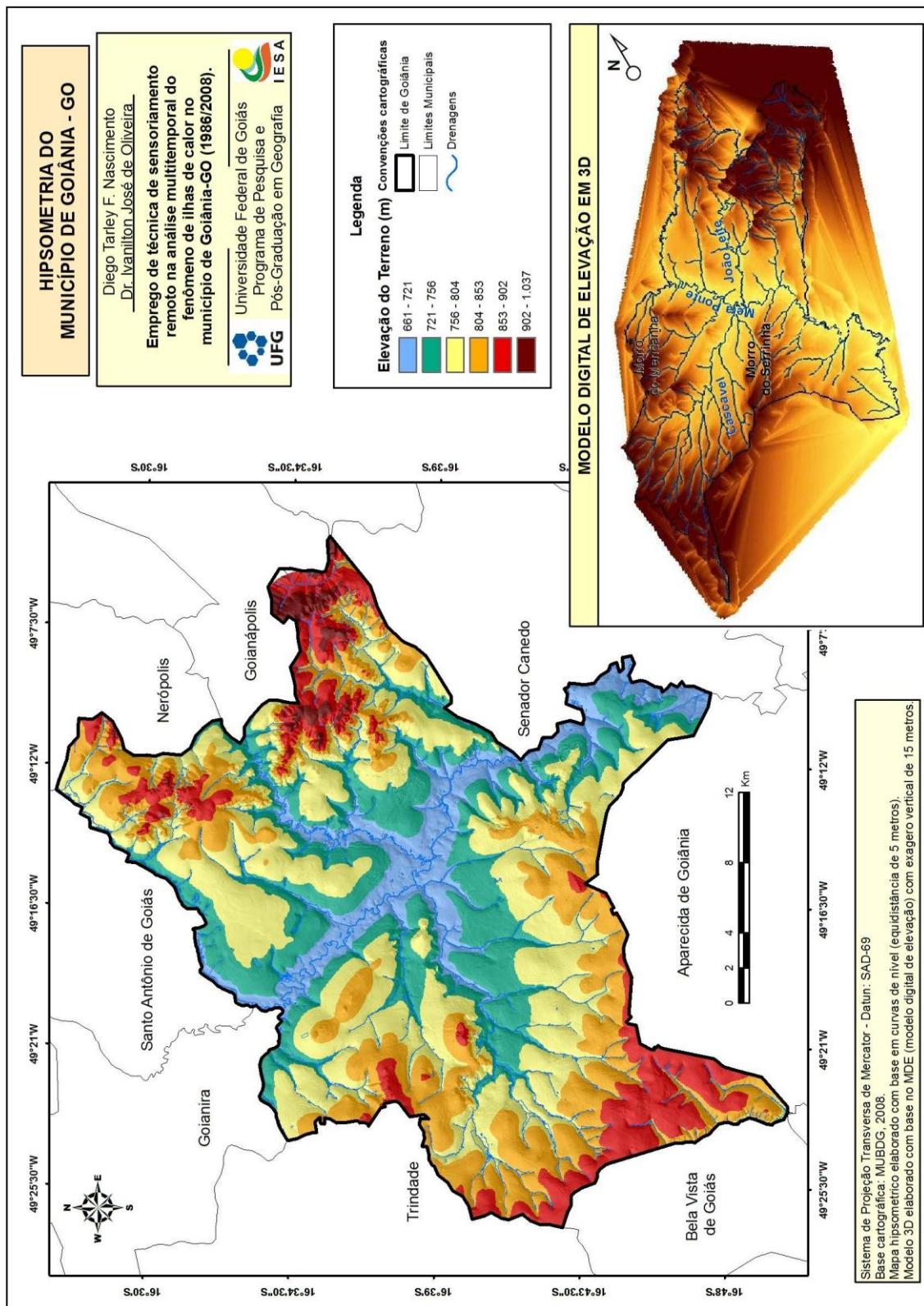


Figura 3: Mapa do relevo em faixas hipsométricas de Goiânia - GO

Com relação ao clima regional, observa-se, na Figura 4, a ocorrência, durante o ano, de centros de ação negativos de origem continental – massas Equatorial Continental e Tropical continental –, e centros de ação positivos individualizando-se sob a forma de massas de ar de origem marítima – massas Tropical Atlântica e Polar Atlântico. Essas massas de ar se deslocam sobre o continente, ora avançando, ora recuando (MONTEIRO, 1951; CAMPOS et al., 2002).

Além das massas de ar destacadas anteriormente, o município de Goiânia sofre influência de outro sistema atmosférico considerável: a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) – o que Nimer (1976) considera como sendo as Linhas de Instabilidade Tropical (IT's). Esse sistema atmosférico resulta da intensificação do calor e da umidade provenientes do encontro de massas de ar quente e úmida da Amazônia e do Atlântico Sul (mEc e mTa) na porção central do Brasil, sendo verificada desde o sul da região Amazônica até a porção central do Atlântico Sul, em uma alongada distribuição de nebulosidade de orientação NW/SE (vide Figura 3), que intensifica as chuvas em toda a região centro-oeste e sudeste do Brasil (NIMER, 1976).

Os ventos em Goiânia foram estudados por Casseti (1999), que reconheceu o domínio, de maio a outubro (outono e inverno), de “fluxos de leste e sudeste, associados à dinâmica atmosférica comandada principalmente pela massa Tropical Atlântica”, o que acarreta certa estabilidade atmosférica⁵. De novembro a março (verão e primavera) ocorre o predomínio de fluxos de noroeste e norte, condicionados pela expansão da Depressão do Chaco⁶, e que se traduzem na massa Equatorial Continental, o que resulta em um período de instabilidade atmosférica, responsável pelo período chuvoso.

Portanto, considera-se que o clima de Goiânia é justificado pelos sistemas regionais de circulação atmosférica que atuam na região Centro-Oeste e pelas características geográficas do município, sobretudo a altitude, posição latitudinal e ausência de corpos hídricos consideráveis. Isso faz com que apresente um verão quente e chuvoso, uma primavera com as temperaturas mais elevadas do ano e um inverno seco com elevada amplitude térmica (NASCIMENTO; et. al. 2006).

⁵ Além de haver um aumento da velocidade dos ventos, algo visto principalmente nos meses de agosto e setembro no município

⁶ A qual funciona como uma zona de depressão barométrica, que se expande no verão e primavera por conta do maior ganho de insolação e, por conseguinte, do aquecimento do continente.

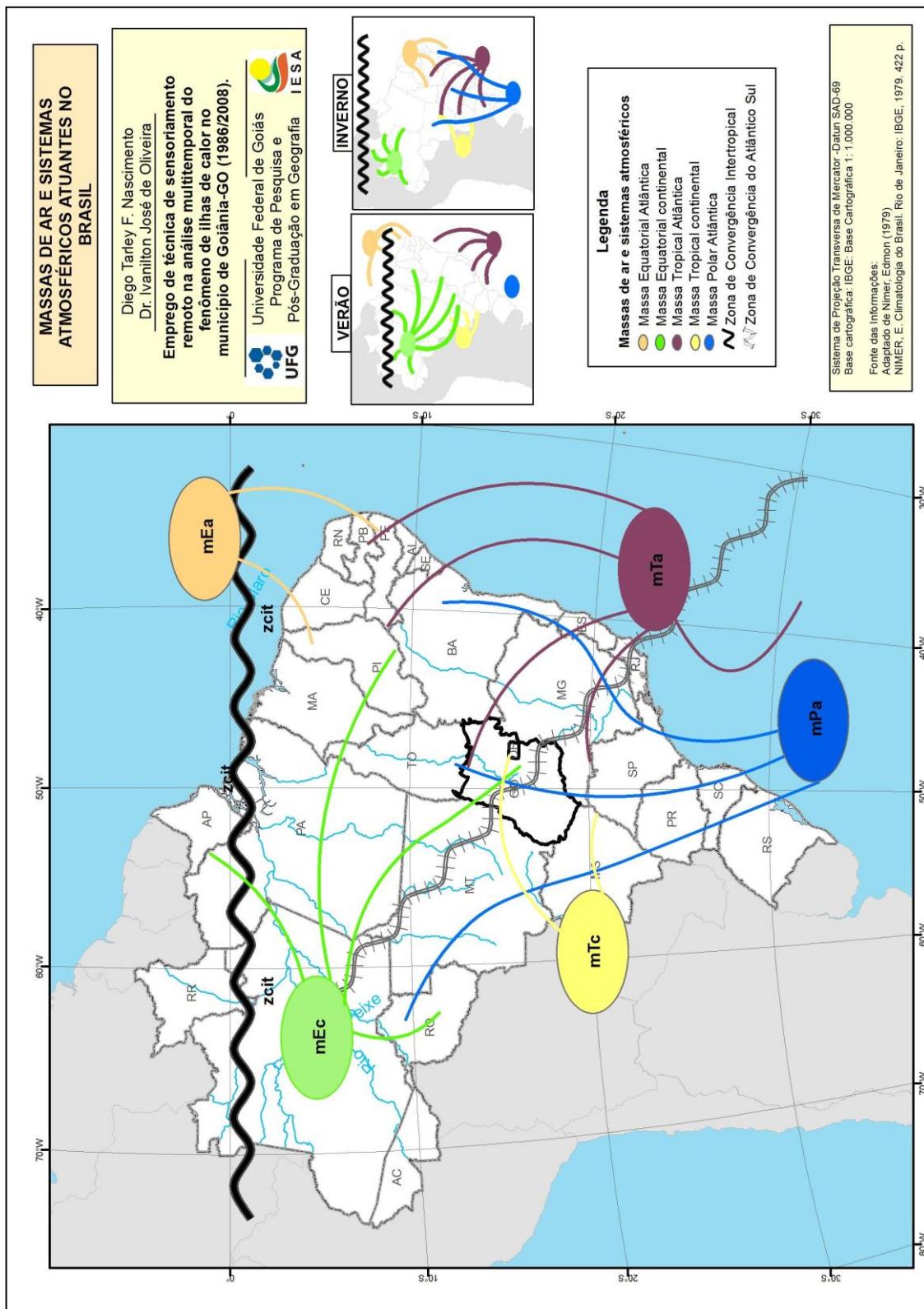


Figura 4: Mapa com o esquema de circulação atmosférica no Brasil

Em um estudo sobre o comportamento das máximas e mínimas temperaturas do ar em Goiânia, Nascimento e Luiz (2007) indicam que as temperaturas mais elevadas durante o ano ocorrem no mês de outubro (primavera), com média mensal de 28,7°C. Os meses mais frios, por sua vez, correspondem a junho e julho (inverno), com média das mínimas variando entre 20,4°C e 21,8°C e média mensal de 25,1°C.

Estrutura da dissertação

A presente dissertação foi estruturada na forma de três capítulos. O primeiro deles apresenta o referencial teórico-metodológico que norteou a pesquisa, essencialmente sobre os pressupostos teóricos dos principais autores acerca das temáticas inerentes ao *clima urbano* e ao fenômeno de *ilhas de calor*. Também abarca as discussões metodológicas relativas ao emprego do sensoriamento remoto em estudos de ilhas de calor, abordando as possibilidades e as limitações de tal metodologia.

No segundo capítulo são transcritos detalhadamente os procedimentos metodológicos empregados no levantamento da temperatura superficial terrestre – assim como na classificação da cobertura do solo –, com vistas a contribuir com outros trabalhos que porventura venham a empregar tais procedimentos na análise das ilhas de calor.

O terceiro e último capítulo inclui a análise comparativa da evolução histórica das ilhas de calor no município de Goiânia, em relação ao crescimento urbano, no recorte temporal estipulado para a pesquisa (entre 1986 e 2010), com a mensuração e interpretação das possíveis correlações existentes entre as temperaturas e as diferentes formas de cobertura do solo.

Por fim, o trabalho é encerrado com considerações acerca dos resultados encontrados, das vantagens, potencialidades e deficiências encontradas num estudo dessa natureza, bem como a apresentação de sugestões de procedimentos teórico-metodológicos para futuros trabalhos sobre essa temática.