



ANÁLISE DAS MUDANÇAS DE USO DO SOLO E IMPACTOS CLIMÁTICOS: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO DIRCEU ARCOVERDE EM TERESINA-PI

Felipe Ferreira MONTEIRO

Arquiteto e Urbanista

Mestrando em Demografia pela UFRN

E-mail: Felipefmonteiro@gmail.com

<http://lattes.cnpq.br/9951240700957855>

Ana Lucia Ribeiro Camillo da SILVEIRA

Professora Adjunta do Curso de Arquitetura e Urbanismo pela UFPI

Doutora em Arquitetura pela UNB

E-mail: csilveira@uol.com.br

<http://lattes.cnpq.br/3570545217156263>

Resumo: Um dos principais impactos na área urbana das mudanças climáticas é o aumento de temperatura, que tem como principais causas a diminuição da cobertura das áreas verdes, o aumento da cobertura da superfície urbana impermeabilizada. As aplicações de imagens de satélite são ótimas ferramentas para análise das modificações na cobertura do uso solo pela urbanização. Este trabalho analisa as mudanças climáticas ocorridas no bairro Dirceu Arcoverde em Teresina/PI, a partir de imagens de satélites de 1989 e do ano de 2010. O objetivo é verificar a relação entre o aumento da densidade construída e da diminuição da cobertura vegetal com o aumento da temperatura no bairro. O estudo demonstrou a influência da urbanização no aumento da temperatura na região e a necessidade de maior preservação das áreas verdes para minimizar os efeitos das mudanças climáticas.

Palavras-Chave: Urbanização. Ilhas de Calor. Imagens de Satelite. SPRING.

ANALYSIS OF LAND USE CHANGE AND IMPACTS CLIMATE: A CASE STUDY IN THE NEIGHBORHOOD DIRCEU ARCOVERDE IN TERESINA-PI.

Resume: One of the main impacts in the urban area of climate change and the increase of temperature, which has as main causes a decrease in the coverage of green areas, the increase in the coverage of urban surface sealed. The applications of satellite images are great tool for the analysis of the changes in the coverage of land use by urbanization. This work analyzes the climate changes that have occurred in the neighborhood Dirceu Arcoverde in Teresina - PI, from satellite images of 1989 and the year 2010. The aim is to verify the relationship between the increase in the density of built and reduction of vegetation cover with the increase of temperature in the neighborhood. The study demonstrated the influence of urbanization of the temperature rise in the region and the need for greater preservation of green areas to minimize the effects of climate change.

Key- Words: Urbanization. Heat Islands. Satellite Images. SPRING.

ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SUS EFECTOS EN EL CLIMA: UN ESTUDIO DE CASO EN EL BARRIO DIRCEU ARCOVERDE EN TERESINA-PI

Resumen: Unos de los principales impactos en el área urbana en relación a los cambios climáticos es el aumento de la temperatura, que tiene como principales causas: la disminución de la cobertura de las áreas verdes y el aumento de la cobertura de la superficie urbana impermeabilizada. Las aplicaciones de imágenes de satélite son una óptima herramienta para el análisis de las modificaciones en la cobertura del uso solo por la urbanización. Este trabajo analiza los cambios climáticos ocurridos en el barrio de Dirceu Arcoverde en Teresina/PI, a partir de imágenes de satélites del año 1989 y del año 2010. El objetivo es verificar la relación entre el aumento de la densidad construida y de la disminución vegetal con el aumento de la temperatura en el barrio. El estudio demostró la influencia de la urbanización en el aumento de la temperatura en la región y la necesidad de una mayor preservación de las áreas verdes para minimizar los efectos de los cambios climáticos.

Palabra - Clave: La Urbanización. las Islas de Calor. Imágenes de Satélite. SPRING.

INTRODUÇÃO

As mudanças de uso e ocupação do solo nas cidades têm influência direta sobre o clima local. A análise quantitativa e qualitativa desses impactos e a sua aplicação no planejamento urbano são de extrema importância, pois possibilita tornar as cidades mais confortáveis e saudáveis para seus usuários.

As pesquisas iniciais quanto ao clima urbano avaliavam os impactos climáticos da cidade como um todo, observando seu aspecto regional e suas diferenças e impactos com relação a área rural. O avanço em técnicas e métodos permitiu a análise mais pontual, avaliando assim a nível intra-urbano, observando as mudanças de diferentes lugares da cidade em uma escala mais detalhada.

Como afirma Lombardo (1985) o processo de urbanização produz uma mudança radical na natureza e nas propriedades da cidade. Essa transformação envolve mudanças na geometria da radiação e da insolação, causando anomalias verificadas na temperatura do espaço urbano e repercutindo, assim, no seu perfil térmico.

De acordo com Mendonça (1995), o clima intra-urbano é pouco explorado pelas pesquisas de climatologia urbana e isso decorre diretamente da grande diferenciação

tanto do sítio quanto da sua estruturação em função das cidades o que gera com isso particularidades de clima.

As alterações no conforto ambiental do ambiente afetam diretamente seu usuário, prejudicando o seu bem estar e assim a capacidade de usufruir do seu meio. Essas alterações no âmbito da temperatura atingem a saúde da população e o seu monitoramento é bastante importante para o bem estar de todos (RORIZ, 1987).

A cidade de Teresina, devido às características climáticas da região, onde a temperatura média anual do ar é de 27,8°C, de acordo com as Normas Climatológicas 1961-1990, e nos meses mais quentes do ano, a temperatura média do ar atinge de 36° a 38°C diariamente, o problema do conforto térmico não pode ser desconsiderado no planejamento urbano. Entretanto, o que se verifica na cidade é a falta de adequação do espaço urbano e dos espaços construídos, com raras exceções, às condições climáticas locais, tendo, como resultado, ambientes termicamente desconfortáveis e que exigem grande consumo de energia para a sua utilização de forma adequada.

O uso de imagens de satélite no estudo do clima urbano é um recurso ainda pouco utilizado nos estudos climáticos brasileiros. Os trabalhos de Lombardo (1985), Mendonça (1995) e Collishon (1998) são alguns dos exemplos pioneiros nas pesquisas brasileiras, com destaque na análise do campo térmico das cidades. Outros estudos foram desenvolvidos em cidades de médio porte, tendo em vista as preocupações cada vez maiores com relação ao conforto urbano, como exemplo o trabalho de Costa (1999) onde foi utilizada a banda 6 do satélite Landsat 5 para fazer a análise por bairro quanto a densidade construída e a ocorrência de ilhas de calor na cidade de Uberlândia.

Cunha *et al.* (2009) pesquisaram a relação entre o aumento de temperatura da superfície do ar e o crescimento da cidade de Campina Grande - PB, tomando como base os produtos e técnicas do sensoriamento remoto e investigando as possíveis alterações no clima da região. Os resultados revelaram que, ao longo do processo de ocupação da cidade, houve diminuição das áreas verdes, aumento espacial do domínio urbano, elevação da temperatura da superfície do solo e da do ar, mostrando-se maior, principalmente em 2007, quando comparadas com imagens de anos anteriores.

Para Teresina esses efeitos já foram estudados, numa escala para toda a área urbana, por Feitosa (2010), onde foi realizada a análise das alterações na temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica provocadas pela expansão urbana e supressão da vegetação entre 1977 e 2009. A pesquisa observou que ocorreu

acréscimo nas temperaturas mínimas e das medias de temperatura do ar, sem alterações nas outras variáveis observadas.

É notório que a redução de áreas verdes oriunda da ocupação urbana, bem como as alterações no padrão de ocupação do solo estão modificando o clima das cidades.

Este trabalho analisa as mudanças de temperatura de superfície ocorridas no bairro Dirceu Arcoverde em Teresina-PI, a partir de imagens de satélites do ano de 1980 e do ano de 2010, O principal objetivo é verificar a relação entre o aumento da densidade construída, a diminuição da cobertura vegetal e o aumento da temperatura no bairro.

O CLIMA URBANO

As mudanças climáticas globais, regionais e locais representam uma das grandes preocupações mundiais. Essas mudanças são provenientes da ação do homem sobre o meio ambiente, com a supressão da vegetação, a impermeabilização do solo, o uso excessivo da pavimentação asfáltica, entre outros fatores. As áreas urbanas são atualmente o grande ambiente de vivência da humanidade e onde as mudanças estão sendo mais percebidas.

Um dos principais impactos na área urbana com as mudanças da paisagem ocasionadas com a urbanização é o aumento de temperatura e a diminuição da umidade, causadas pela carência da cobertura da massa vegetal, pela alta densidade construída e a crescente verticalização. O clima urbano possui características próprias, pois é influenciado pelos materiais que constituem as superfícies urbanas que possuem capacidade térmica mais elevada que a dos materiais das áreas não construídas. As áreas urbanas também apresentam maior rugosidade, acarretando maior fricção e mudanças na orientação dos ventos, bem como maior difusão da energia refletida e irradiada pelos materiais.

Entre os vários fatores que modificam o clima de uma região e geram o clima urbano, podemos citar as modificações no revestimento do solo, a diminuição das áreas verdes, o aumento das áreas impermeabilizadas, a presença de obstáculos à passagem dos ventos artificiais como as edificações e a produção de calor por atividades humanas.

De acordo com Lombardo (1985), a maior quantidade de vegetação implica na mudança do balanço de energia, devido à necessidade de as plantas absorverem a

radiação solar em função de seus processos vitais. Todavia, a remoção da vegetação para dar lugar às edificações e superfícies pavimentadas prejudica as condições ambientais, diminuindo, por exemplo, o sombreamento, que impede o aquecimento do ar derivado da remissão da radiação solar pelas superfícies. O ar quente e seco contribui para o aumento da sensação de desconforto e favorece a incidência de problemas respiratórios.

A pavimentação está diretamente relacionada às condições climáticas de uma cidade, por efeito do tipo de material da pavimentação. A pavimentação asfáltica é a que mais absorve calor, devido sua cor negra, caracterizando uma superfície que absorve muito calor, sendo a mais inadequada ao clima tropical de Teresina.

Nas cidades, há produção artificial de calor pelas máquinas, tráfego de pessoas e automóveis, refletindo na diminuição da umidade do ar. Entretanto, o tráfego de automóveis contribui para o aumento de material particulado no ar, especialmente óxidos de enxofre e fósforo, que se constituem em núcleos de condensação ativos.

Dentro das cidades os ventos têm uma dinâmica própria, onde ventos fortes são desacelerados e os fracos acelerados à medida que se movimentam no seu interior. A concentração de edificações porem dificulta a ventilação da cidade e por outro lado pode causar efeitos canalizadores e acelerarem o vento pelas ruas.

Todos estes fatores contribuem para a modificação do clima de uma região e dão origem ao clima urbano, que necessita ser monitorado, para evitar situações de extremo desconforto e evitar a geração de ilhas de calor dentro do tecido urbano.

A ILHA DE CALOR URBANA

A ilha de calor urbana é uma das características do clima urbano, propiciando temperaturas mais elevadas nas zonas centrais ou mais densas das cidades, em comparação com as zonas mais periféricas ou rurais. De acordo com Oke (1981), as variações térmicas entre a zona urbana e rural podem chegar até 10°C e ocorrem basicamente devido às diferenças de irradiação de calor entre as regiões edificadas e a massa vegetal. Como explica o autor,

A formação da ilha de calor é resultado de vários aspectos da urbanização, como a poluição do ar, o calor despreendido pelas combustões, as propriedades térmicas das superfícies, com o aumento da absorção térmica das superfícies e materiais construtivos, ampliando o calor acumulado e a geometria das superfícies, que causam o aumento da retenção do calor entre as edificações e diminuição da perda

de calor por conta da estagnação do vento entre as edificações, causado pela diversidade de gabaritos. (OKE, 1981, p.238)

A geometria urbana (relação H/W – relação entre altura dos edifícios e largura das vias) é fundamental na formação da ilha de calor, por ter influência no processo de absorção da radiação solar e da radiação de ondas longas emitida pelas superfícies dos edifícios e do solo, na redução das perdas de calor devido aos ventos e na produção antropogênica de calor.

A absorção da radiação solar, nas áreas urbanas, depende tanto do albedo das superfícies de revestimento do solo e das fachadas como do seu arranjo geométrico. A radiação solar absorvida, por sua vez, aquece as superfícies, que passam a emitir radiação de ondas longas, em função da emissividade do material que constitui a superfície, aumentando a temperatura do ar.

Em relação às áreas abertas, a sensação de conforto do usuário é determinada pelos elementos climáticos (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar), pela radiação solar e pela irradiação térmica das superfícies do entorno construído. Dessa forma, as características construtivas e os materiais empregados nas vias e espaços públicos irão contribuir significativamente para a sensação de conforto (SILVEIRA; 2007).

As áreas verdes têm importante papel nas áreas urbanas e são considerados verdadeiros oásis dentro das cidades. Além de diminuírem a temperatura do ar no seu entorno, aumentam a umidade relativa do ar, podem servir de barreira aos ventos e aos ruídos, filtram os poluentes, evitam a erosão do solo e têm efeito calmante nos indivíduos. As áreas verdes sombreiam o solo e edificações, protegendo da radiação solar excessiva e, através da evapotranspiração podem contribuir para a diminuição da temperatura do ar.

Lombardo (1985) comprovou relação entre o uso do solo e as temperaturas superficiais, em São Paulo. Temperaturas mais elevadas registraram-se em bairros residenciais e industriais, com sensível crescimento vertical, densidade demográfica acima de trezentos habitantes por hectare e escassa vegetação. Temperaturas mais baixas foram verificadas em locais onde há maior presença de vegetação, espaços livres e presença de corpos d'água.

APLICAÇÕES COM SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto é um sistema que permite a aquisição, processamento e análise das interações da energia com a matéria para que sejam convertidas em informação sobre as propriedades da superfície, e para isso não houve contato entre o alvo analisado e o objeto de estudo. A aquisição de informações é realizada pelos sensores instalados em aviões e satélites, permitindo obter informações de grandes áreas em um pequeno período.

As imagens de satélites são também fontes importantes de dados digitais para os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que permitem a manipulação e processamento de uma grande quantidade de informações das mais diversas fontes, com vistas à análise espacial (WUTKE; 2006). Para Duarte (2007), as técnicas de sensoriamento remoto vêm ganhando importância operacional em nível mundial, permitindo a realização de estimativas com maior antecedência, com maior precisão e com menor custo quando comparadas com as técnicas tradicionais.

Segundo Camargo (2007), aplicações do imageamento termal são de grande importância para um reconhecimento das modificações causadas na cobertura do solo, pois quaisquer alterações no tipo de cobertura do solo promovem interferências no fluxo de calor. A vegetação ajuda na absorção do fluxo solar e alterações nessa cobertura influem no entorno e possibilitam alterações climáticas variadas. Em áreas urbanizadas as dimensões horizontais, verticais e temporais das anomalias térmicas estão intimamente ligadas com a quantidade de construções, uso do solo e as condições meteorológicas regionais.

CIDADE DE TERESINA

Teresina situa-se a 05°05' de latitude sul e 42°48' de longitude oeste, dentro da macro-região do meio-norte do estado do Piauí. O clima da região caracteriza-se por ter duas estações bem distintas. Durante o primeiro semestre o clima é quente e úmido, com a média das temperaturas máximas entre 30 a 32°C e umidade relativa média entre 75 a 85%. No segundo semestre, praticamente não há precipitações, o clima é quente e seco, com temperaturas médias máximas entre 33 a 36°C e umidade relativa do ar entre 55 a 65%.

A cidade de Teresina não se encontra diferente das grandes cidades do restante do país, apresentando um acelerado processo de crescimento e de densificação urbana. Segundo o Censo 2010, o município de Teresina possui 814.230 habitantes e aproximadamente 94% moram na zona urbana. Sua população teve um aumento de quase 100% em 25 anos, o que se reflete na procura por habitações. Para suprir essa necessidade de habitação o processo de adensamento da cidade tem crescido bastante a cada ano, causando muitas modificações nos padrões de ocupação na cidade e na paisagem urbana. Essas alterações causam um impacto direto sobre o clima da cidade e poucos são os estudos relacionados às mudanças climáticas e diretrizes a fim de mitigar esta problemática.

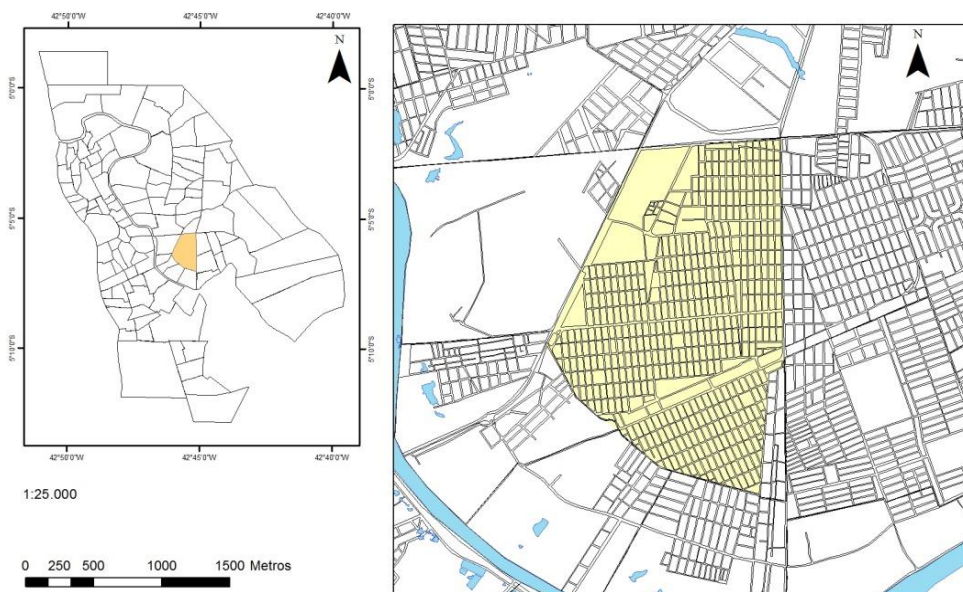
O BAIRRO DIRCEU ARCOVERDE

Este bairro teve como início a construção do conjunto habitacional Dirceu Arcoverde, feito em duas etapas, a primeira concluída em 1977 e a segunda em 1980, totalizando 7294 casas unifamiliares, em uma área total de 347 ha, financiadas pelo Banco Nacional de Habitação (BNH) e tendo como agente financeiro e promotor a Companhia de Habitação do Piauí – COHAB-PI.

O conjunto foi criado de forma a realocar favelados da zona leste da capital, bem como funcionários públicos de baixo poder econômico. Na prática, tal medida serviu também como motivo para gerar especulação imobiliária nas redondezas. Aos poucos esta área foi sendo cada vez mais ocupada, com a construção de outros conjuntos habitacionais e com loteamentos particulares, contando hoje com cerca de 200.000 habitantes, considerando toda a zona sudeste (Figura 1).

As casas inicialmente eram apenas embriões que aos poucos foram sendo aumentadas por seus moradores, e as taxas de ocupação dos lotes hoje em dia chegam a quase 100%, com grande diminuição das áreas verdes, onde grande parte era proveniente dos quintais das casas. De acordo com o projeto inicial do conjunto habitacional, o total de áreas verdes, destinadas a implantação de praças, para primeira etapa era de 3,12% e da segunda etapa 3,91%, distribuídas de forma não uniforme.

Figura 1 – Teresina – Mapa geral com indicação do bairro Dirceu Arcoverde e o bairro



Fonte: Prefeitura municipal de Teresina. Adaptado por Monteiro (2012).

METODOLOGIA

O objeto de estudo é o bairro Dirceu Arcoverde, que foi o ponto inicial da ocupação da zona sudeste, a partir de 1977, quando da inauguração da primeira etapa do conjunto habitacional. Esta região foi sendo então gradativamente urbanizada, com a incorporação de outros bairros, loteamentos e conjuntos habitacionais, modificando o uso do solo e com a substituição gradativa das áreas verdes pelas superfícies construídas e pavimentadas (Figura 2).

O trabalho analisou a variação das mudanças de uso do solo e as mudanças na superfície de temperatura baseada em mapas gerados a partir de imagens do Satélite Landsat 5 e foram utilizadas as bandas 2, 3 e 4, de resolução espacial de 30 metros e a banda 6, de resolução espacial de 120 metros. As imagens utilizadas foram obtidas junto ao site do INPE, e foram utilizados como critério de escolha imagens com datas de captura mais próximas e com mínima cobertura de nuvens, assim foram selecionadas 2 cenas. Para o ano de 1989 (13-07-1989) e 2010 (07-07-2010).

Para as análises de mudança da temperatura de superfície, foram utilizadas as imagens da banda 6 do satélite Landsat 5, que capta dados na faixa do infravermelho termal, para os anos analisados. Essas imagens foram manipuladas no Software SPRING, Software de Geoprocessamento desenvolvido pelo INPE. Nele foi feita a

conversão das imagens utilizado a ferramenta LEGAL, para isso foi aplicada a equação de regressão quadrática de Malaret et al.(1985) que permite que os seus níveis de cinza captados, sejam convertidos para temperatura de superfície. (Equação 1).

$$T = 209,931 + 0,834 \text{ DN} - 0,00133 \text{ DN}^2 \quad (1)$$

Onde:

T= Temperatura na escala de Celsius
DN= Número Digital de cada pixel

Figura 2 – Bairro Dirceu Arcoverde - Evolução da ocupação urbana em 1989 e 2010.



Após a conversão foi feita uma nova subtração para obtenção dos valores de temperatura em graus.

Para observação das mudanças de uso e ocupação do solo foram utilizadas as imagens das bandas 2, 3 e 4, para fazer composição colorida e assim realizar a classificação supervisionada das imagens do satélite para cada ano, onde foram identificadas as classes: Vegetação, área urbanizada, asfalto e solo exposto, utilizando também o software SPRING. A partir da classificação foi possível mensurar, as alterações em valores de área das mudanças que ocorreram com o passar dos anos.

RESULTADOS

Para atingir os objetivos deste trabalho foi feita inicialmente a análise das mudanças do uso e da ocupação do solo da região, em 2 períodos, e, em seguida, a análise das imagens de campo térmico, nas mesmas datas.

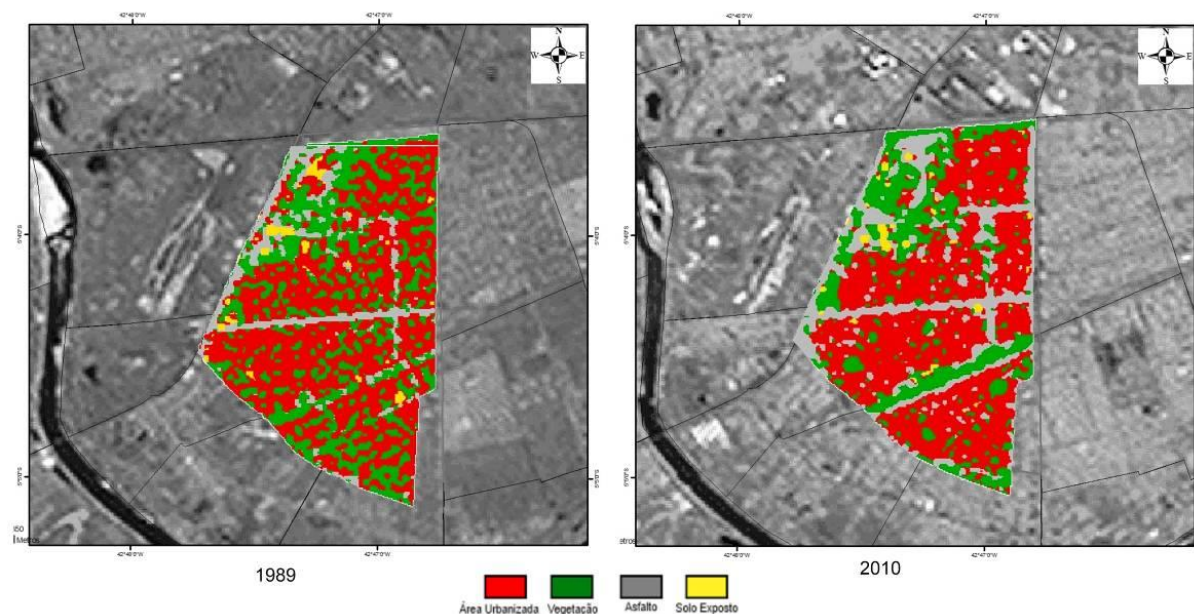
Análise do uso e ocupação do solo

As imagens de satélite foram classificadas, delimitando as áreas ocupadas pelo asfalto, solo exposto, vegetação, área urbanizada, para cada ano estudado (Figura 3). Após a execução da classificação foi possível estimar a área ocupada por cada classe, e dessa forma observar o processo de mudança de ocupação do solo na área de estudo.

A classificação evidencia o aumento da cobertura asfáltica, nas vias principais já existentes. A área com cobertura vegetal ficou mais concentrada em algumas regiões, deixando de compor a paisagem em meio com as residências e ruas locais. As áreas de solo exposto não tiveram significância dentro da área total de estudo, estando sua ocorrência muito próximas.

Os gráficos abaixo apresentam os resultados em termos percentuais da variação da ocupação do solo na região por ano (Figura 4).

Figura 3 – Imagem Resultado da Classificação supervisionada das imagens do satélite Landsat 5, para os anos de 1989 e 2010.



Fonte: Classificação de imagens RGB. Elaborada por Felipe Monteiro (2012).

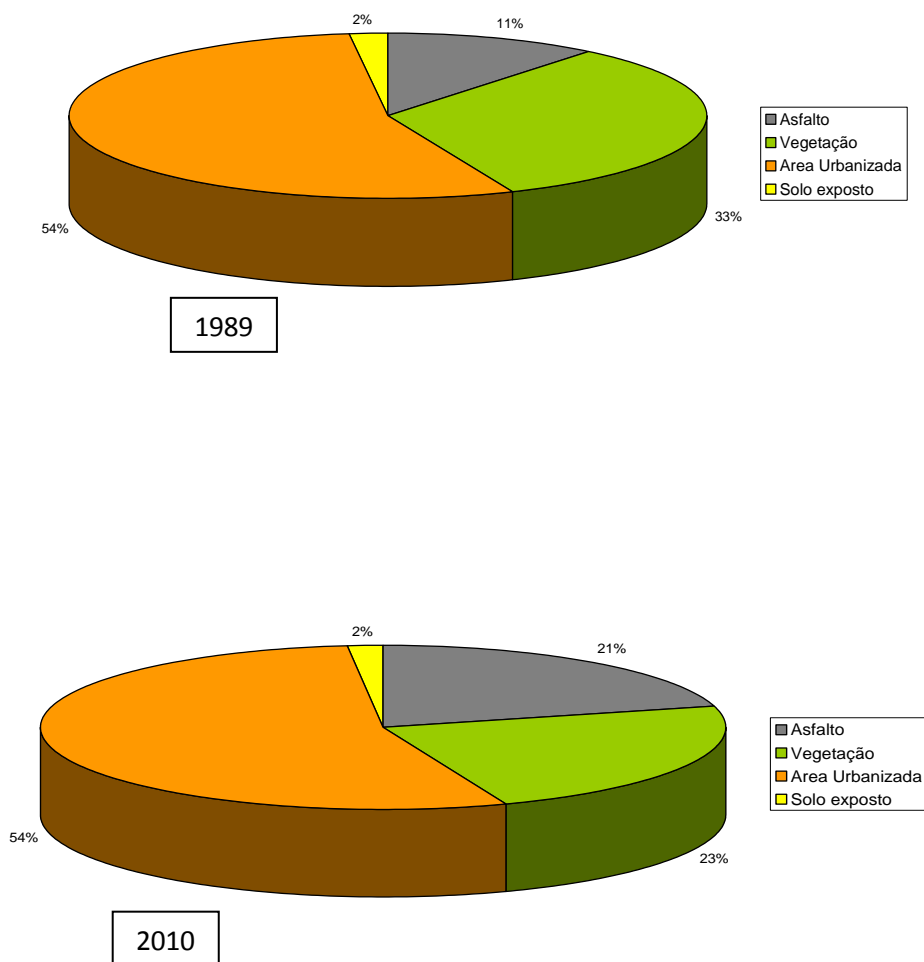
Com a análise dos dados gerados com a classificação, fica claro perceber o aumento significativo da área coberta por asfalto entre o ano 1989 e o ano de 2010, que salta de 11% para 21% da área total do bairro, e uma redução do total de área verde para região, que teve uma queda de 33% para 23 % de área total. O total da área urbanizada sofre pouca alteração, mas nota-se uma maior densidade construída para o ano de 2010, observando a imagem resultante da classificação, principalmente em função do desenvolvimento das principais vias comerciais, que estão aos poucos substituindo as residências e que aumentam também a área construída no bairro.

Tabela 1 – Proporção ocupada por cada classe para os anos 1989 e 2010 na área de estudo.

Classes	Ocupação de cada classe dentro do bairro (%)	
	1989	2010
Asfalto	10,83 %	20,88 %
Vegetação	33,68 %	23,33 %
Área Urbanizada	54,67 %	54,09%
Solo Exposto	1,81 %	1,68%

Fonte: Elaborada por Monteiro (2012).

Figura 4- Gráfico da variação da ocupação do solo do bairro Dirceu Arcoverde



Fonte: Classificação de uso ocupação solo – SPRING

Análise do campo térmico

Para extração dos valores de temperatura de superfície foi utilizada a banda 6 do sensor, o qual captura comprimentos de onda na faixa do infravermelho termal. A conversão e aquisição dos valores de temperatura foi feita com a equação de Malaret *et al.* (1985), para fazer a conversão direta do nível de cinza para temperatura de superfície

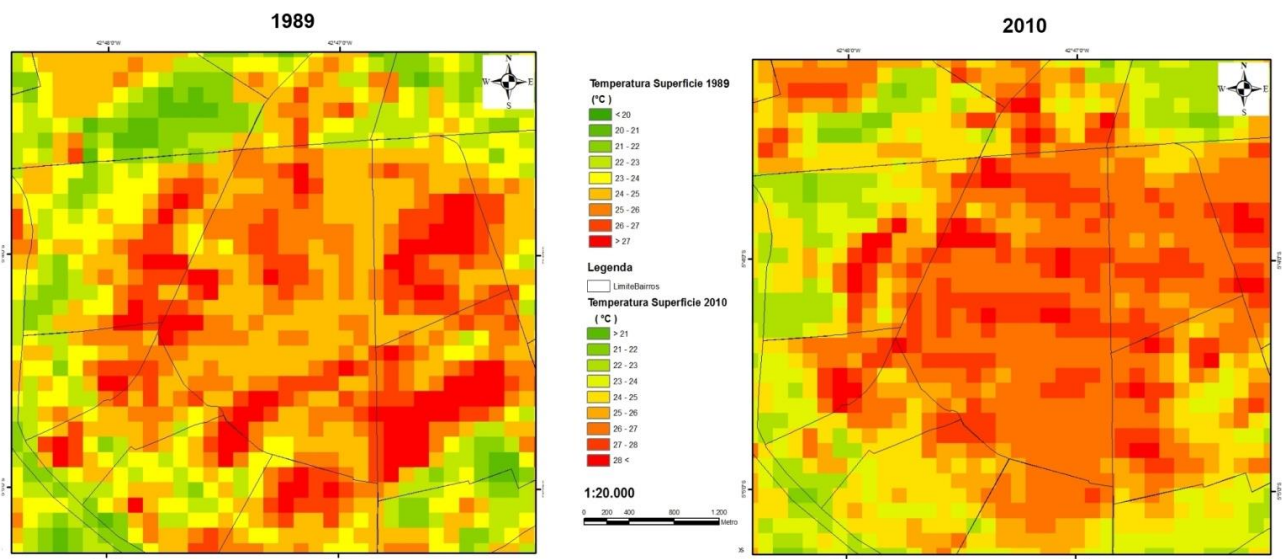
observada durante o imageamento. O satélite que capta as imagens passa sobre a região nos horários entre 12:00 e 13:00 GTM.

Seguem abaixo as modelagens das superfícies de temperatura referente aos anos de 1989 e 2010. Em cada período observamos claramente o quanto as medias térmicas sofreram alterações devido a ocupação do solo e supressão da vegetação. As médias térmicas da mancha ocupada pelo bairro Dirceu Arcoverde vão elevando-se a cada ano. (Figura 5).

O ano de 1989 mostra a situação ainda inicial de ocupação do bairro, com muitos terrenos sem cobertura vegetal por conta das novas construções e com algumas regiões ainda sendo ocupadas pelas novas residências. A temperatura é menos homogênea, devido ao desmatamento na época de implantação do conjunto habitacional, com extensa presença de solo nu e ausência de vegetação. A região em estudo já apresenta diferenças de até 6°C entre o bairro e as áreas no seu entorno.

Ano de 2010 observa-se uma consolidação da ilha de calor com manutenção da media térmica e com a concentração das ilhas de calor nas faixas mais próximas das principais avenidas coincidindo com as áreas de maior densidade construtiva. A diferença de temperatura entre as áreas mais centrais do bairro e os arredores é de 7°C e a área com maior temperatura já se estende além do bairro, quando comparado ao período anterior.

Figura 5 – Imagens de satélite com o campo térmico.



Fonte: Imagens térmicas. Elaborada por Monteiro (2012).

CONCLUSÕES

Com a análise dos resultados da classificação de uso do solo, fica claro a diminuição nos valores da cobertura vegetal e o aumento das áreas antropizadas (cobertura asfáltica). Sendo essas variáveis suficientes para demonstrar aumento na temperatura de uma região, por conta da diminuição da umidade e aumento das superfícies impermeabilizadas.

O campo térmico mostra que com o passar dos anos o adensamento das construções e a diminuição da cobertura vegetal tem causado aumentos na temperatura local e uma homogeneização na temperatura de superfície, com grandes contrastes com o seu entorno.

Como se pode observar quando se comparadas as imagens do ano de 1989 e de 2010, onde um adensamento construtivo pode ter levado a esse aumento da superfície térmica e potenciais áreas de ilhas de calor.

O estudo demonstra a necessidade urgente de ações no sentido de evitar a expansão desta área onde fica evidente a formação de uma ilha de calor em relação às áreas circunvizinhas, com a manutenção das áreas verdes ainda existentes e o controle do aumento da densidade construída e das áreas pavimentadas.

REFERÊNCIAS

CAMARGO, F. F.; PEREIRA, G. Análise multi-temporal da evolução urbana e sua influência na modificação do campo térmico na região metropolitana de São Paulo para os anos de 1985, 1993, 2003. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13.2007. Florianópolis. **Anais ...**, Florianópolis, INPE, 2007.

COLLISHON, E. **O campo térmico da região metropolitana de porto alegre:** Análise a partir da interação entre as variáveis ambientais na definição do clima urbano. 1998, Dissertação (Mestrado em Geografia)- Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

COSTA, R. A. Rosa, R. O Uso de Imagens Termiais no Estudo de Ilhas de Calor Urbana: O Caso de Uberlândia - MG. In: **51ª Reunião Anual da SBPC**, Porto Alegre, 1999. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/86594940/Ilha-de-Calor-Uberlandia>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; IDEIÃO, S. M. A. Determinação da temperatura de superfície na cidade de Campina Grande-PB a partir de imagens do

satélite Landsat 5-TM. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. 2009, Natal, **Anais...** Natal, INPE, 2009.

DUARTE, W. O. BRITO, J. L. Mapeamento da cultura do café no município de Araguari-MG utilizando imagens do sensor CCD do satélite CBERS-2. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIII, 2007. Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis, INPE, 2007.

FEITOSA, S. M. R.. **Alterações climáticas em Teresina-PI decorrentes da urbanização e supressão de áreas verdes.** 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)-Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2010.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas metrópoles:** o exemplo de São Paulo. São Paulo. Hucitec. 1985.

MALARET, E; BARTOLUCCI, L.A. LOZANO, D.F. ; ANUTA, P.E.; MCGILLEM, C.D (1985).Landsat-4 and Landsat-5 thematic mapper data quality analysis. In: **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.** Vol. 51,pp. 1407-1416. Sept. 1985.

MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno:** Proposição metodologica e sua aplicação a cidade de Londrina/PR. 1995. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade de São Paulo. São Paulo: 1995.

OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of climatology**, v.1, n.1-4, p. 237-254, 1981.

RORIZ M. **Zona de conforto térmico:** um estudo comparativo de diferentes abordagens. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Departamento de Arquitetura e Planejamento, USP. São Carlos. 1987.

SILVEIRA, A. L. R. C. **Parâmetros bioclimáticos para avaliação de empreendimentos habitacionais na região tropical subúmida do Brasil.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília. Brasília. 2007.