

Identificação do fenômeno de ilhas de calor urbano em Belo Horizonte – MG

Heliene Ferreira de Moraes¹
Erickson Melo de Albuquerque¹
Silvia Cristina de Pádua Andrade¹
Carlos Antonio Costa dos Santos¹

¹Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande.
Caixa Postal 10.078, 58.429-140 - Campina Grande - PB, Brasil.
{heliemorais, erickson.melo, silviacrisandrade}@gmail.com
carlos@dca.ufcg.edu.br

Abstract. The advancement of technology has propelled the growth of population and urban centers in an accelerated turning space and consequently reducing the vegetation cover. This uncontrolled growth causes problems related to thermal comfort, as the formation of heat islands. Belo Horizonte, capital of Minas Gerais, is one of the largest cities in Brazil and had a sudden and rapid growth, reaching 1 million people after 70 years of its foundation. Thus, remote sensing has been applied to identify increases in surface temperature and behavior of net radiation in urban areas due to the removal the vegetation cover in the city of Belo Horizonte – MG, using satellite / sensor imagery Landsat-5 / TM for three different years: 1985, 1995 and 2008. Maps were produced as a result of classification of land use, surface temperature and net radiation, and tables of numerical quantification. Increase was seen in the urbanized area and reduced vegetation cover. As a result was also observed increase in surface temperature, indicating possible heat islands in some areas of the city, especially the south-central region, where largest urban expansion area was identified, and through the net radiation was possible to analyze the thermal behavior of the targets.

Palavras Chave: urban expansion, surface temperature, net radiation, remote sensing, expansão urbana, temperatura de superfície, saldo de radiação, sensoriamento remoto.

1. Introdução

O avanço da tecnologia tem impulsionado o crescimento da população e dos centros urbanos de forma acelerada transformando o espaço e como consequência reduzindo a cobertura vegetal. Essa expansão urbana sem planejamento adequado pode resultar na formação das ilhas de calor, fenômeno que atinge também as metrópoles e causa desconforto térmico na população. Dessa forma, o fenômeno das ilhas de calor ocorre devido a grande concentração de edifícios, concreto, asfalto e pouca cobertura vegetal como afirma TEZA (2005).

O aumento nos valores de temperatura se deve às condições locais do ambiente urbano, seja por sua rugosidade, ocupação do solo, orientação, permeabilidade e propriedades físicas dos materiais constituintes, entre outros fatores, segundo Oke (2003).

Aplicar o sensoriamento remoto neste sentido tem a principal vantagem de se obter informações contínuas, distribuídas sobre a superfície da Terra, e possibilitar uma análise melhor fundamentada, apesar das limitações dos sensores orbitais, do que com medidas pontuais. Portanto, este trabalho objetiva identificar a existência das ilhas de calor por consequência da expansão urbana e remoção da cobertura vegetal no município de Belo Horizonte – MG entre os anos de 1985, 1995 e 2008, utilizando o *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL) desenvolvido por Bastiaanssen (1998), por meio de sensoriamento remoto.

Com a utilização destas técnicas foram produzidos mapas da cobertura do solo, temperatura de superfície e saldo de radiação, e com o cruzamento dessas informações analisar a ocorrência de formação das ilhas de calor.

2. Área de estudos

O município de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, localiza-se entre as coordenadas 44°3'52,5"O, 20°3'48,9"S e 43°51'15,9"O, 19°46'22,2"S, altitude média de 852 m e possui uma área de aproximadamente 330,5 km². A Figura 1 mostra sua localização.

De acordo com o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), sua população alcançou 2,3 milhões de habitantes. Este município sofreu um crescimento inesperado na população chegando a 1 milhão de habitantes apenas 70 anos após sua fundação devido ao rápido processo de industrialização e isto foi determinante na expansão urbana.

Inserida na Bacia do Rio São Francisco, Belo Horizonte não é banhada por nenhum grande rio, mas é interceptada por ribeirão e córregos, em sua maioria, canalizados.

O clima é classificado como tropical com estação seca (Aw, segundo a classificação climática de Köppen), próximo de subtropical úmido. Apesar das características amenas consequentes de sua altitude média, a cidade apresenta temperaturas médias acima de 18 °C no mês mais frio, e acima de 22 °C no mês mais quente segundo dados do INMET.

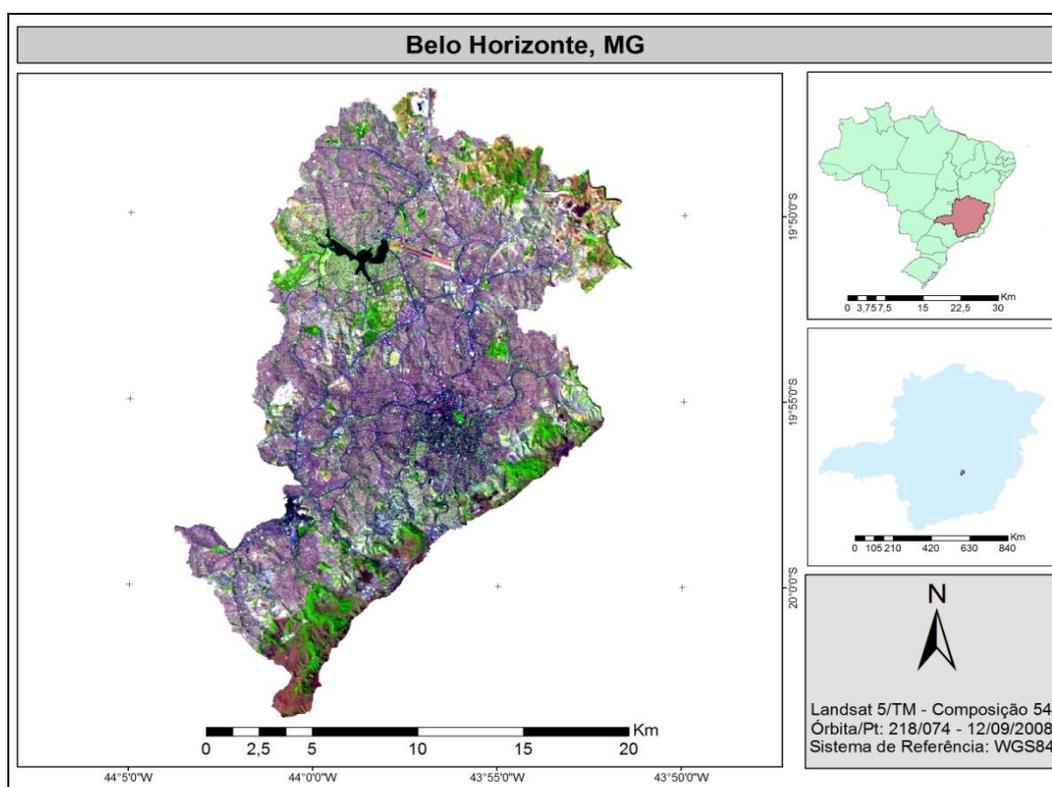


Figura 1. Mapa de localização do município de Belo Horizonte – MG.

O município é subdividido em Venda Nova, Norte, Pampulha, Nordeste, Noroeste, Leste, Centro-Sul, Oeste e Barreiro, como mostrado na Figura 2.

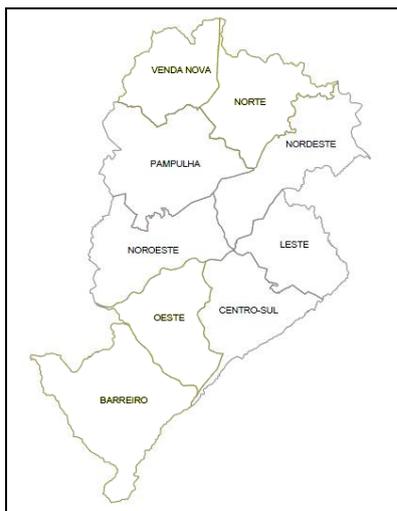


Figura 2. Subdivisões do município de Belo Horizonte – MG.

3. Metodologia

Foram utilizadas imagens do satélite/sensor Landsat-5/TM com cenas datadas de 15/10/1985, 09/09/1995 e 12/09/2008, que recobrem o município de Belo Horizonte – MG, órbita e ponto 218/074. O georreferenciamento foi baseado nas imagens do sítio landsat.org, desenvolvido pela Michigan State University, onde se encontram disponibilizadas imagens geometricamente corrigidas de todo o mundo, registradas pelos sensores TM e ETM+.

Para verificar e quantificar o crescimento urbano foi realizada uma classificação não supervisionada da cobertura do solo para cada um dos três anos. Inicialmente, para uma maior riqueza de detalhes, foram geradas 16 classes que posteriormente foram interpretadas com o auxílio das imagens de alta resolução do *Google Maps* e agrupadas nas quatro classes principais: água, solo exposto, vegetação e malha urbana.

Em seguida procedeu-se a utilização do algoritmo SEBAL para a obtenção do saldo de radiação na superfície através da execução das etapas descritas por Liberato *et. al.* (2011), tendo como dados de entrada as sete bandas espectrais do sensor TM, georreferenciadas. Para a execução do cálculo do albedo de superfície e radiação de ondas longa e curta incidentes foi utilizado, como dado de entrada, o modelo digital de elevação (DEM), SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), distribuído na internet pela Embrapa – Brasil em relevo (2005). Em outra etapa optou-se por calcular a temperatura de superfície em graus *Celsius* (°C).

4. Resultados e discussões

Primeiramente foram produzidos mapas de cobertura do solo como resultado da classificação não supervisionada, como se pode ver na Figura 2 para os anos de 1985(a), 1995(b) e 2008(c). Notadamente percebe-se a expansão urbana e redução da cobertura vegetal principalmente em direção aos limites do município, mas ao mesmo tempo é possível identificar crescimento na região centro-sul.

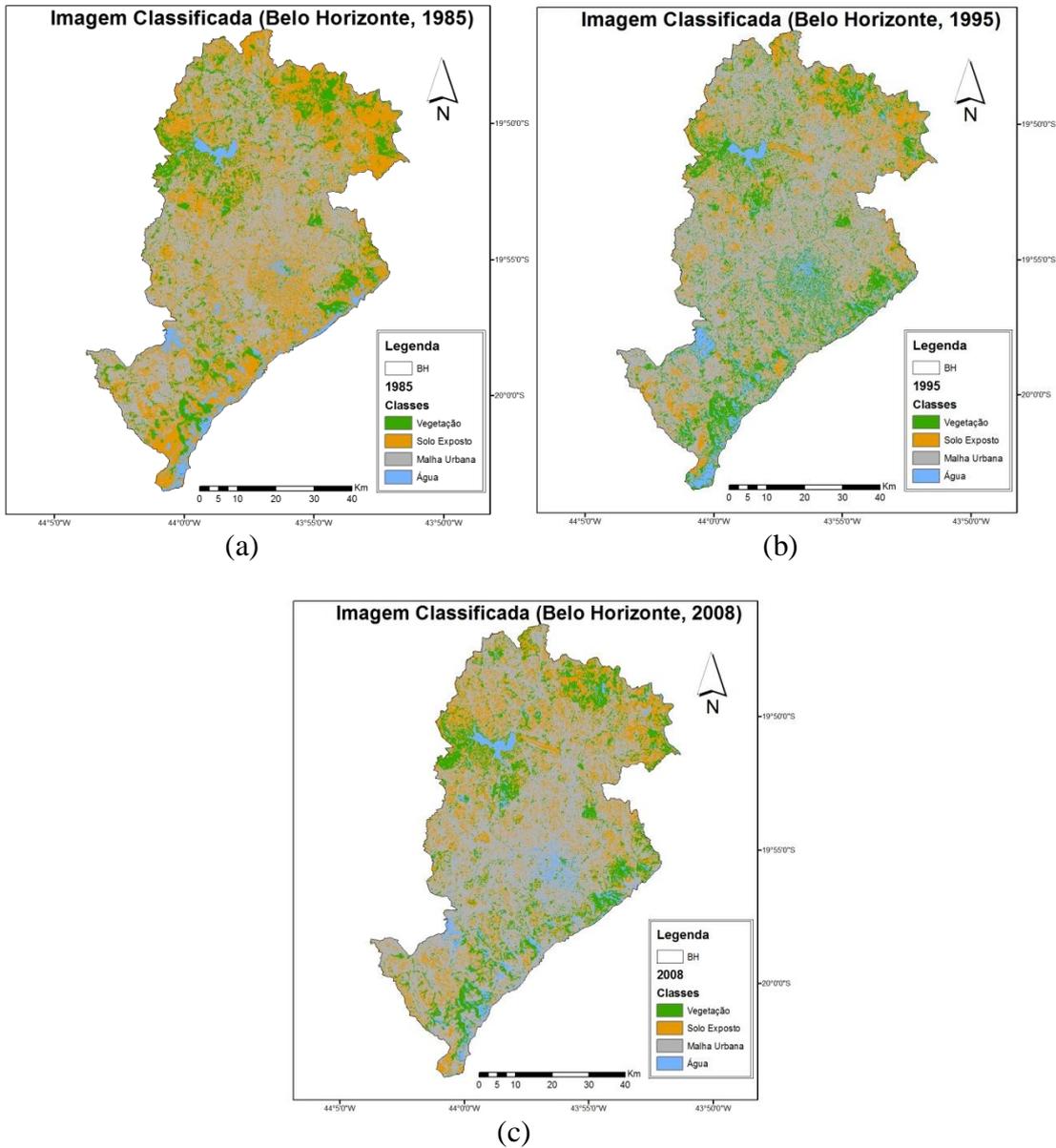


Figura 3. Classificação da vegetação, solo exposto, malha urbana e água dentro do município de Belo Horizonte para os anos de 1985(a), 1995(b) e 2008(c).

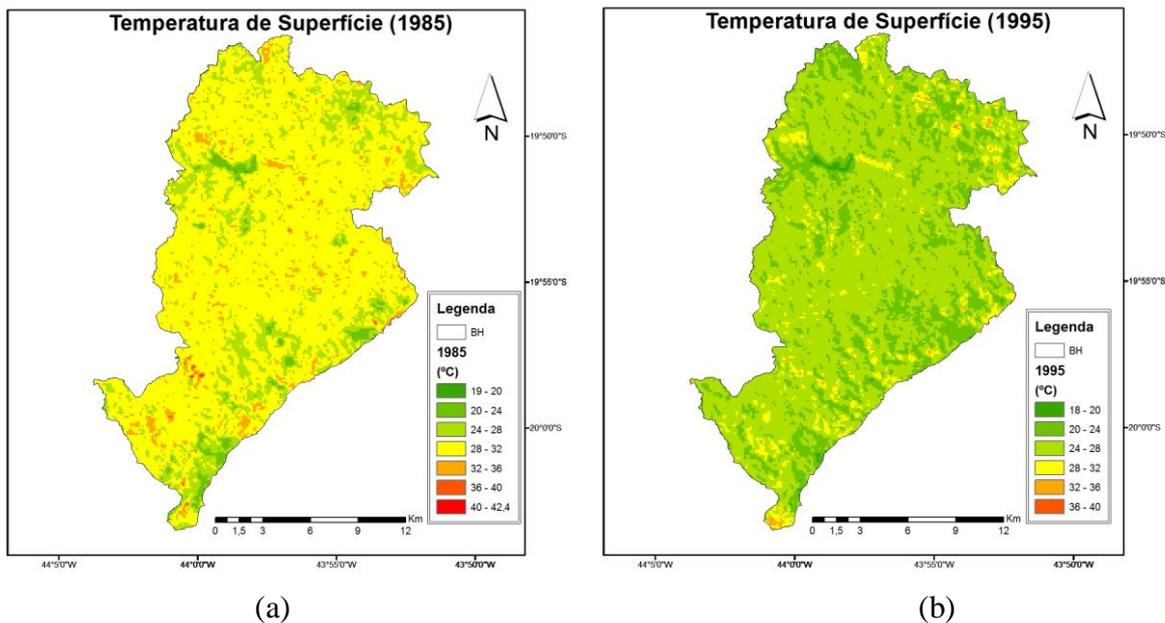
Analisando a figura 3b em relação à figura 3a pode-se observar que houve um aumento na malha urbana onde havia solo exposto e uma redução na vegetação em todo o município, porém houve um aumento da mesma em torno dos corpos d'água. Analisando a Figura 3c em relação à figura 3b pode-se observar que houve uma drástica diminuição na vegetação e no solo exposto, consequência do grande aumento na malha urbana.

Pode-se observar na Tabela 1 a quantificação numérica dos resultados presentes nos mapas da Figura 3. Assim verifica-se que houve, como esperado, um aumento na área de malha urbana, redução da vegetação e variação na quantidade de solo exposto, que pode ser alterado, geralmente, pela ação antrópica, considerando o dinamismo do meio urbano.

Tabela 1: Quantificação das classes temáticas

Classes	Área (km ²)			Porcentagem		
	1985	1995	2008	1985	1995	2008
Água	18,5	18,5	17,4	05,4%	05,6%	05,3%
Vegetação	50,6	68,6	53,8	15,7%	20,7%	16,3%
Solo Exposto	121,3	57,6	71,7	38,9%	17,4%	21,7%
Malha Urbana	140,1	185,8	187,6	40,0%	56,3%	56,7%
Total	330,5	330,5	330,5	100,0	100,0%	100,0%

Posteriormente foram produzidos os mapas de temperatura de superfície (°C) em falsa cor, com agrupamento de valores em intervalos, em média, de 4°C. Assim podendo compará-los aos valores obtidos na classificação visando identificar áreas com possível formação de ilhas de calor. Pode-se observar na Figura 4 que nas regiões onde a cobertura vegetal foi retirada houve um aumento na temperatura. Para a figura 4a, foram obtidos os valores mais elevados na distribuição geral pelo município se confrontado com os valores das demais figuras 4 (b) e (c), o que pode ser atribuído a grande quantidade de solo exposto identificada na tabela 1. Ainda assim os alvos apresentam comportamentos térmicos semelhantes, respectivos a cada classe. Ao comparar as figuras 4 (b) e (c) identifica-se o aumento na temperatura de superfície principalmente na região centro-sul, onde essa diferença pode chegar aos 10°C, provavelmente devido às alterações ocorridas na cobertura do solo.



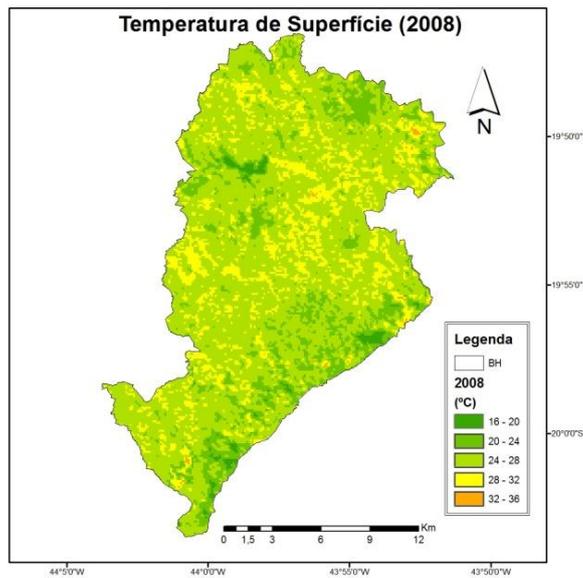


Figura 4. Mapas de temperatura de superfície (°C) para o município de Belo Horizonte – MG, nos anos de 1985(a), 1995(b) e 2008(c).

A tabela 2 busca quantificar os valores de temperatura presentes na figura 4. Ao analisar os valores estatísticos de uma forma geral, para a área de estudo como um todo, confirma-se a análise dos mapas anteriores, onde a maior média está na figura 4a e houve um ligeiro aumento da média entre as figuras 4 (b) e (c).

Tabela 2: Quantificação da temperatura de superfície distribuída pelo município de Belo Horizonte – MG nas datas estudadas.

Temperatura de Superfície (°C)					
Ano	Mínima	Máxima	Média	D. Padrão	Moda
1985	20,5	42,3	29,2	4,27	29,3
1995	18,3	36,1	25,2	1,87	25,9
2008	16,1	35,3	26,1	2,15	27,3

Os mapas de saldo de radiação apresentaram características semelhantes para as três datas estudadas, onde a água e a vegetação tiveram os maiores valores enquanto a malha urbana e o solo exposto, os menores. Entre as figuras 5 (a) e (b) pode-se analisar que as áreas que foram urbanizadas, como a região centro-sul, identificadas através da figura 3, modificaram o saldo de radiação apresentando valores menores que o entorno. Isso significa que a radiação incidente na superfície destas áreas, em sua maioria os telhados das residências, é emitida e refletida em maiores quantidades do que na superfície dos corpos d'água, na cobertura vegetal e no solo exposto. Porém, materiais como o concreto e o asfalto são absorvedores de radiação e grandes contribuintes para a formação das ilhas de calor.

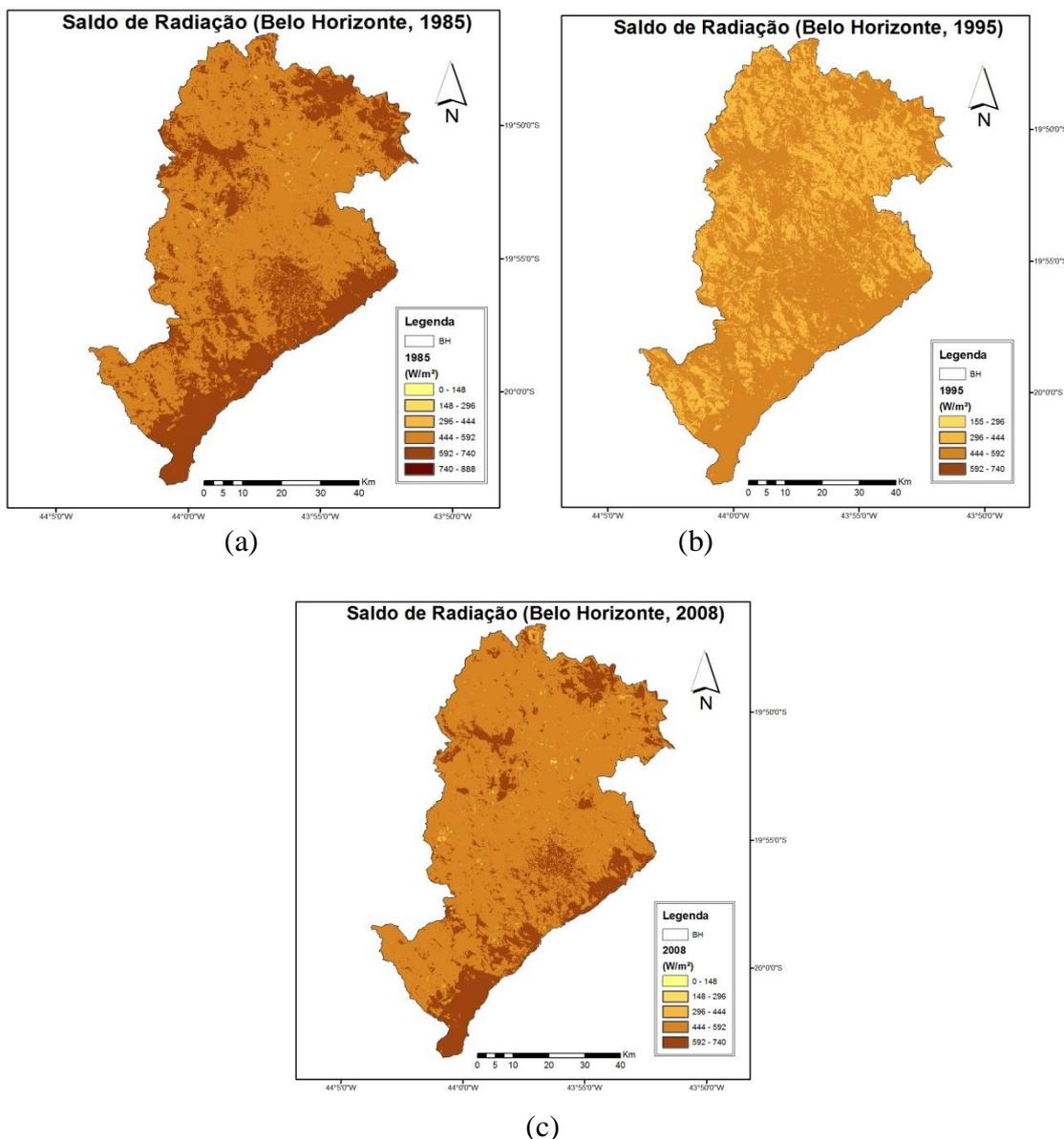


Figura 5. Mapas da distribuição do saldo de radiação no município de Belo Horizonte – MG, para os anos de 1985(a), 1995(b) e 2008(c).

Segundo a Tabela 3, o saldo de radiação teve alteração entre 1995 e 2008. A moda apresentou aumento de 102,7 W/m² e a média de 103,3 W/m².

Tabela 3: Saldo de radiação para o município de Belo Horizonte – MG.

Saldo de Radiação (W/m ²)					
Ano	Mínimo	Máximo	Média	D. Padrão	Moda
1985	54,3	741,5	578,8	6,6	566,6
1995	169,3	593,55	456,2	5,9	451,7
2008	7,6	712,7	559,5	6,7	554,4

Dessa forma constata-se que o saldo de radiação à superfície armazena mais energia em corpos d'água e na vegetação, já a malha urbana dissipa a radiação mais rapidamente. Então, se no interior da malha urbana não houver espaços para a dispersão da energia refletida e emitida, ocorre a formação de ilhas de calor.

5. Considerações Finais

Pode-se considerar a existência do fenômeno de ilhas de calor no município de Belo Horizonte nas regiões da imagem de satélite que sofreram modificações, sendo identificada a redução da cobertura vegetal para a expansão da malha urbana, destacando-se a região centro-sul, entre os anos de 1985, 1995 e 2008, devido ao aumento da temperatura de superfície e coerência nos resultados do saldo de radiação, que indicaram o comportamento térmico dos alvos.

Recomenda-se o estudo da morfologia urbana para resultados ainda mais precisos.

Referências

BARBOSA, R. V. R.; VECCHIA, F. A. S. “Estudos de Ilha de Calor Urbana por meio de Imagens do Landsat 7 Etm+: Estudo de Caso em São Carlos (SP)”. *Revista Minerva – Pesquisa e Tecnologia*, v. 6, n. 3, set./dez. 2009. Disponível em: <http://www.fipai.org.br/revista_minerva_eletro_v06n03.html>. Acesso em: 8 out. 2012.

BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. **A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL)**. *Journal of Hydrology*, v. 212213, p. 198212. 1998.

BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate**. 1995. 272f. Thesis (Ph.D. Wageningen Agricultural) – Wageningen University, The Netherlands.

Censo Populacional 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 12 nov. 2012.

EMBRAPA – Brasil em Relevô. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/index.htm>>. Acesso em: 8 out. 2012.

Normais Climatológicas (1961 – 1990) – Belo Horizonte – MG. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima/mapas/?mapa=tmed>>. Acesso em: 12 nov. 2012.

OKE, T. R.; VOOGT, J. A. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing Environment*, v. 86, p. 370-384, 2003.

TEZA, Cláudio Tavares Viana; Batista, Gustavo Macedo de Mello Baptista. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER *on demand* 08 – *Kinetic Temperature* (III): metrópoles brasileiras. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3911-3918.