

UNIVAG CENTRO UNIVERSITÁRIO
ÁREA DE CONHECIMENTO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS,
BIOLÓGICAS E ENGENHARIAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

APLICAÇÃO DE TÉCNICA DE FUSÃO EM IMAGENS LANDSAT-8 /
TIRS PARA O MAPEAMENTO DE TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE
EM PERÍMETROS URBANOS, NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA
GRANDE, MATO GROSSO

FABIO NUNES COELHO

Várzea Grande - Mato Grosso
2016

UNIVAG CENTRO UNIVERSITÁRIO
ÁREA DE CONHECIMENTO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS,
BIOLÓGICAS E ENGENHARIAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

APLICAÇÃO DE TÉCNICA DE FUSÃO EM IMAGENS LANDSAT-8/
TIRS PARA O MAPEAMENTO DE TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE
EM PERÍMETROS URBANOS, NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA
GRANDE, MATO GROSSO

FABIO NUNES COELHO

Monografia apresentada ao Curso
de Ciências Biológicas do
UNIVAG Centro Universitário,
como parte dos requisitos para
obtenção do Grau de Bacharel em
Ciências Biológicas

Várzea Grande - Mato Grosso
2016

Orientador
Prof. Me. Cezar Clemente Pires dos Santos
UNIVAG Centro Universitário - Área de Conhecimento em Ciências
Agrárias, Biológicas e Engenharias
Curso de Ciências Biológicas

MONOGRAFIA APRESENTADA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ÁREA DE CONHECIMENTO EM
CIÊNCIAS AGRÁRIAS, BIOLÓGICAS E ENGENHARIAS

Título: APLICAÇÃO DE TÉCNICA DE FUSÃO EM IMAGENS
LANDSAT-8 / TIRS PARA O MAPEAMENTO DE TEMPERATURA DE
SUPERFÍCIE EM PERÍMETROS URBANOS, NO MUNICÍPIO DE
VÁRZEA GRANDE, MATO GROSSO

Banca Examinadora

Prof. Me. Cezar Clemente Pires dos Santos
Orientador

UNIVAG Centro Universitário - Área de conhecimento em Ciências
Agrárias, Biológicas e Engenharias
Curso de Ciências Biológicas

Prof. Me. Edson Massoli Junior
Examinador

UNIVAG Centro Universitário - Área de conhecimento em Ciências
Agrárias, Biológicas e Engenharias
Curso de Ciências Biológicas

Prof. Me. Celso de Arruda Souza
Examinador
Gerente de Unidades de Conservação SEMA MT

Várzea Grande-MT, ...de.....de.....

DEDICADO

*Aos meus Pais, Orientador,
professores e amigos pela força,
compreensão e apoio em todas as
circunstâncias.*

AGRADECIMENTO ESPECIAL



Ao Prof. Me. Cezar Clemente Pires dos Santos – meu Orientador – por acreditar em meu potencial, por fazer este trabalho acontecer, por disponibilizar seus equipamentos particulares para uso da pesquisa, sobretudo, pela dedicação em repassar adiante seus valiosos conhecimentos gerais e, principalmente, sobre o tema abordado.

Meu total respeito e meu eterno muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me auxiliaram durante o período de graduação, em especial:

Ao Programa Universidade para todos - ProUni, por me conceder a bolsa integral de Ciências Biológicas, na Instituição de ensino superior, Centro Universitário de Várzea Grande - UNIVAG.

Ao UNIVAG, pela oportunidade de fazer o curso e dispor da infraestrutura física e acadêmica.

À querida Professora, Supervisora de Estágio e Coordenadora do Curso de Ciências Biológicas, Prof.^a Ma. Márcia Aparecida Rodrigues Nassardem de Abreu, pela dedicação e auxílio durante o período de graduação.

À querida Professora Dra. Ermelinda Maria De Lamonica Freire, por sua total dedicação ao ensino de suas disciplinas ministradas.

Ao Professor Me. Gustavo Leandro da Cruz Mestre, pelo seu método de ensino ativo, cobranças severas e detalhadas nas provas, apelidos e risadas em sala de aula.

Ao Professor Me. Luiz Antônio Solino Carvalho, pelo empenho de ensino mostrado em sala de aula.

À Professora Dra. Selma Baia Batista, pelo esforço mostrado em sala de aula ao ministrar suas disciplinas, pelas broncas e pela disponibilidade em ajudar até mesmo quando não era de sua responsabilidade.

À Professora Dra. Glauce Portela de Oliveira, pelo domínio de suas disciplinas ministradas durante o período de graduação.

À Professora Dra. Elisangela Santana Oliveira Dantas, pelo conteúdo magnífico de sua disciplina e principalmente pelas risadas em sala.

À Professora Dra. Dayane Ávila Fernandes, pelo domínio do conteúdo importantíssimo, transpassados em suas aulas.

A todos Professores que ajudaram a enriquecer meu conhecimento relacionado ao curso de Ciências Biológicas e ao cotidiano.

À Banca Examinadora pelo competente exame e sugestões apresentadas. Agradeço, sobretudo, a oportunidade de aprender.

Aos meus adoráveis, queridos e futuros biólogos da BIO 13/1 (Bonobos): Cintia Paula Tarelli Teixeira, Josélia Sebastiana Pereira dos Santos, José Carlos da Silva, Leonardo Bezerra Lima Neto, Maycon Pereira do Nascimento, Suzelaine Aparecida da Silva Matos, Daiane Nunes Moraes Machado, Jhessica Tamy Metzler Ferreira, Ana Paula

Aquino, Ana Paula Damasceno Souza e todos colegas, que passaram pelo curso durante o período de graduação. Todos vocês foram importantes no período de graduação e serão inesquecíveis. Obrigado pelas trocas de informações, confiança, carisma e afeto.

Aos meus primos, Prof. Me. Ricardo Douglas de Souza e Fagner Alves Liberato, por todo incentivo moral e ajuda financeira propiciadas a minha pessoa.

À minha companheira de Estágio Ma. Adaiane Catarina Marcondes Jacobina, “Adinha”, pela ajuda nas correções ortográfica do meu trabalho de conclusão de curso.

À Dra. Ana Silvia de Oliveira Tissiani, pelas conversas aconselhadoras, quando surgiam problemas em meu cotidiano acadêmico e pessoal.

Aos mais importantes da minha vida, agradeço ao meu pai, Sr. Jurandir Nunes Coelho e, principalmente, minha mãe, Sra. Neusa Maria Coelho, por toda força e incentivos, nos momentos bons e difíceis, durante todo o percurso acadêmico. Sem vocês não haveria razão para continuar esta importante jornada.

Agradeço a familiares, amigos, inimigos em geral! Enfim, agradeço a cada pessoa que conheci, todos foram importantes antes, durante e depois desta fase que se inicia.

Meus sinceros obrigados de coração.

RESUMO

O sensoriamento remoto, possibilita analisar conceitos espaciais e climáticos, gerando mapas para estudos do uso e ocupação do solo e detecção de temperaturas, por meios de sensores capacitados para estas funções, como os sensores OLI e TIRS, ambos presentes no satélite Landsat-8. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento termal de superfície das variadas classes de uso e cobertura do solo, no município de Várzea Grande, MT. Para isto, foram adquiridas cenas espectrais do Landsat-8, e processadas pelo sistema de informação geográfica “QGIS 2.10”. Na classificação de uso e ocupação do solo, nota-se um aumento na classe de vegetação e diminuição da classe urbanização. Ao realizar a parametrização da temperatura média do ar de 30,6°C (INMET, 2015), com a temperatura média de superfície, da respectiva estação (32,6°C) é observado um gradiente térmico de 2°C. Após o método de fusão “Gram-Shmidt”, a imagem com resolução de 30 metros, apresentou temperaturas que variaram de 25,1°C a 37°C, enquanto que a imagem com resolução 15 metros, obteve temperatura mínima de 24,1°C e máxima de 40°C, sendo possível notar um acréscimo de 3°C na detecção de temperatura. Além disso, após o processo, verifica-se maiores clareza na variação da temperatura de superfície, do aglomerado urbano e vias de acesso, permitindo evidenciar temperatura de superfície de objetos distintos. Os resultados obtidos por meio da análise da banda 10 fusionada, mostraram ser viável a utilização de um SIG, como ferramenta para quantificação das temperaturas de superfície com melhor acurácia.

Palavras chaves: Temperatura de superfície, Sensoriamento remoto, SIG, Landsat-8, Gram-Shmidt.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da área de estudo.	16
Figura 2 - Área urbana localizada dentro do condomínio Pombal no Bairro Jardim Aeroporto, Várzea Grande, MT.	17
Figura 3 - Localização dos pontos P2 e P3 na Vila Pirinel.	18
Figura 4 - Fragmento de vegetação arbórea no Parque Tanque do Fancho.	19
Figura 5 - Terminal André Maggi no centro do perímetro urbano.	19
Figura 6 - Fragmento de vegetação arbórea e lagoa presentes no Parque B. Berneck.	20
Figura 7 - Características dos pontos P8, P9 e P10 localizados próximo à Rodovia Mário Andreazza, Várzea Grande, MT.	21
Figura 8 - Procedimento de conversão e calibração da banda 10, pelas equações 1 e 2.	23
Figura 9 - Mapa de uso e ocupação do solo.	25
Figura 10 - Mapa da temperatura de superfície com transectos do perfil de temperatura nas avenidas Couto Magalhaes e 31 de Março.	26
Figura 11 - Detalhes visuais dentro do perímetro urbano, antes e depois da imagem fusionada.	27
Figura 12 - Variação na Ts em transectos com características distintas nas resoluções espaciais de 30 e 15 metros.	28
Figura 13 - Mapa de temperatura de superfície e uso e ocupação do solo.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos para validação das classes de uso e ocupação do solo.....	17
Tabela 2 - Descrição de dados da equação 1 de conversão.	23
Tabela 3 - Descrição de dados da equação 2 de calibração.....	23
Tabela 4 - Comparação entre as percentagens de uso e ocupação do solo.....	25
Tabela 5 - Estatísticas descritivas - temperatura superficial para os anos de 2015 e 2007	31
Tabela 6 - Média da temperatura de superfície das classes de uso e ocupação do solo.	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1 Área de estudo	15
2.2 Aspectos físicos	15
2.3 Coleta de campo para validação das classes temáticas.....	16
2.4 Aquisição e processamento de dados Raster	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
3.1 Uso e ocupação do solo	24
3.2 Processamento e fusão da banda 10 pela técnica “Gram-Schmidt”	25
3.3 Perfil da temperatura no perímetro urbano.....	28
3.4 Comparação da temperatura de superfície com uso e ocupação do solo.....	29
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global tem ganhado cada vez mais relevância nos dias atuais, entre cientistas que defendem posições a favor e contraditórias entre si, mídias que periodicamente anunciam catástrofes relacionadas ao assunto e cidadãos que acompanham os fatos ocorrentes. Formando-se um cenário de preocupações e inquietações deste processo (MENDONÇA, 2006).

Segundo Marengo (2006), um dos principais efeitos do aquecimento global decorrentes das concentrações de gases que provocam o efeito estufa na atmosfera, são as mudanças de temperaturas, que podem ocorrer em grandes e pequenas escalas, corroborando com a formação de fenômenos termais conhecidos como ilhas de calor.

O fenômeno ilha de calor se relaciona com o processo antrópico, caracterizado pelo aumento da temperatura em pontos específicos, principalmente nos aglomerados urbanos. O que proporciona o acúmulo de calor nestes locais, desencadeando uma elevação da temperatura, mesmos em períodos noturnos (ASSIS, 2011).

Para Santos (2013), o aumento das grandes cidades de forma desordenada é uma das principais razões para que se origine o fenômeno ilha de calor, devido à interferência de fatores, como: aumento numérico de veículos, substituição do solo original por superfícies impermeáveis, redução da circulação do ar devido às edificações, canalização de rios, corte das árvores, entre outros.

Conforme Lombardo (1985), as cidades apresentam temperaturas médias maiores do que as zonas rurais de mesma latitude. Dentro delas, as temperaturas aumentam das periferias em direção ao centro. Sendo assim, a temperatura de superfície é de primordial importância para o estudo da climatologia urbana, levando à sociedade que se preocupa com o assunto, buscarem métodos que facilite o entendimento sobre este assunto (VOOGT; OKE, 2003).

Neste sentido, o sensoriamento remoto, que se trata um conjunto de atividades tecnológicas, no qual pode-se obter informações de objetos característicos da superfície terrestre, sem qualquer contato físico, tem a vantagem de proporcionar em tempo-sincronizado uma densa rede de dados de temperatura para toda uma cidade, ou para uma área distinta da mesma (NICHOL, 1996; MORAES, 2002).

O uso de sensoriamento remoto tem-se tornado uma importante ferramenta com grande potencial para análise ambiental, possibilitando o monitoramento da biodiversidade através da integração de diversas fontes de dados e da investigação

sistemática de todas as unidades territoriais, oferecendo vantagens na obtenção de informação com ampla cobertura espacial da região em estudo (DA SILVA, 1992; LIMA, 2010; SENA et al., 2012).

Autores como Jensen (2009), Coelho et al. (2013) e Santos (2013), utilizaram o sensoriamento remoto para auxílio em pesquisas, que busca entender os efeitos da antropização sobre o clima urbano, tornando o uso desta ferramenta indispensável para questões climáticas.

Nesta perspectiva, o sensoriamento remoto, condiciona o trabalho na detecção de temperaturas, devido ao calor interno dos objetos que, ao serem convertidos em energia radiante são captados pelos sensores de satélites como o Landsat-8, atualmente um dos mais utilizados. (JENSEN, 2009; PIRES; FERREIRA, 2015).

O Landsat-8 foi lançado no dia 11 de fevereiro de 2013 e opera a uma altitude aproximada de 705 km, em órbita heliossíncrona (cruzamento da linha do Equador no sentido Norte-Sul), com inclinação de 98,2°. Sua resolução temporal (intervalo de imageamento de toda a superfície terrestre) é de 16 dias, gerando cerca de 400 cenas, diariamente. Estas, são encontradas gratuitamente para “download”, após 24 horas de aquisição, no site oficial “United States Geological Survey” - USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos), em formato de imagem GeoTIFF comprimidas a um tamanho de aproximadamente 1 “Gigabytes” (USGS, 2016).

O Landsat-8 foi projetado para oferecer um leque de possibilidades, devido aos dois novos sensores “Operational Land Imager” - OLI e “Thermal Infrared Sensor” - TIRS, capazes de contribuir substancialmente para o monitoramento dos índices de vegetação, solo, recursos hídricos, temperatura da superfície e outros (USGS, 2016).

No sensor OLI estão inclusas as bandas multiespectrais (1 - 7 e 9) com resolução espacial de 30 metros, além da banda 8 Pancromática com pixel de 15 metros. No sensor TIRS incluem-se as bandas do infravermelho termal 10 e 11, com resolução de pixel correspondente a 100 metros cada, que após serem reamostradas pelo USGS, passam a contar com uma resolução espacial de 30 metros. Este procedimento faz-se necessário para que as bandas do sensor TIRS coincida com as bandas do sensor OLI (USGS, 2016; COELHO, 2013).

Para um melhoramento das cenas, é utilizada a técnica de fusão das bandas do Landsat-8, com o objetivo de melhorar a qualidade de imagens multiespectrais de média resolução. Esta técnica agrega informações pertinentes em cada uma das imagens, combinando as informações da imagem pancromática e multiespectral gerando uma

imagem híbrida final, com alta resolução espacial da imagem pancromática e espectral da multiespectral (LIMA et al., 2015).

Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento de superfície termal das variadas classes de uso e cobertura do solo, por meio de técnicas de sensoriamento remoto, e dados dos sensores “Thermal Infrared Sensor - TIRS” e “Operational Land Imager - OLI”, visando a contribuição para estudos relacionados ao clima do perímetro urbano, por meio de dados da variação de temperatura da superfície nas diferentes classes temáticas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no perímetro urbano da cidade de Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil.

2.2 Aspectos físicos

O município está localizado nas coordenadas S 15° 38' 52", O 56° 7' 60", e faz limites com os municípios de Acorizal, Jangada, Cuiabá, Santo Antônio de Leverger e Nossa Senhora do Livramento (Figura 1). Situada na mesorregião Centro-Sul Mato-Grossense e microrregião de Cuiabá.

Seu bioma predominante é o Cerrado, embora também seja influenciado pelo aspecto Pantaneiro, o que torna juntamente com a cidade de Cuiabá, uma das principais portas de entradas para este Bioma.

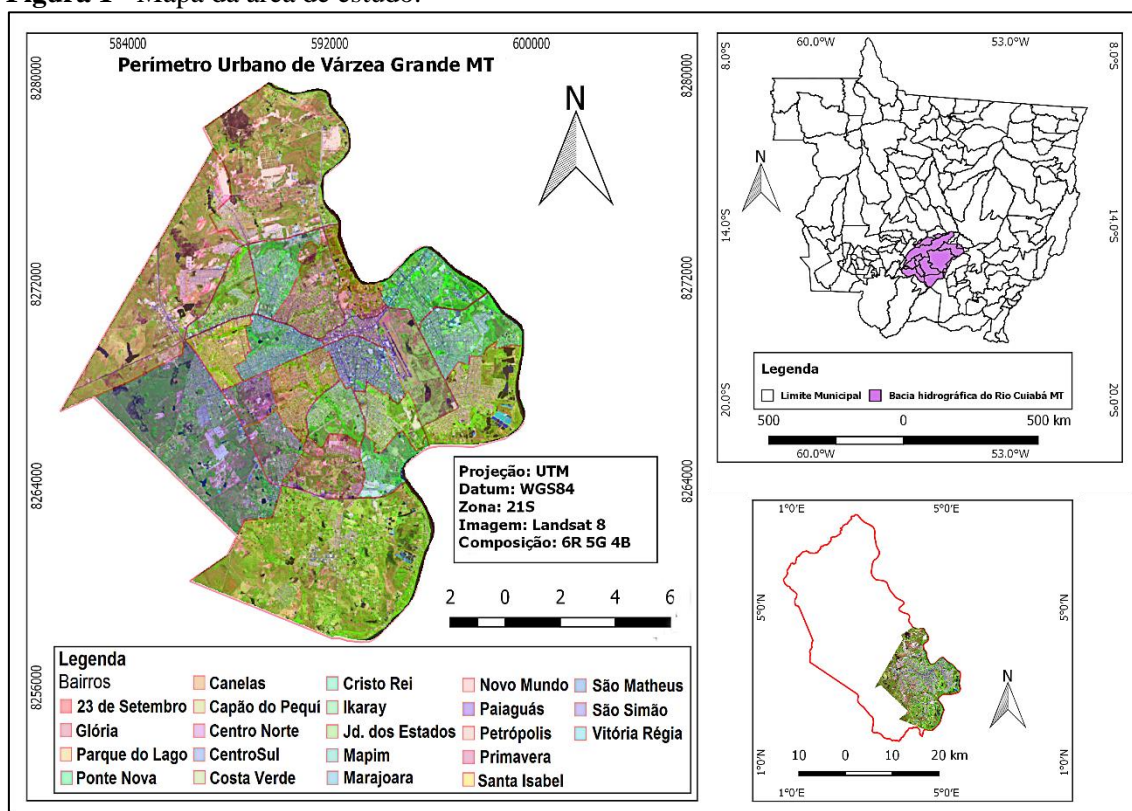
Faz parte dos 13 municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Cuiabá, esta, que se constitui por duas grandes formações naturais, definidas como planície do Pantanal e as áreas de planalto e serras circunvizinhas. (VITAL et al., 1996).

Segundo Maitelli (1994) e Fonseca (2008), no município, ocorre o clima tropical semiúmido, de frequentes elevações nas temperaturas, com média anual em torno dos 27° C, apresentando períodos mais quentes entre os meses de setembro a novembro (30 a 39°C), definido como estação seca, e períodos com de baixas temperaturas (18 a 22°C), registradas nos meses de junho a agosto. O período chuvoso na região, ocorre exclusivamente devido ao sistema de circulação atmosférica, com precipitação máxima

entre os meses de dezembro a abril, e nível de pluviosidade em torno de 1.300 mm ao ano.

De acordo com o censo 2016, do IBGE, Várzea Grande possui como área territorial 1.048 km², e sua população estimada é de 271.339 habitantes. Cerca de 2 % destes, estão situados em área rural e 98% em área urbana.

Figura 1 - Mapa da área de estudo.



Fonte: Santos, 2016.

2.3 Análise de campo para validação das classes temáticas

A validação das classes de uso e ocupação do solo, por meio da verificação do local de estudo, ocorreu entre os meses de julho a agosto de 2016, em 10 pontos amostrais, de acordo com as classes de uso e cobertura do solo apresentados pela tabela 1.

Tabela 1 - Pontos para validação das classes de uso e ocupação do solo.

Ponto	Descrição	Coordenadas	
		X	Y
P1	Área urbana – condomínio Pombal	593885	8269037
P2	Vegetação exótica – Bairro Pirineu	594407	8268147
P3	Área urbana – Pirineu	594562	8267842
P4	Vegetação arbórea – Pq. Tanque Fancho	593101	8267968
P5	Área urbana central - Terminal André Maggi	593097	8269580
P6	Vegetação arbórea – Pq. Bernardo Berneck	589407	8269752
P7	Água – Lagoa Pq. B. Berneck	589318	8269593
P8	Vegetação exótica arbustiva – Rodovia M. Andreazza	587875	8272154
P9	Solo exposto – Rodovia Andreazza	588020	8272659
P10	Solo exposto – Rodovia M. Andreazza	589003	8273558

O ponto P1 situa-se na região central do município, no bairro Jardim Aeroporto, dentro do condomínio Pombal, cobrindo uma área aproximada de 12 hectares. Este local é caracterizado pelo padrão de adensamento de prédios com aproximadamente quinze metros de altura, vegetação arbórea de predominância exótica do gênero *Ficus* sp. com cerca de três metros de altura e solo com cobertura pavimentada (Figura 2).

Figura 2 - Área urbana localizada dentro do condomínio Pombal no Bairro Jardim Aeroporto, Várzea Grande, MT.



Fonte: Coelho,2016.

O ponto P2 e ponto P3 estão localizados na Vila Pirineu, região sudeste do município de Várzea Grande, MT.

Próximo ao P2 há uma movimentação moderada de veículos, com poucas áreas construídas e existência de uma área de solo aberto, próximo à principal via de acesso da

região, que em determinado período do ano, ocorre o crescimento de vegetação arbustiva exótica, modificando a paisagem do local (Figura 3A).

O ponto P3 está localizado na área central do bairro e possui um aglomerado de construção civil (casa), solo impermeável e pouca movimentação de veículos. A vegetação do local, embora reduzida é do tipo arbórea, de aproximadamente 3 metros de altura, característico de região urbana (Figura 3B).

Figura 3 - Localização dos pontos P2 e P3 na Vila Pirinel.



Fonte: Coelho, 2016.

O ponto P4 está localizado no Parque Tanque do Fancho, próximo à prefeitura do município de Várzea Grande (Figura 4). Este Parque foi construído em uma Área de Proteção Ambiental (APA) e possui, aproximadamente, 5 hectares. Neste local há uma área de lazer, com pista de caminhada, equipamentos para exercícios físico, fragmento de

vegetação com dossel acima dos três metros de altura e vegetação arbustiva exótica (Diário de Cuiabá, 2010).

Figura 4 - Fragmento de vegetação arbórea no Parque Tanque do Fancho.



Fonte: Coelho, 2016.

O ponto P5 encontra-se próximo ao terminal André Maggi, no centro de Várzea Grande. Neste local, há uma grande movimentação de veículos e pedestres, número elevado de áreas construídas, solo pavimentado e pouca vegetação (Figura 5).

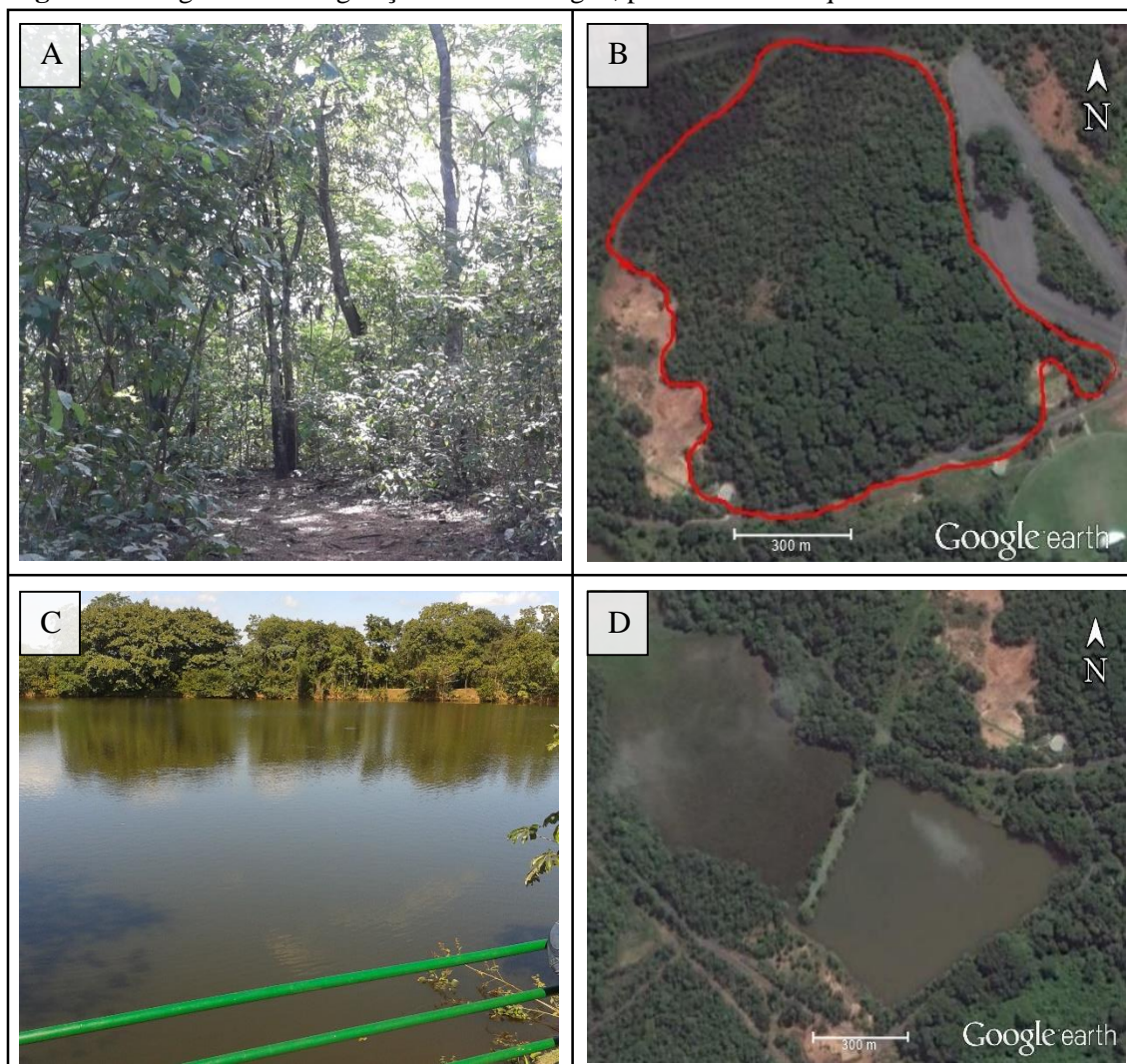
Figura 5 - Terminal André Maggi no centro do perímetro urbano.



Fonte: Coelho, 2016.

No Parque Bernardo Berneck de Várzea Grande foram selecionados dois pontos amostrais, devido ao seu tamanho de cerca de 27 hectares e vegetação densa, típica do Cerrado. Um ponto foi nomeado como P6, em um fragmento denso de mata fechada, apresentando como parte de sua fitofisionomia, árvores com dossel acima de cinco metros de altura (Figura 6 A-B). O outro ponto nomeado P7, refere-se a uma lagoa dentro do parque, com área aproximada de 35.000 m² (Figura 6 C-D).

Figura 6 - Fragmento de vegetação arbórea e lagoa, presentes no Parque B. Berneck.



Fonte: Coelho, 2016 / Google Earth, 2016.

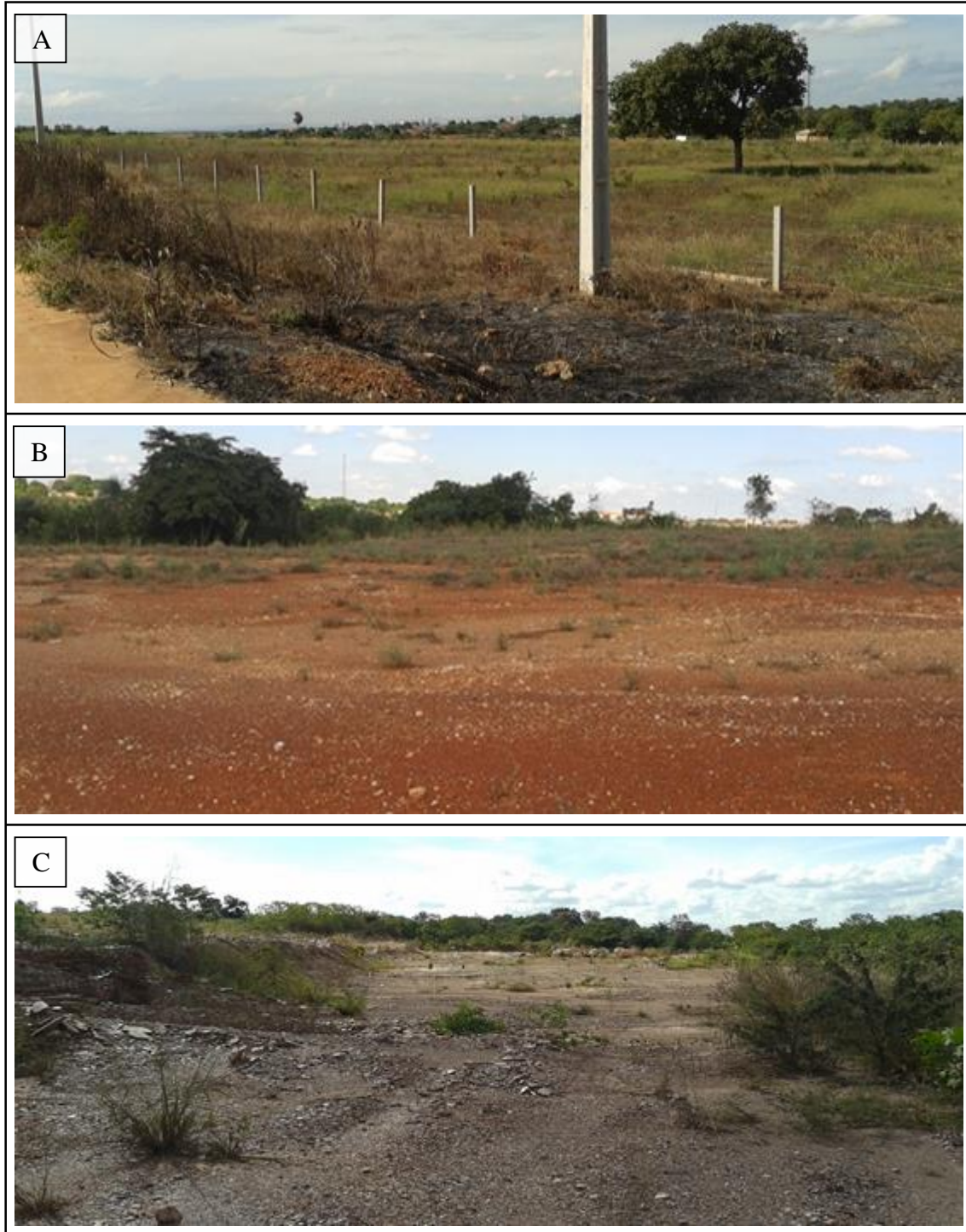
Os pontos P8, P9 e P10 estão localizados próximo da Rodovia Mário Andreazza, Várzea Grande, MT, em locais que apresentam diferenças relacionadas à fitofisionomia e composição do solo.

O ponto P8, apresenta vegetação herbácea arbustiva, característico de aspecto fisionômico de Campo sujo. Em período de estiagem, este tipo de fitofisionomia favorece a ocorrência de queimadas por ação antrópicas (Figura 7 A).

Já no ponto P9 o solo apresenta-se exposto, com parte de sua composição de característica argilosa e arenítica e com presença de vegetação exótica (Figura 7 B). Provavelmente ocorreu aterramento do solo neste ambiente, devido as características encontradas.

No ponto P10 o solo apresenta-se exposto, e circundada por vegetação em estágio sucessional secundário, contendo em sua composição geológica, argila e arenito, evidenciado pelo solo (Figura 7 C).

Figura 7 - Características dos pontos P8, P9 e P10 localizados próximo à Rodovia Mário Andreazza, Várzea Grande, MT.



Fonte: Coelho, 2016.

2.4 Aquisição e processamento de dados Raster

Foram adquiridas no site do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS), bandas espectrais e metadados do satélite Landsat-8, na órbita 226, cena 71, do dia 07 de agosto de 2015 com passagem programada às 13 h 45 min (UTC). Para processamento e tratamento das bandas, foi utilizado o sistema de informação geográfica “Quantum GIS 2.10”.

Para gerar o mapa de uso e ocupação do solo, foi utilizado a ferramenta de mesclagem de bandas, disponível na plataforma do programa, para composição da imagem multiespectral. Para isto foi utilizado as bandas espectrais Banda 6 - Infravermelho médio/SWIR 1 (1.57 - 1.65 μm), Banda 5 - Infravermelho próximo (0.85 - 0.88 μm) e Banda 4 - Visível vermelho (0.64 - 0.67 μm), do sensor OLI, ambas com resolução espacial de 30 metros.

Em seguida foi utilizada a técnica de classificação supervisionada, utilizando as seguintes amostras (Tabela 01): área urbanizada; vegetação; água; solo exposto. Tendo o algoritmo de Máxima Verossimilhança empregado para realização do processamento da imagem. Moreira (2011), menciona que nessa classificação são utilizados algoritmos para o reconhecimento dos padrões espectrais da imagem com base numa amostra de área de treinamento. Este processo fez-se necessário para comparar os dados das classes de uso e ocupação do solo com os dados de temperatura de superfície, realizados em seguida.

Para confecção do mapa de temperatura de superfície foi utilizada a banda 10 do sensor TIRS, que corresponde à faixa infravermelho termal de resolução espectral igual a 10.6 - 11.19 micrômetros, e resolução espacial de 100 metros, reamostrada pelo (USGS), para 30 metros por pixel, com propósito de coincidir com as bandas do sensor OLI.

Neste processo, foi realizada a conversão dos parâmetros fixos de níveis de cinza (NC) em radiância para refletância, seguida da conversão da temperatura Kelvin para Celsius, por meio das equações 1 e 2 (Tabela 2 e 3), elaboradas e cedidas pelo (USGS), para gerar o raster de temperatura da superfície em graus Celsius (Figura 8).

Equação 1:

$$L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL$$

Tabela 2 - Descrição de dados da equação 1 de conversão.

$L\lambda$	Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/ (m ² sr μm)
MI	Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04
AL	Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000
$Qcal$	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

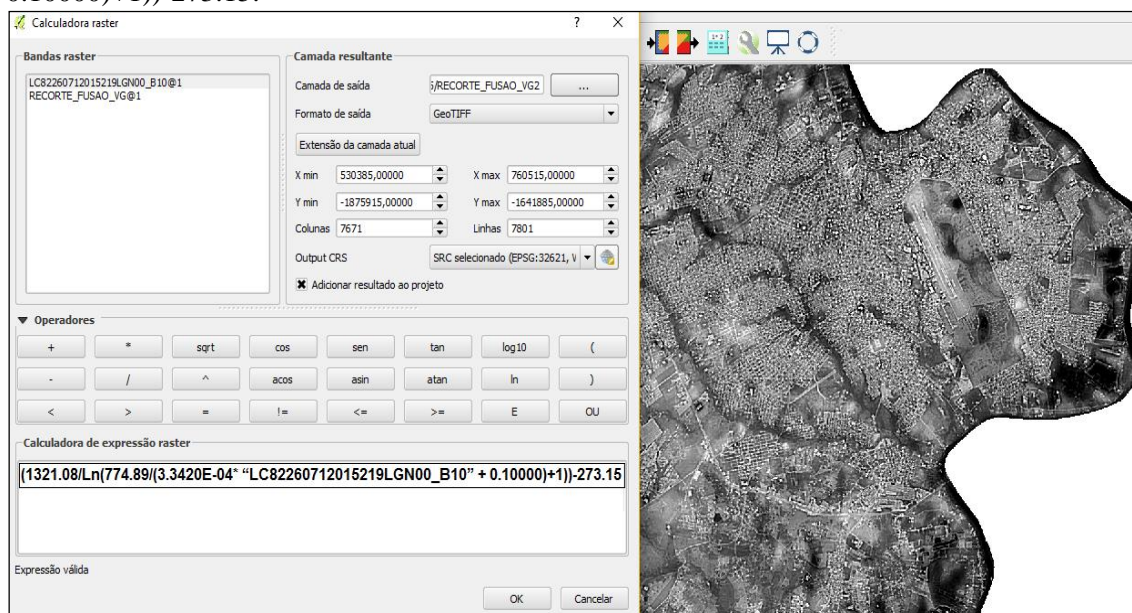
Equação 2:

$$T = \frac{k2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Tabela 3 - Descrição de dados da equação 2 de calibração.

T	Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)
$k2$	Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)
$k1$	Constante de calibração 1 = 774.89 (K)
$L\lambda$	Radiância espectral em Watts/ (m ² sr μm)

Figura 8 - Procedimento de conversão e calibração da banda 10, pelas equações 1 e 2. Fórmula completa utilizada na calculadora raster: (1321.08/Ln(774.89/(3.3420E-04* "banda10.tif" + 0.10000)+1))-273.15.



Fonte: Coelho, 2016.

Em seguida foi aplicado a técnica de fusão espectral “Gram-Schmidt” (ITT, 2009), para a Banda 10 corrigida, utilizando as ferramentas “superimpose sensor“ e “phansharpning (rcs)”, respectivamente. Esta técnica, opera sobre vetores objetivando torna-los ortogonais, utilizando a Banda 8 (0.50 - 0.68 μm - micrômetro), do sensor OLI

que possui resolução espacial de 15 m, e possibilita a geração de imagens com resolução espacial de 15 metros, consistindo, basicamente, em integrar a melhor resolução espacial da banda pancromática preservando o conteúdo e a cor da imagem.

Com a ferramenta de extração, foi realizada o recorte e delimitação da área de estudo, utilizando dados da base cartográfica no formato shapefile, cedidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Posteriormente, foi realizado a reclassificação da imagem de temperatura de superfície para ambas as imagens geradas (resolução de 30 e 15 m), utilizando o algoritmo “r.reclass” que cria uma nova imagem cujos valores são baseados em uma reclassificação das categorias em um mapa raster já existente. Este algoritmo permite a geração de imagens com intervalo de classes, para representar temperaturas em intervalos que variaram de 2°C.

E por fim, foi criado um transectos com a ferramenta “terrain profile”, para análise do perfil de temperatura nas avenidas Couto Magalhães e 31 de Março do município. Estas foram escolhidas por serem uma das principais avenidas da região, que proporcionam grandes movimentações de veículos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Uso e ocupação do solo

Ao comparar os resultados do presente trabalho, com os resultados apresentados por Callejas et al. (2011), a classificação de uso e ocupação do solo (Tabela 4 e Figura 9), apresentou um aumento considerável de 37,11% na classe de uso e ocupação “Vegetação”, seguida pelo “Solo exposto” que apresentou aumento de 0,40%. Já a classe “Urbanização” diminuiu 36,20%.

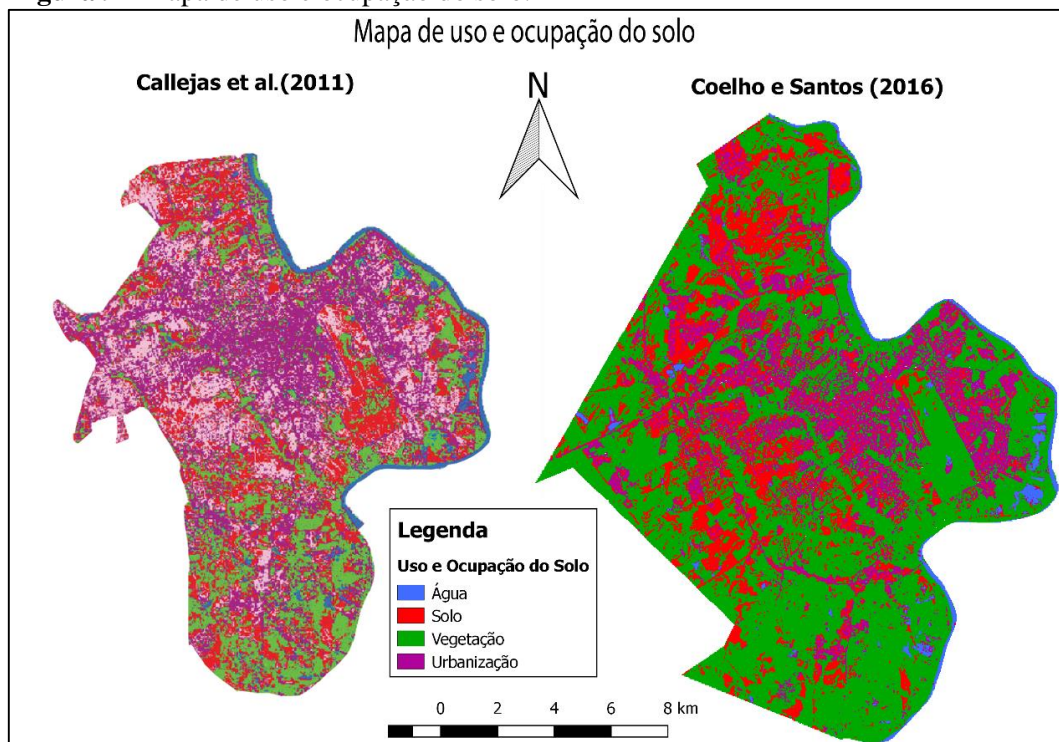
O aumento das classes em relação ao resultado apresentado por Callejas et al. (2011), está relacionado com a expansão do perímetro urbano do município, aprovado pela lei complementar 3.974/2013, que aumentou sua área municipal em cerca de 29.448Km² (22,16%).

A diminuição da classe urbanização também está relacionada ao evento de expansão, pois a expansão do perímetro urbano ocorreu na região noroeste do município, região está que não apresenta vestígios de urbanização.

Tabela 4 - Comparação entre as percentagens de uso e ocupação do solo.

Classe Temáticas	Callejas et al. (2011) 2007 (%)	2015 (%)	Dif. entre autores (%)
Água	4,46	2,04	-2,42
Solo exposto	20,37	20,77	0,40
Vegetação	20,94	58,05	37,11
Urbanização	54,23	18,03	-36,20

Figura 9 - Mapa de uso e ocupação do solo.



Fonte: Santos, 2016.

3.2 Processamento e fusão da banda 10 pela técnica “Gram-Schmidt”

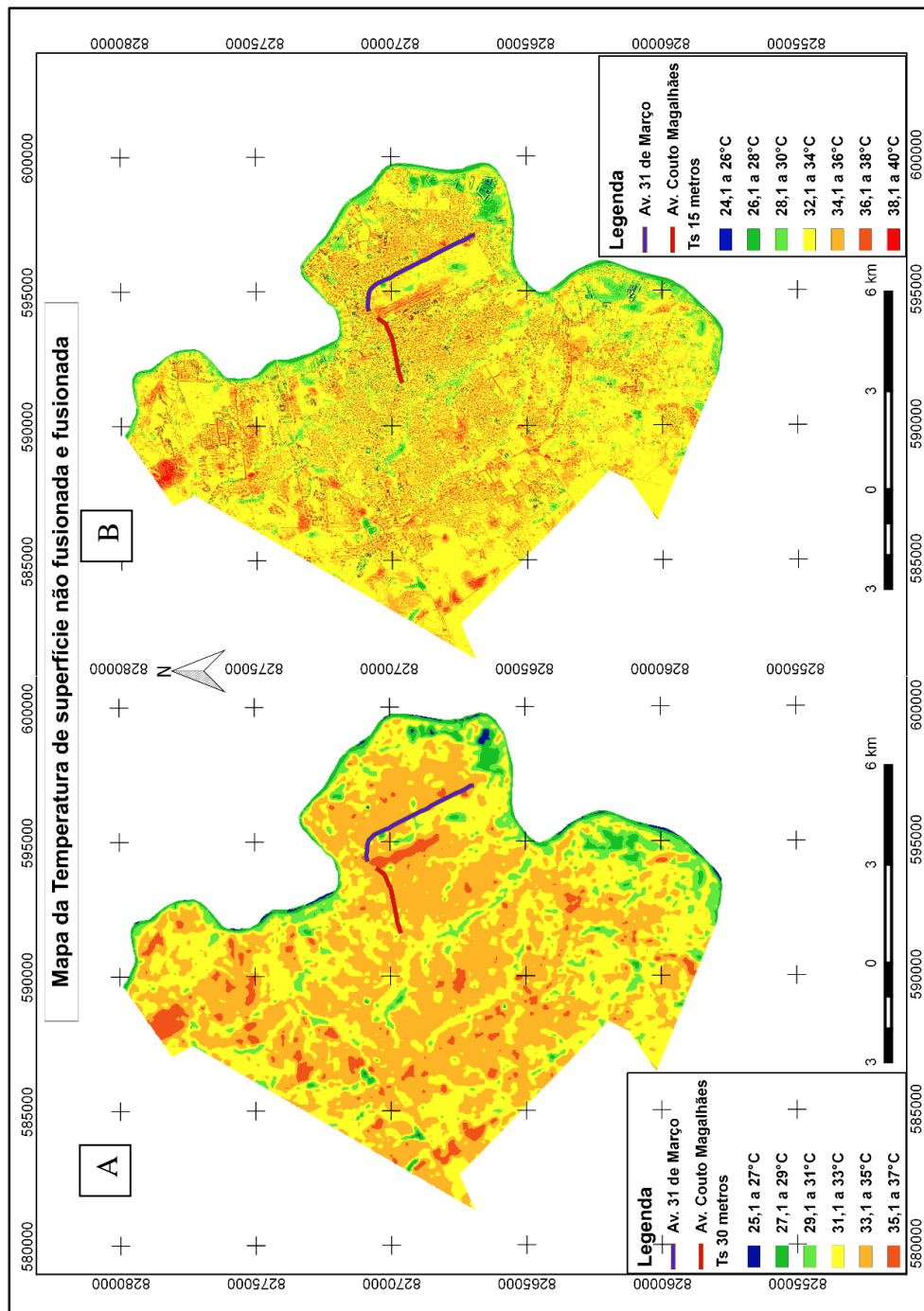
A figura 10 representa a espacialização das temperaturas de superfície, com resolução espacial de 30 metros e resolução espacial de 15 metros, provenientes da técnica de fusão, no perímetro urbano de Várzea Grande, do dia 07 de agosto de 2015.

Foi registrado neste dia, temperaturas entre 26,4°C (min) e 36,4°C (max) e umidade relativa de 53%, aferidos pela estação meteorológica convencional, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizado no município, nas coordenadas S 15°37' 12.28" O 56° 6'31.71".

Ao realizar a parametrização da temperatura média do ar (T_a) registrada pela estação meteorológica convencional do município de 30,6°C, com a temperatura média de superfície (T_s) registrada pelo sensor na localização da respectiva estação (32,6°C) foi

observado um gradiente térmico ($T_a - T_s$) de 2°C . Esta diferença foi amostrada por Weng (2003), que salienta que a temperatura média de superfície (T_s) apresenta, normalmente, valores mais elevados em relação à temperatura média do ar (T_a) o que já era esperado.

Figura 10 - Mapa da temperatura de superfície com transectos do perfil de temperatura nas avenidas Couto Magalhães e 31 de Março. A) Banda 10 infravermelho termal não-fusionada (T_s 30 m). B) Banda 10 infravermelho termal fusionada (T_s 15 m).



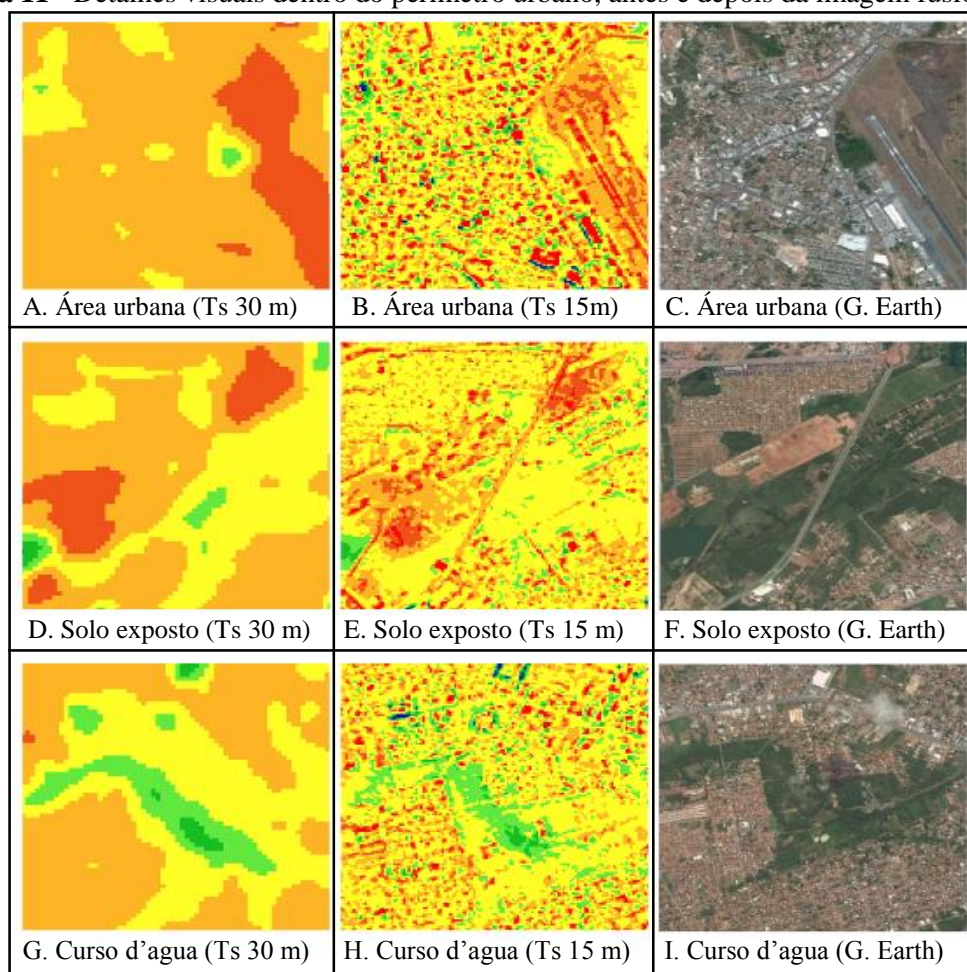
Fonte: Coelho, 2016.

A imagem com resolução de 30 metros (Ts 30 m), apresentou temperaturas que variaram de 25,1°C (Min) a 37°C (Max), enquanto que a imagem com resolução 15 metros (Ts 15 m), obteve temperatura mínima de 24,1°C e máxima de 40°C (Figura 9).

Verificou-se que pelo método “Gram-Shmidt” e reclassificação das imagens, um acréscimo de 3°C na temperatura. Este resultado indica que após o processo de fusão, a detecção da temperatura tende a aumentar sua sensibilidade, devido ao melhoramento na resolução dos pixels, que passa a contar com tamanho de 15 metros.

Após o processo de fusão, é possível notar com maior clareza a variação na temperatura de superfície do aglomerado urbano e vias de acesso (Figura 11 A, B e C), solo exposto (Figura 11 D, E e F), corpos d’água e vegetação dentro do perímetro urbano (Figura 11 G, H e I). Segundo Soares et al. (2015), esta técnica de fusão representa melhorias na definição e nitidez da imagem, que corrobora na identificação de alvos em áreas antropizadas.

Figura 11 - Detalhes visuais dentro do perímetro urbano, antes e depois da imagem fusionada.



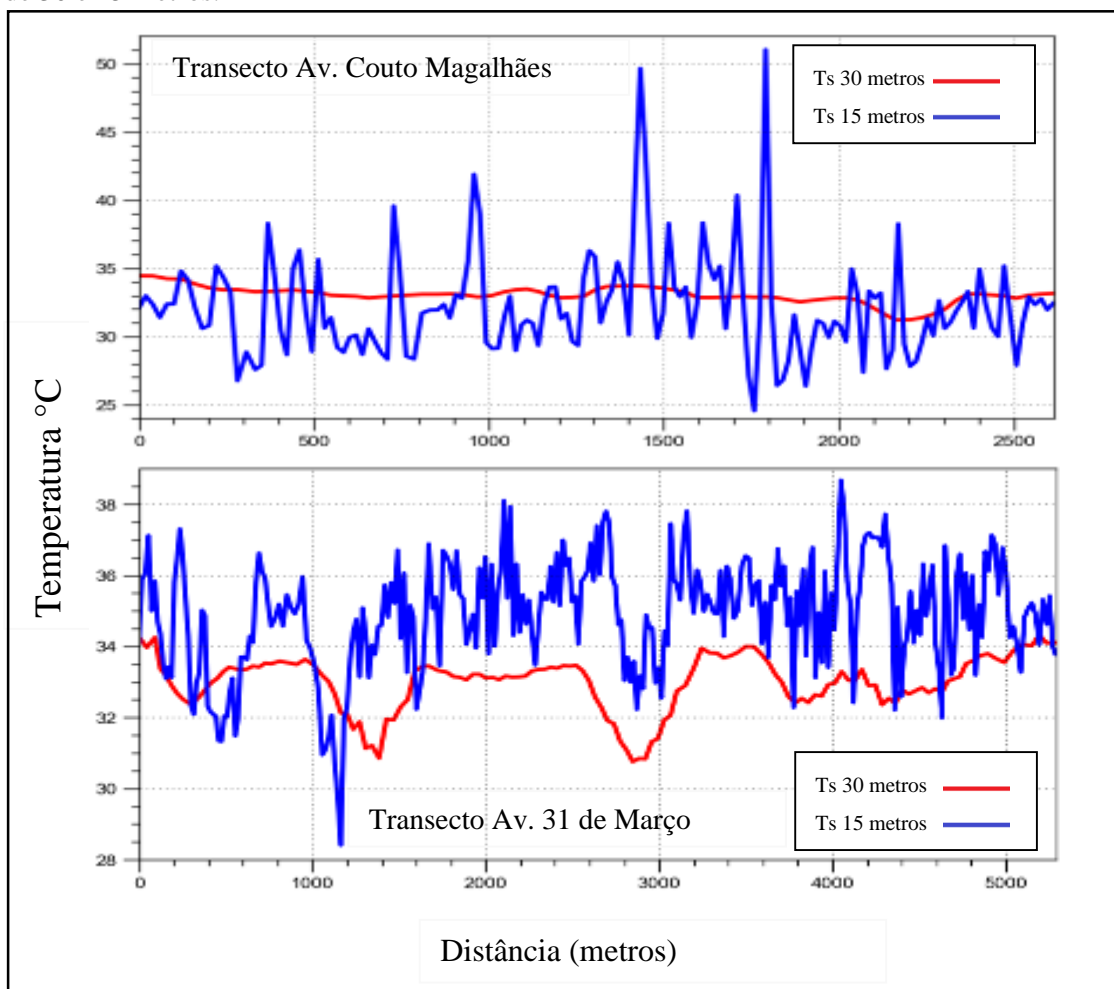
Fonte: Coelho, 2016.

3.3 Perfil da temperatura no perímetro urbano

A técnica de fusão permitiu evidenciar a temperatura de superfície de objetos muito distintos, como por exemplo: construções com telhado de zinco, amianto e barro; vias de acesso com pavimentação asfáltica e de solo exposto; e alvos naturais como vegetação e água.

Ao analisar os dois transectos (Figura 12), demarcados em duas vias de acesso com características distintas, ficou claro que a temperatura de superfície variou de acordo com a resolução espacial da imagem, e que a Ts é mais elevada no transecto que corta a região central do município (Avenida Couto Magalhães), onde possui alto adensamento populacional, se comparado com o transecto que margeia a área do Aeroporto Internacional de Várzea Grande (Avenida 31 de Março).

Figura 12 - Variação na Ts em transectos com características distintas nas resoluções espaciais de 30 e 15 metros.



Fonte: Santos, 2016.

Os maiores picos de temperatura foram de 51°C, (Avenida Couto Magalhães) e 38,6°C (Avenida 31 de Março), já as menores temperaturas foram de 24°C (Avenida Couto Magalhães) e 28,5°C (Avenida 31 de Março). Esta variação entre transectos com características distintas é explicada por Nasarudin (2011), que afirma que, em áreas com grande adensamento construtivo, os materiais influenciam na formação de ilhas de calor urbana, como por exemplo a telha metálica de zinco, aço ou alumínio. De forma geral estas apresentam alta reflectância, possibilitando o aumento da temperatura, já os materiais à base de cimento, são difíceis de discriminar, por apresentar espectros relativamente uniformes, que aumentam suas reflectâncias conforme aumenta o comprimento de onda, sendo segundo Bowker et al. (1985), um comportamento típico deste material em ambientes urbanos.

Outro fator relevante identificado no transecto localizado na avenida Couto Magalhães é a falta de vegetação, que por sua vez, altera a partição dos fluxos de energia na superfície, reduzindo a evaporação do solo e o fluxo de calor latente e, conseqüentemente, aumentando o fluxo de calor no local (PENG et al., 2012).

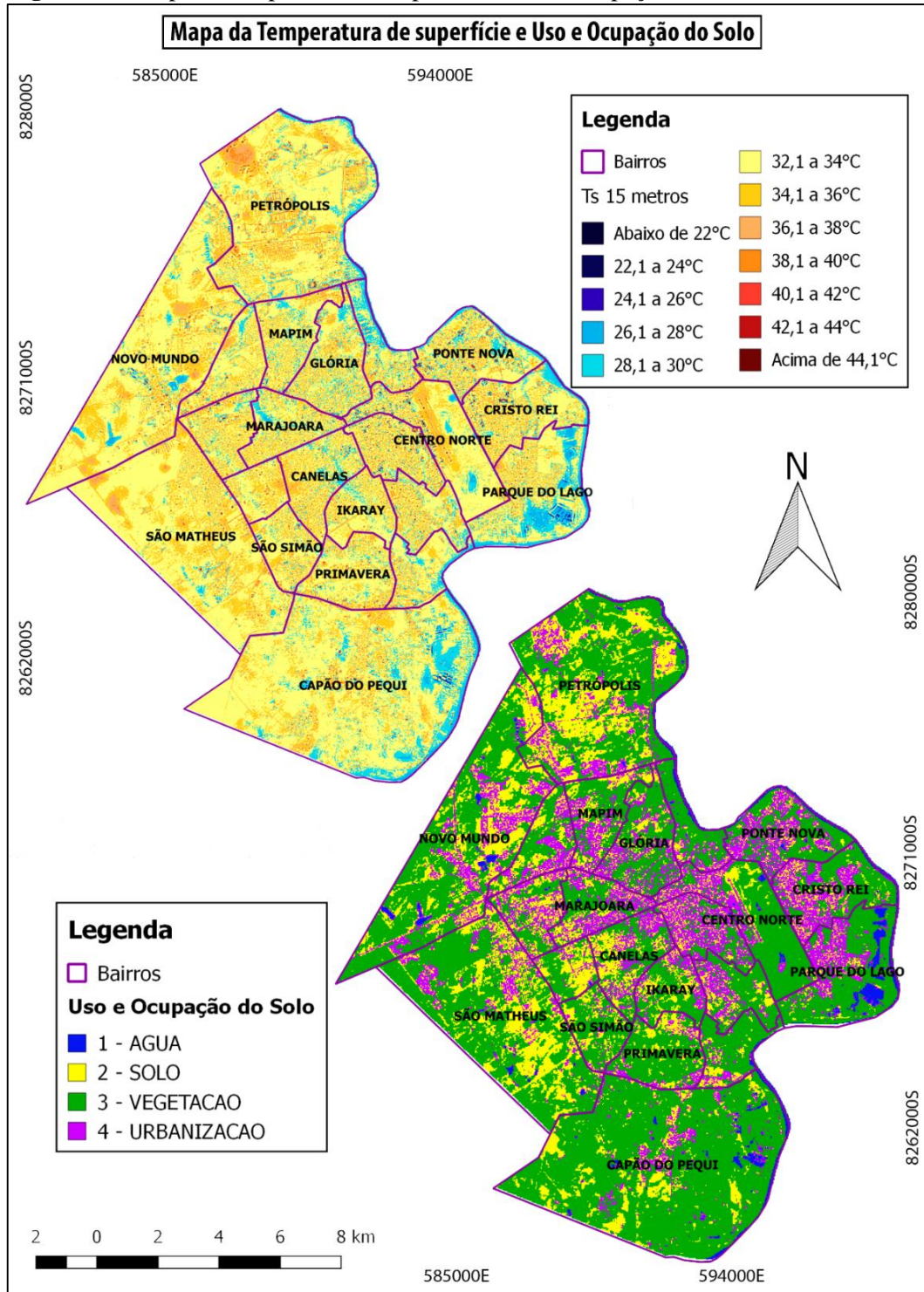
Já os alvos naturais como a vegetação (Transecto Av. 31 de março) mostram absorção associada à presença dos pigmentos foliares (clorofila), que para Almeida et al. (2015), as áreas com a maior presença de vegetação, possuem valores elevados de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que favorecem a diminuição da T_s , em decorrência da baixa incidência de radiação solar chegada à superfície.

A água também atua como fator de amenização da T_s , Santos (2009), ao observar o fluxo de calor no solo verificou valores menores nas áreas mais úmidas como corpos hídricos e alagados, e valores maiores nas áreas urbanas. Nas áreas desprovidas de vegetação, com a presença de água, a temperatura aparentemente é menor, pois os corpos de água funcionam como estabilizadores térmicos, resfriando o ar durante o dia e irradiando calor durante a noite, diminuindo a amplitude térmica.

3.4 Comparação da temperatura de superfície com uso e ocupação do solo

A figura 13 apresenta a espacialização das temperaturas de superfície no perímetro urbano de Várzea Grande, correlacionada com o mapa de uso e ocupação do solo referente ao dia 07 de agosto de 2015. Como dito anteriormente a temperatura para o dia, variou de 26,4° C a 36,4°C (INMET, 2015).

Figura 13 - Mapa de temperatura de superfície e uso e ocupação do solo.



Fonte: Santos, 2016.

Ressalta-se que os valores de temperatura obtidos, se referem à superfície dos materiais de superfície, e por isso, estes não são coincidentes com os valores de temperatura do ar, levantados pelo termômetro da estação meteorológica do município.

Neste sentido, as características da temperatura superficial na cidade de Várzea Grande, obtidas a partir da banda 10 do satélite Landsat-8 para a data do presente estudo, podem ser visualizados na Tabela 5.

Observa-se que as Ts mínima e máxima para o dia 7 de agosto de 2015, foram de 22,06°C e 43,58°C respectivamente. Se comparar com as temperaturas aferidas por Callejas et al. (2011), obtidas pela banda 6 do satélite Landsat-5, a temperatura foi maior tendo como valor de diferença para temperatura mínima de 1,35°C e máxima de 2,12°C.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas - temperatura superficial para os anos de 2007 e 2015.

Estatística	Ts (°C) 2007 Callejas	Ts (°C) 2015	Dif. entre Temp. (°C)
Mínimo	20,71	22,06	1,35
Máximo	41,46	43,58	2,12
Média	31,68	32,37	0,69
Desvio padrão	2,93	2,64	-0,29

É possível observar na figura 13 que as temperaturas variaram entre as escalas de 22,01 a 44 °C em regiões distintas do aglomerado urbano, o que corrobora com o estudo a partir da espacialização dos dados de temperatura de superfície para o perímetro urbano do município de Várzea Grande, em relação ao dia 07 de agosto de 2015.

Assim, as áreas que apresentaram os maiores valores de temperatura de superfície, ficaram no intervalo de classe entre 36,1 °C a 40°C, especificamente nos locais com área restrita, onde se encontram os solos expostos (tom amarelo) nas regiões norte e noroeste.

Já a classe urbanização (tom roxo) apresentou Ts que variou entorno de 32,1 a 38°C nas áreas com menos adensamento populacional e valores elevados de 40 a acima de 40,01°C nas regiões centrais, com adensamento populacional mais elevado. Oke (1979), explica que as ilhas de calor, encontradas nos grandes centros, perfilam-se em conjunção com os locais da cidade com maior atividade antrópica, normalmente o centro, que se caracteriza por ser mais quente que os bairros residenciais e periféricos. Esse comportamento foi nomeado de “Perfil Clássico das Ilhas de Calor”.

Para Coltri (2006), uma das prováveis explicações para o fenômeno Ilha de calor, é o fato de que o centro da cidade tem maior densidade populacional e construtiva e, também, vegetação escassa, diferente do que acontece nas extremidades das cidades, onde há uma inversão dos índices.

A vegetação (tom verde) apresentou variação de temperatura entre 28,1°C a 38°C. Essa variação está associada aos diferentes tipos de vegetação escolhida para o processo de classificação de uso e ocupação do solo (vegetação nativa e vegetação exótica). A

vegetação nativa (Cerrado e matas de galeria) apresentaram valores de temperatura mais amena (28,01°C).

Segundo Costa (2003), áreas com vegetação nativa apresentam grandes dosséis, que possuem absorção solar elevada (aproximadamente 80%) e grande parte da radiação incidente nelas é utilizada para a evapotranspiração, resultando na redução da temperatura do ar e no aumento da umidade ao redor, que mantém consequentemente temperaturas moderadas.

Já a vegetação exótica, apresentou temperaturas mais elevadas (38° C), por existir uma distribuição rasteira e espaçada nesses locais, que consequentemente permite a absorção dos raios eletromagnéticos pelo solo, elevando a temperatura.

Angeline et al. (2015), identificaram que a vegetação rasteira apresenta maiores valores de temperatura da superfície que da vegetação densa, variando de 22,1 a 23,8°C, respectivamente.

A água (tom azul) apresentou temperaturas que variaram abaixo de 22°C até 28°C. Callejas et al. (2011), aferiu a Ts na mesma área de estudo e obteve os valores entre 21,75°C e 27°C.

A tabela a seguir, mostra a média de temperatura de superfície das classes de uso e ocupação do solo, comparado com os resultados aferidos por Callejas et al. (2011).

Tabela 6 - Média da temperatura de superfície das classes de uso e ocupação do solo.

Uso e ocupação do solo	Média da Ts (°C) 2007 Callejas et al. (2011) Desv. Pad. (*)	Média da Ts (°C) 2015 / Desv. Pad. (*)	Diferença entre as médias (°C)
Água	25,31± 3,15	27,74± 0,79*	2,43
Solo exposto	33,00± 2,22	34,10± 0,52	1,1
Vegetação	29,96± 2,37	29,78± 0,77	0,18
Urbanização	32,11± 2,13	36,29± 0,52	4,18

Ao verificar os dados obtidos sob a média da temperatura superficial, para classe temática representada pela água é possível notar um aumento de 2,43°C, se comparados aos resultados descritos por Callejas et al. (2011).

Já a média de Ts de solo expostos, obteve um valor de 34,10°C, enquanto que para Callejas et al. (2011), esta mesma classe obteve um valor de 33°C.

A vegetação foi a classe que obteve menores diferenças na Ts, com média de 29,78°C para o estudo atual, seguindo de 29,96°C para o resultado de Callejas et al. (2011).

E por último, a classe urbanização, registrou a maior diferença na Ts (4,18°C), com média de 36,29°C para o presente estudo, seguido de 32,11°C para Callejas et al. (2011).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da técnica de fusão de imagens apresentou resultados satisfatórios, tanto na resolução espacial, quanto na identificação de temperaturas elevadas em aglomerados urbanos, com elevado grau de urbanização (Região central do município). Estes resultados permitem diferenciar o tipo de material e associar a temperatura de superfície com o albedo.

A comparação entre as imagens, demonstrou que o uso da técnica de fusão realizada na banda 10 do Landsat-8, apresenta melhorias na resolução espacial, contribuindo na espacialização e identificação do clima em aglomerados urbanos e diferenciação de objetos da superfície terrestre. Este resultado mostra a importância da aplicação desta técnica na integração de estudos relacionados a questões climáticas.

O estudo também mostra que a vegetação nativa com presença de água exerce um papel fundamental para o clima, diminuindo o fenômeno de ilha de calor no aglomerado urbano, tendo como diferença de temperatura 6,1°C.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. J. P. et al. Relação entre o índice de vegetação e a temperatura de superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2015. p. 2047 - 2054.
- ANGELINI, L. P. et al. Relação entre albedo e temperatura da superfície estimados por sensoriamento remoto na área urbana de Cuiabá, Mato Grosso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2015, p. 1892 - 1898
- ASSIS, E. S. Estudo integrado da ilha de calor em áreas urbanas e sua contribuição ao planejamento: o caso de Belo Horizonte, MG. *Revista Fórum Patrimônio*, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 69 - 83, 2011.
- BOWKER, D. E. et al. *Spectral reflectances of natural targets for use in remote sensing studies reference*. Virginia: National Aeronautics and Space Administration (NASA), 1985. 188 p. (Publication 1139).
- BRASIL. *Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento*. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510840&search=matogrosso|varzea-grande> . Acesso em: 29 abril 2016.
- CALLEJAS, I. J. A. et al. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana. *Revista de Geografia da UFC*, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 207 - 223, 2011.
- COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. *Revista Geográfica Acadêmica*, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 31 - 45, 2013.
- COLTRI, P. P. *Influência do uso do solo na intensidade das ilhas de calor no município de Piracicaba, São Paulo: análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto*. 2006. 167 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2006.
- COSTA, A. D. L. *Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos: uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN*. 2003. 183 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2003.
- DIÁRIO DE CUIABÁ. *Várzea Grande inaugura o Parque Ecológico Tanque do Fancho*. 2010. Disponível em: <http://www.diariodecuiaba.com.br/detalhe.php?cod=370298>. Acesso em: 29 maio 2016.
- FONSECA, M. *Análise harmônica do regime de precipitação em duas localidades da Baixada Cuiabana*. 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censos demográficos 2015*. Várzea Grande: IBGE, 2015. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510840&search=matogrosso|varzea-grande> . Acesso em: 29 abril 2016.
- ITT. Visual Information Solutions. *ENVI Reference: guide*. Boulder: IDL, 2009. 610 p.

- JENSEN, J. R. *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*, São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.
- LIMA, D.; PEREIRA, G. K.; RIBEIRO, S. R. A. Comparação entre os métodos de fusão IHS, principal componente e gram-schmidt aplicados à imagem do satélite Landsat 8 sensor OLI. In: SEMANA DE GEOGRAFIA, 12., 2015, Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: UEPF, v. 1 n. 1, p. 112 - 116.
- LIMA, E. P. *Estimativa da evapotranspiração e do balanço hídrico a partir de imagens de satélite de duas sub-bacias do Paracatu*. 2010. 161 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010.
- LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985. 244 p.
- MAITELLI, G. T. *Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT*. 1994. 200 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994.
- MARENCO, J. *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade*. Brasília: IBAMA, 2006. 201 p. (Biodiversidade 26).
- MENDONÇA, F. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região sul do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, Paraná, v. 2, p. 71 - 86, 2006.
- MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicações*. 4 ed. Viçosa: UFV, 2011. 422 p.
- NASARUDIN, N. E. M.; SHAFRI, H. Z. M. Development and utilization of urban spectral library for remote sensing of urban environment. *Journal of Urban and Environmental Engineering*. Selangor, v. 5, n. 1, p. 44 - 56, 2011.
- NICHOL, J. E. High-Resolution surface temperature patterns related to urban morphology in a tropical city: a satellite-based study. *Journal of Applied Meteorology*, Nanyang, v. 35, p. 135 - 146, 1996.
- OKE, T. R. *Review of urban climatology: 1973 - 1976*. Geneva: WMO, 197. (Technical Note n: 169).
- PENG, S. et al. Surface urban heat island across 419 Global big cities. *Environmental Science & Technology*, Beijing, v. 46, p. 696 - 703, 2012.
- PIRES, E. G.; FERREIRA, L. G. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2015. p. 7421 - 7428.
- SANTOS, F. M. M. Clima urbano de Cuiabá-MT-Brasil: ocupação do solo e suas influências. *Revista Monografias Ambientais - REMOA*, Santa Maria, v. 12, n. 12, p. 2749 - 2763, ago. 2013.
- SANTOS, T. V. *Fluxos de calor na superfície e evapotranspiração diária em áreas agrícolas e de vegetação nativa na bacia do Jacuí por meio de imagens orbitais*. 2009. 85 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2009.

SENA, F. T. N.; SANTIAGO, B. J.; LEITE, A. C. S. Uso do geoprocessamento como subsídio à análise ambiental: imagem SRMT na geração dos mapas hipsométrico e de declividade das bacias difusas da barragem boa esperança no estado do Piauí. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 4., 2012, Recife. *Anais...* Piauí: IFPI, 2012. p. 02 - 05.

SERVIÇO DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO AMERICANO (USGS). *Missões Landsat: Landsat 8*. Washington, U.S. Geological Survey. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php> Acesso em: 12 jan. 2016.

SILVA, J. X. Geoprocessamento e análise ambiental. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3, p. 47- 61, 1992.

SOARES, R. B. et al. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ OLI. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2015. p. 4836 - 4843.

VÁRZEA GRANDE. *Lei complementar nº 3974/2013, de 20 de dezembro de 2013*. Dispõe sobre a delimitação do perímetro urbano do município de Várzea Grande.

Disponível em: <http://www.varzeagrande.mt.gov.br/storage/Arquivos/c0e3a4205743764a22ee27f57ef3c0bb.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2016.

VITAL, A. R. et al. *Projeto de recuperação e conservação da bacia do Rio Cuiabá*, FEMAMT. Cuiabá: EMBRAPA, 1996. 66 p.

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

WENG, Q. Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Bethesda, v. 69, n. 5, p. 555 - 566, 2003.