



Imagens orbitais e termografia infravermelho na avaliação da temperatura de superfície em diferentes usos e cobertura do solo na floresta nacional do Tapajós e seu entorno- PA

Leonardo Sousa dos Santos¹, Lucieta Guerreiro Martorano², Sarah Suely Alves Batalha³, Altem Nascimento Pontes⁴, Orleno Marques da Silva⁵, Orlando dos Santos Watrin⁶, Carlos Benedito Barreiros Gutierrez

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Brasil. Autor correspondente e-mail: leonardocbmpa@yahoo.com.br. ²Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Amazônia Oriental, Brasil. e-mail: lucieta.martorano@embrapa.br. ³Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Brasil. e-mail: ssa.batalha@gmail.com. ⁴Professor e Pesquisador do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Brasil. e-mail: altempontes@hotmail.com. ⁵Doutorando Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. e-mail: orleno@ppe.ufrj.br. Dr. Geografia. Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental Embrapa Amazônia Oriental (EMBRAPA). e-mail: orlando.watrin@embrapa.br. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. Autor correspondente: E-mail: cbbg@ig.com.br.

Artigo recebido em 16/05/2016 e aceito em 01/08/2016

RESUMO

A Temperatura da Superfície Terrestre (TST), além de ser uma componente importante no balanço de energia na superfície, modula a temperatura do ar nas camadas mais baixas da atmosfera. O objetivo do presente trabalho foi analisar a variação da temperatura de superfície em Diferentes Usos e Cobertura do Solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno. Utilizou-se sensores “Thermal Infrared Sensor” dos satélites Landsat 5 e 8 através dos “softwares” PCI Geomatica 2015 e o QGis 2.8. Fez-se campanha de campo para obtenção de imagens termográficas no infravermelho (câmera ThermoVision, modelo A320). Os resultados apontaram maior variabilidade espacial de TST em função da heterogeneidade do uso da terra como a agricultura anual, pecuária extensiva, dentre outros. Os resultados evidenciaram uma amplitude térmica de 13°C na FNT+ZA. Em área de Floretas, vegetação secundária, pasto, agricultura anual as maiores variações térmicas (TST) chegaram a valores de 25°C, 26°C, 35°C e 33°C, respectivamente. A amplitude térmica na FNT foi de 5°C e na Zona de Amortecimento de 20°, indicando perdas na cobertura vegetal, principalmente na porção nordeste da ZA. Nas áreas de proteção legal a variação de TST foi entre 19°C a 29°C. Conclui-se que na FLONA Tapajós a manutenção da cobertura florestal reduz as amplitudes térmicas. Por outro lado, as extensas áreas com pastagens e cultivos anuais na porção nordeste da FLONA apresentam as maiores variações espaciais da TST na Zona de Amortecimento que podem comprometer o microclima na FNT+ZA.

Palavras Chaves: Sensoriamento Remoto, Landsat, Correção Atmosférica, variação de temperatura,

Orbital images and infrared thermography to assess surface temperature in different soil uses and covers in the Tapajós national forest and its surroundings

ABSTRACT

Earth Surface Temperature (EST), besides being an important component in the surface energy balance, modulates air temperature in the lower layers of the atmosphere. The present study aimed to analyze the variation in surface temperature in different land uses and covers in the Tapajós National Forest (TNF) and its surroundings. The thermal infrared sensor of satellites Landsat 5 and 8 and the software's PCI Geomatica 2015 and QGis 2.8 were used. A field campaign was carried out to obtain thermographic infrared images (ThermoVision A320 camera). The results indicated greater spatial variability

1234

in EST as a function of land use heterogeneity, such as annual agriculture and extensive livestock farming, among others. The results showed thermal amplitude of 13 °C in the TNF and surrounding areas. In areas covered with forest, secondary vegetation, pasture, and annual agriculture, the greatest variations in EST reached 25 °C, 26 °C, 35 °C, and 33 °C, respectively. The thermal amplitude was 5 °C in the TNF and 20 °C in the surrounding areas, which indicates plant cover loss, particularly in the northeast portion of the damping zone. In the legal protection areas, EST varied by 19 °C to 29 °C. It is concluded that maintaining forest cover in the TNF reduces thermal amplitudes. On the other hand, the vast areas covered with pastures and annual crops in the northeast portion of the TNF have greater spatial variations in EST in the damping zone that may compromise the microclimate in the TNF and its surroundings.

Keywords: Remote sensing, Landsat, Atmospheric correction, Variation in EST.

Introdução

Anomalias e variações no padrão térmico de condições atmosféricas e da superfície terrestre (TST) influenciam nas interações do sistema solo-planta-atmosfera. Em períodos prolongados de escassez de chuva, observa-se que a deficiência hídrica no solo é a variável que aponta respostas na expressão do potencial de desenvolvimento de espécie nativa da Amazônia (TOURNE et al., 2016), região tipicamente quente do globo terrestre. Elevadas temperatura do ar associada à redução de eventos pluviais promovem efeitos no abastecimento de lagos e reservatórios, bem como ao suporte hídrico aos lençóis freáticos (Bayarjargal et al., 2006).

Neste contexto, as mudanças no uso e cobertura do solo, como a expansão de áreas urbanas decorrente de edificações, pavimentações e redução de áreas vegetadas, também provocam maiores fluidez da TST (Leite, 201; Pereira et al., 2012; Rocan et al., 2013)

De acordo com Sausen e Lacruz (2015), aumentos na temperatura ainda podem promover reduções na umidade relativa do ar, intensificar os riscos a queimadas florestais e aumento de ilhas de calor em áreas urbanas. Segundo Pereira et al. (2012) em geral os estudos e análises dos efeitos das temperaturas na paisagem são limitados pelas dificuldades de obtenção de séries temporais longas e homogêneas, principalmente na região Amazônica, onde normalmente esses dados são escassos e limitados.

Moura (2014) compara a ausência de séries temporais longas e homogêneas como um deserto, ressaltando para a necessidade de se trabalhar com dados pontuais e, a partir destes propor generalizações espaciais.

Silvia e Zaida (2004) destacam a obtenção de séries temporais da superfície usando técnicas de sensoriamento remoto para gerar sínteses e caracterização espaciais de um determinado ambiente. De acordo com Novo (2008), o sensoriamento remoto fornece dados repetitivos e

consistentes de diferentes alvos da superfície terrestre, mas, existem também desvantagens. Ou seja, são necessários processamentos para eliminar ruídos nas séries temporais, além da necessidade de validar com informações de campo (Costa et al., 2013).

Diante disso, o sensoriamento remoto se destaca como uma ferramenta de importância singular em vários estudos sobre a superfície da Terra, como por exemplo, analisar a variação da TST em anos de anomalias de temperatura que provocam a redução das chuvas com prejuízos ambientais (Leite, 2011; Coelho e Correa, 2013;).

A análise de TST através de dados de sensoriamento remoto pode ser obtida através de imagens de sensores orbitais como os do satélite Landsat (QIN et al., 2001). As características da TST podem ser inferidas da medida da radiação solar refletida pela faixa do infravermelho termal do espectro eletromagnético no comprimento de onda de 8 µm a 14µm do satélite Landsat (Steinke et al., 2010).

Neste sentido, as TST obtidas a partir de dados orbitais podem subsidiar diversos estudos, como por exemplo, as avaliações de alvos com diferentes respostas térmicas decorrente de padrões de usos e coberturas do solo, em uma determinada área de interesse (Muniz, 2014; Fritzsons e Wrege, 2015; Pavão et. al., 2015; Amorim et. al., 2015).

Portanto, o objetivo neste trabalho foi identificar padrões térmicos usando dados de temperatura da superfície terrestre (TST) e de termografia infravermelho em respostas ao uso e a cobertura do solo, na FLONA Tapajós (FNT) e seu entorno.

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo corresponde a Floresta Nacional do Tapajós (FNT) com 5.273,69 km² e Área de Interesse (AI) com 9.503,08 km², totalizando 14.776,77 km². A FNT é uma unidade de conservação de Uso Sustentável criada pelo

Decreto nº 73.684 de 19 fevereiro de 1974 e a AI corresponde a zona de amortecimento que consta no plano de manejo da unidade, esta tem um raio de 10 km mais 20 km de entorno, totalizando uma faixa de 9449,00 km².

A FNT+AI estão localizadas no Estado do Pará, entre os paralelos 2° 28' 52,25'' e 4° 23' 1,09'' de latitude sul e entre os meridianos de 54° 31' 35,62'' e 55° 40' 48,41'' de longitude oeste. Na Figura 1 fez-se a identificação da FNT e AI para evidenciar que a área de interesse corresponde ao triplo da área considerada como Zona de Amortecimento (ZA), que servem como uma Zona Tampão, que são estabelecidas por lei ao redor de unidades de conservação para filtrar os impactos negativos de forçantes como: ruídos, poluição, espécies invasoras e atenuação de pressão antrópica.

A Flona Tapajós (FNT) que está sob a jurisdição do Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio), pertence ao sistema nacional de áreas protegidas, sendo uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável (UCS) que possui diferentes formas de pressão em seu entorno.

Limita-se, ao norte com o km 50 da rodovia Cuiabá–Santarém (BR-163); ao sul, com a Rodovia Transamazônica e os rios Cupari e Cuparitinga ou Santa Cruz; a leste, com a rodovia BR-163; e a oeste com o rio Tapajós (CORDEIRO, 2004). Santarém, Alter do Chão, Aveiro, Belterra e Rurópolis são os principais núcleos urbanos no entorno da FLONA Tapajós.

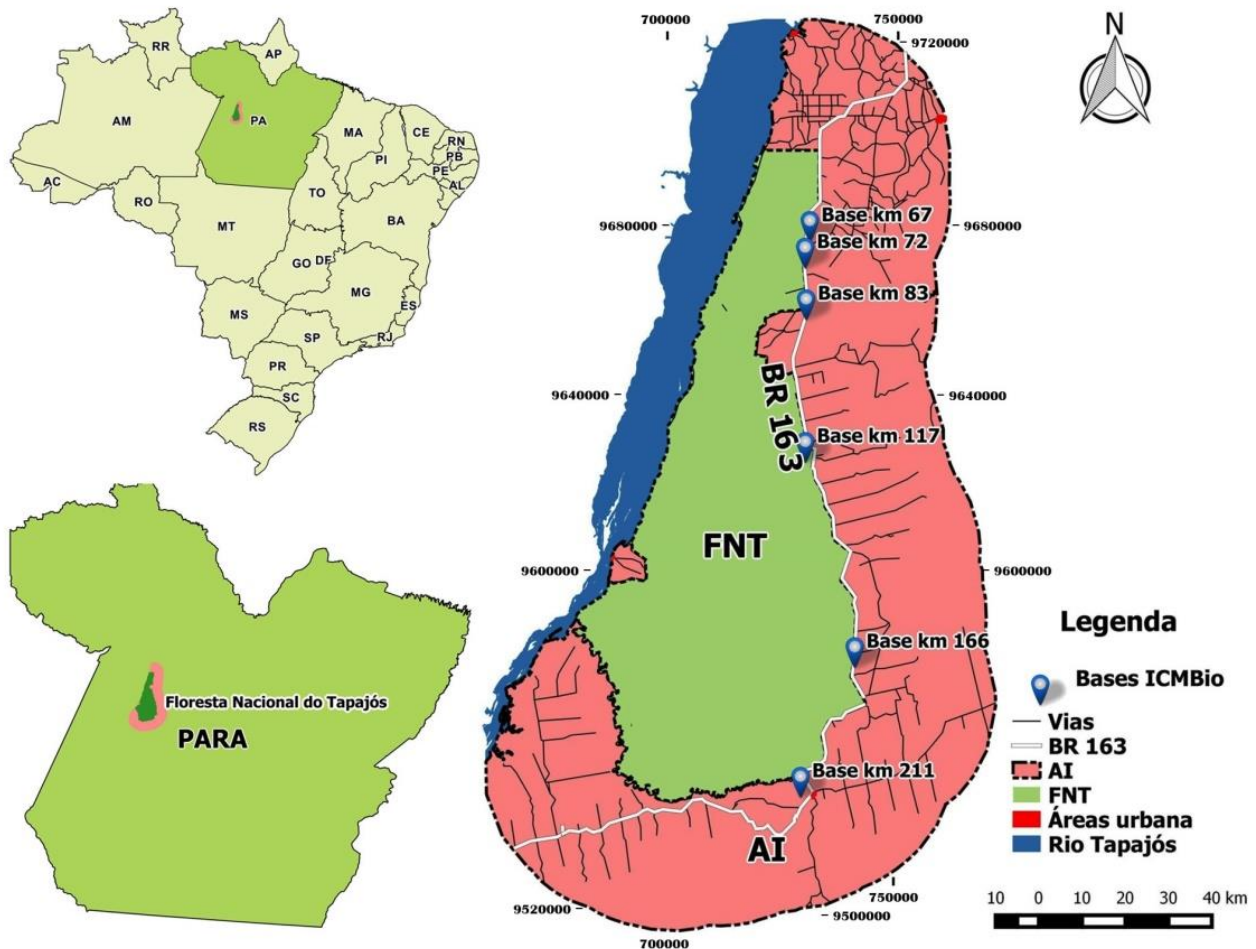


Figura 1 - Localização da Floresta Nacional do Tapajós e Área de Influência.

Base de Dados Geográficos (BDG)

As bases de dados foram obtidas através de informações secundárias disponibilizadas por instituições reconhecidas pelo Governo Federal, tais

como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA), Ministério do Meio Ambiente - MMA, Serviço Geológico do

Brasil (CPRM), Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) e Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio).

O processamento e mapeamento de todos os dados vetoriais foram realizados no QGIS 2.8, versão “Wien”, iniciando com a adição dos Planos de Informações da Floresta Nacional do Tapajós, município de Santarém e adjacências que foram ajustados, quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS 2000, Zona 21 Sul, seguindo a padronização cartográfica.

No procedimento de elaboração do mapeamento das duas subáreas (FNT+AI) foram utilizadas imagens orbitais digitais do sensor “Operational Land Imager” (OLI), na órbita 227, ponto 62 e 63, com data de passagem 29/06/2015 e horário central 9h:45min horas, nas bandas 2, 3 e 4 com resolução espacial de 30 metros e banda 8 pancromática com resolução de 15 metros.

Na composição colorida 4R3G2B fez-se a correção atmosférica, por meio da conversão dos Números Digitais (NDs) à radiância aparente e posteriormente em reflectância da superfície, utilizando os dados de calibração radiométrica disponíveis nos metadados das imagens (Ponzoni, 2012).

Para TST foram utilizadas imagens dos sensores: “Thematic Mapper” (TM) e “Thermal Infrared Sensor” (TIRS), a bordo do satélite Landsat-5, com uma banda no infravermelho termal correspondente a banda 6 que possui intervalo espectral de 10.4 - 12.5µm e Landsat-8, com 2 bandas espectrais no infravermelho termal, bandas 10 (10.6 - 11.19 µm) e 11 (11.5 - 12.51 µm), correspondentes as datas de passagens do satélite (01/07/2005, 12/07/2009 e 14/07/2015 às 13h), corresponde aos anos de forte El Niño e La Niña e ao período seco quando há pouca presença de nuvens na região.

Todas as imagens orbitais foram obtidas gratuitamente, no banco de dados do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS), disponível em <http://landsat.usgs.gov/>.

Elaborou-se um conjunto de cartogramas digitais temáticos para representação, avaliações e análises das informações de TST na FNT+AI na escala de 1:80.000, seguindo a padronização cartográfica propostas por Silva e Zaidan (2004).

Pré-processamento de imagens digitais

As imagens TST foram processadas no “software” PCI Geomatica 2015, através do assistente ATCOR (*Focus/Analysis/ATCOR*), que integra ferramentas de processamento “Focus”, “OrthoEngine”, “Modeler” e o “FLY” (GEOMATIC, 2015). A correção atmosférica antecedeu a estimativa da TST, através “Running the ATCOR SurfaceTemperature workflow” (CHANDER et al., 2009).

Posteriormente realizou-se a remoção de eventuais névoas, conversão dos NDs em radiância aparente e reflectância aparente utilizando informações de calibração radiométrica, disponíveis nos metadados das imagens orbitais (PONZONI, 2012). As correções e as transformações radiométricas de NDs em TST foram realizadas em seis etapas, conforme descritas a seguir: Na primeira etapa, realizou-se a configuração do sensor de imagem orbital “Specifying sensor and image settings”.

Na segunda etapa, geram-se “máscaras” de remoção de névoas por meio do comando “HazeRemoval and Cloud Masking”. Na terceira etapa, especificaram-se as condições de altitude e iluminação “Specifying elevation and illumination conditions” das imagens.

Na quarta etapa, fez-se configuração de visibilidade e reflectância do solo “Specifying visibility and ground reflectance”. Na quinta etapa, calibrações radiométricas através dos metadados das imagens e por fim a estimativa de temperatura de superfície e o mosaico das cenas Landsat 5 e 8.

Na Figura 2, estão indicadas as seis etapas metodológicas do trabalho, bem como o cálculo de TST nas bandas termais.

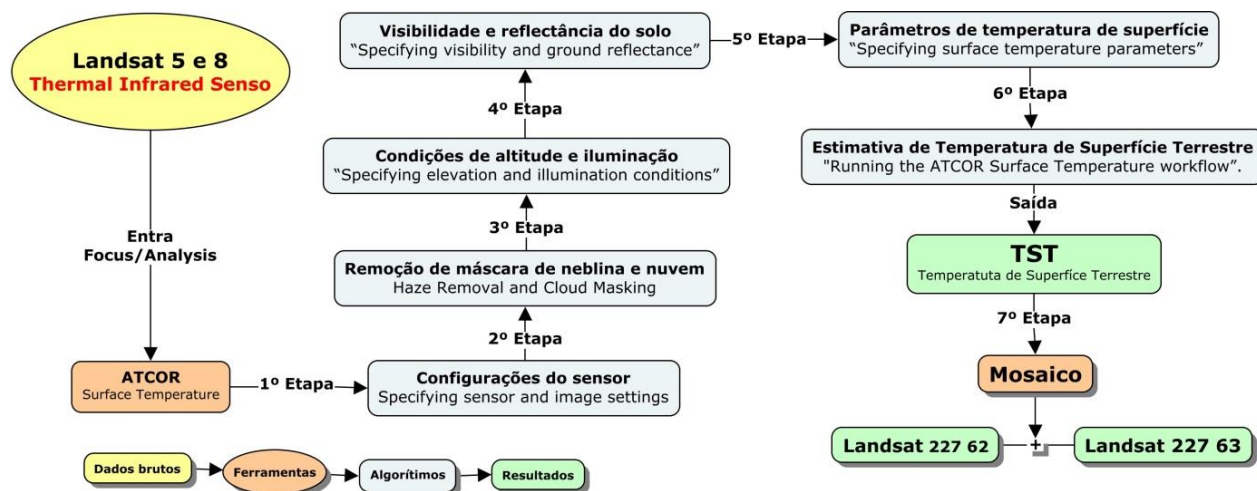


Figura 2 - Diagrama metodológico para conversão de NDs em TST no PCI Geomatica/ATCOR.

Estimativa e Análises dos Dados de Temperatura de Superfície

A temperatura revelada pelo modelo corresponde a temperatura do solo, mais especificamente da superfície da varredura do sensor TM do Landsat 5 e 8, e não a temperatura atmosférica. Para as análises de TST foram extraídos 5.000 amostras aleatórias pela ferramenta *Vetor>Investigar>Pontos aleatórios* do QGIS 2.8, considerando os limites da área de estudo, bem como 35.832, correspondentes aos centróides do plano de informação (PI) de uso e cobertura do solo, na FLONA Tapajós e seu entorno.

Os dados de TST foram extraídos em tabelas e realizou-se análise estatística, considerando os valores de temperaturas extraídos dos PIs. Utilizou-se o Teste t “*Student*” pareado do “*software*” BioEstatic. O teste t é utilizado para comparar médias de duas amostras, independentes e com distribuição normal. No teste de normalidade fez-se o teste “*ShapiroWilk*”, bem como o teste F para testar a homogeneidade de variâncias das amostras. De acordo com Zar (1999), a normalidade e homogeneidade de variâncias são pré-requisitos para a utilização do teste t.

Ainda nesta fase fez-se uma análise descritiva e interpolação, através de Krigagem dos pontos extraídos no aplicativo ArcGIS®/ArcToolbox, mais precisamente na extensão “*Geostatistical Analyst*”. O resultado foi comparado com as próprias valores de TST extraídos dos PIs. A análise do comportamento da TST foi realizada a partir da determinação dos

valores estatísticos predominantes de TST mínima, máxima e média e os desvios padrões de temperatura na superfície.

A krigagem é utilizada para inferir a distribuição e variabilidade espacial do fenômeno, estimando valores em locais não amostrados (variância de Krigagem), a fim de aperfeiçoar malhas de amostragens (Aandriotti, 2003; Amamoto e Landim, 2013).

Estimativas de Temperatura com Câmera Termográfica

Realizaram-se campanhas de campo, onde foram obtidas imagens termográficas no período entre 10 e 15 horas através de “*ThermoVision*” (modelo A320) que registra energia na faixa do infravermelho termal expressando à energia refletida por determinado alvo, possibilitando a medição de padrões de distribuição de calor, sendo importantes na detecção de anomalias e no comportamento térmico de objetos, não visíveis ao olho humano (Costa et al., 2013).

As imagens com termografia infravermelho com a câmera termográfica foram obtidas para subsidiar as análises de variabilidade espacial de TST nos diferentes usos e cobertura do solo, como na área urbana, mosaico de ocupação, agricultura anual, pasto e corpo hídrico, entre outros. Na Figura 3 são apresentadas as etapas para obtenção de imagens termográficas durante o trabalho de campo.

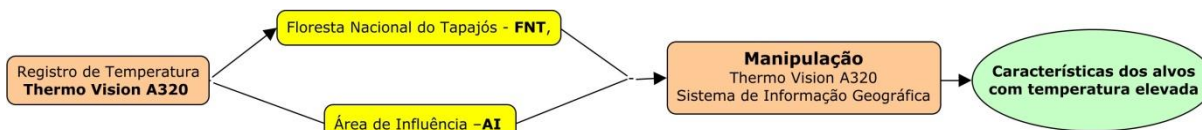


Figura 3 - Etapas da metodologia da campanha de campo na FNT e AI.

Resultados e discussão

As imagens de TST evidenciaram variações térmicas entre os anos de 2005, 2009 e 2015. Na FNT+AI nos anos selecionados as menores temperaturas registradas no mês de julho por volta das 13:00 hora local foram de: 16; 29 e 26°C, respectivamente.

Esses valores indicam que no ano de 2009 apresentou temperaturas na superfície com 3°C maiores aos valores obtidos em 2015 e 13°C acima das condições térmicas em 2005. Todavia, em 2009 a superfície na FLONA registou 5°C acima das condições térmicas observadas em 2015, assim, em termos de temperatura média, a FLONA Tapajós vivenciou os maiores valores em 2009.

Em se tratando das temperaturas mais elevadas nesses locais analisados, notou-se que os valores foram de: 44, 46 e 43°C, indicando que julho de 2009 foi mais quente que em 2005 e 2015. Nessa sequência de análise temporal, notou-se que, em média, as temperaturas na área de estudo (FNT+AI) foram 31, 34 e 30°C. Portanto, nesses três anos avaliados, no mês de julho, na FLONA

Tapajós e seu entorno, as temperaturas não ultrapassaram, em média, os 32°C, por volta das 13 horas. Ao avaliar as condições térmicas, especificamente na FLONA Tapajós (FNT), verificou-se que em julho de 2015 a menor temperatura foi de 27°C. Também, constatou-se que no ano de 2005 a temperatura de superfície às 13 h local estava com 1°C acima das temperaturas detectadas em 2015.

Em termos de condições extremas, nesse mesmo horário, foram detectadas áreas em que as temperaturas estavam com 40°C em 2005 e 2009, porém em 2015 os valores atingiram 42°C, indicando que a FLONA Tapajós possuía áreas com elevadas temperaturas na superfície que não foram observadas nos anos anteriores, analisados.

A Figuras 4 ilustra as imagens termais referentes ao mês de junho de 2005, 2009 e 2015, início da estação de baixa oferta pluvial na porção norte da FNT+AI, podendo-se notar que houve predomínio de temperaturas variando entre 16°C em 2005 e 48°C em 2009.

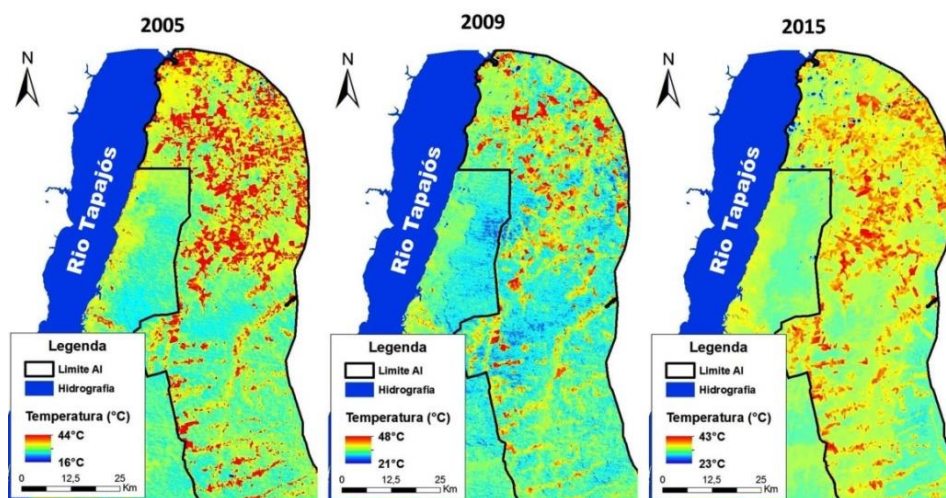


Figura 4: Imagens termais e valores de TST Min e Max para os anos de 2005, 2009 e 2015 às 13h 36min.

As ocorrências dos eventos El Niño e La Niña (fenômeno relacionado com a redução de chuva) poderiam justificar a tendência de alteração nas temperaturas de superfície observadas nas

Tabelas 1 e 2. Este fato leva a crer que a diminuição dos anos chuvosos possa estar relacionada com outros eventos climáticos, inclusive com alterações

antrópicas decorrente da dinâmica de uso e cobertura da terra (Lombardo, 1985).

A maior variabilidade dos valores de TST foi encontrada no ano de 2015, sendo de 2,12°C o desvio padrão. Identificou-se também que em 2009

a temperatura de superfície manteve-se com os maiores valores em detrimento aos outros anos analisados, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Análise descritiva da TST dos 5.000 pontos aleatórios nas imagens orbitais selecionadas

Anos	FNT+AI				FNT				AI			
	Min	Máx	Md	Dp	Min	Máx	Md	Dp	Min	Máx	Md	Dp
2005	16	44	31	1,72	28	40	31	0,89	16	44	31	2,01
2009	29	46	34	1,52	32	40	33	0,82	29	46	34	1,86
2015	26	43	30	2,14	27	42	29	0,74	30	43	31	2,49
Média	23,7	44,3	31,7	1,79	29,0	40,7	31,0	0,82	25,0	44,3	32,0	2,12

Nota: Min = Temperatura mínima na superfície, Max = Temperatura máxima na superfície, Md = Temperatura média na superfície e Dp = Desvio padrão. Fonte: Primeiro autor

Na Figura 5, apresentam-se as análises comparativas considerando os valores estatísticos de TST na FNT+AI, para os anos selecionados, evidenciando que as temperaturas registradas foram mais amenas em 2005, comparativamente àquelas

registradas em 2009 e 2015. No entorno da FLONA Tapajós identificou-se que a oscilação térmica às 13:00 h em 2009 foi de 28°C, seguido de 17°C (2009) e 13°C (2015), nesta sequência temporal.

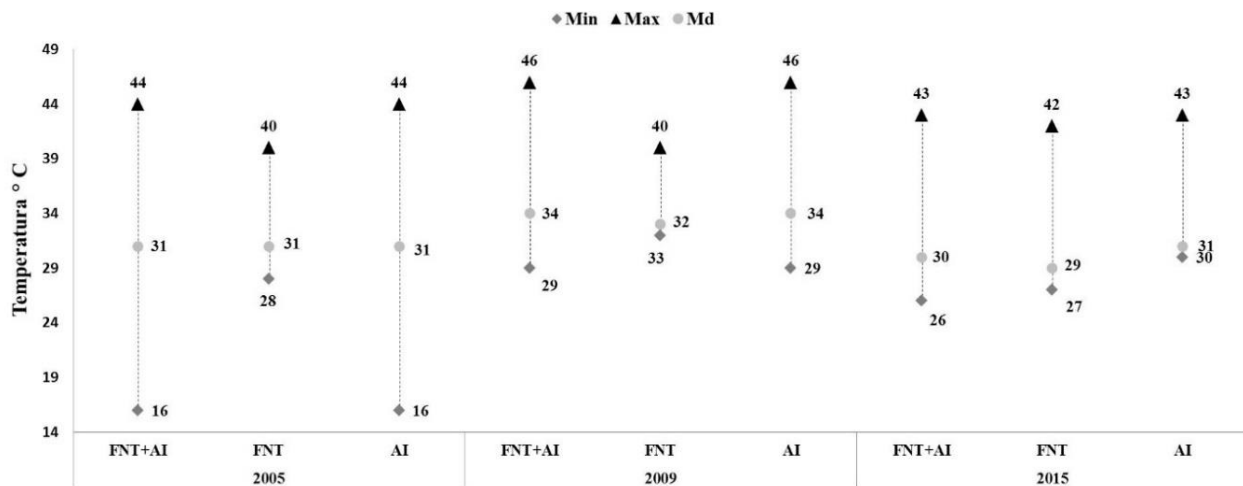


Figura 5 – Descrição gráfica dos valores estatísticos de TST dos anos selecionados.

Ainda com base nos dados das imagens térmicas obtidas do Landsat, identificou-se que as classes de agricultura anual (215,50 km²), mineração (0,08 km²), centro urbano/ocupação (143,90 km²) e pasto (1.167,57 km²) registraram os valores contendo as maiores médias de TST às 13h, identificando efeitos de exposição do solo pelo uso e cobertura.

Vale destacar que os alvos referentes a mineração não foram foco de interesse deste artigo, sendo dado destaque ao processo de pressão antrópica pela agropecuária, pela extensão das alterações ocorridas na região.

A mudança na cobertura do solo impacta inicialmente na TST e, conseqüentemente, o balanço de radiação da superfície (Caedozo et al., 2009). Os resultados evidenciaram que as áreas destinadas aos cultivos anuais ficaram acima das médias em 1,6°C, 1,8°C e 2,7°C, nesta ordem.

As áreas de vegetação secundária (2.200,94 km²) e floresta primária (10.199,24 km²) obtiveram as menores médias de valor de TST às 13:00 h, horário local, predominando condições térmicas variando entre 16° C e 32°C, para os anos analisados, conforme os valores apresentados na Tabela 2.

No ano de 2015 houve uma maior variabilidade nos valores de TST com relação aos outros anos, sendo confirmado pelo desvio padrão que foi de 2,2. Em 2009 houve uma menor discrepância entre os valores (Tabela 2).

Ao comparar os valores apresentados na Figura 6, observa-se que em 2009 as médias dos

valores de TST predominantes de todos os usos e cobertura foram superiores aos anos de 2005 e 2015. Todavia houve uma inversão de valores térmicos predominantes entre o ano de 2005 e 2015, nas áreas de regeneração com pasto.

Tabela 2 - Valores estatísticos de TST do uso e cobertura da terra, 2012

Classes	2005				2009				2015			
	Temperatura °C											
	Min	Max	Md	Dp	Min	Max	Md	Dp	Min	Max	Md	Dp
Agricultura anual	23	41	34,7	2,88	33	47	37,5	3,30	29	43	35,7	3,11
Área urbana	27	41	32,7	2,38	33	42	35,1	1,98	28	49	33,3	2,45
Floresta	16	43	31,9	1,99	34	46	35,1	1,95	23	44	33,2	2,55
Mineração	34	36	34,7	0,94	34	37	35,7	1,24	31	32	33,9	0,47
Mosaico de ocupações	26	42	32,4	1,91	24	44	35,5	1,55	29	45	33,6	1,99
Pasto limpo	14	44	32,5	2,16	30	45	35,6	1,99	26	45	33,7	2,45
Pasto sujo	25	44	32,4	2,10	29	45	35,2	1,95	26	44	33,3	2,35
Regeneração com pasto	23	43	32,3	2,07	32	44	35,2	1,84	23	43	33,2	2,33
Vegetação secundária	16	45	34,7	2,02	23	46	37,5	1,84	24	45	35,7	2,28
Médias	22,7	42,1	32,4	2,1	30,2	44,0	35,2	2,0	26,6	43,3	32,3	2,2

Nota: Min = Temperatura mínima, Max = Temperatura máxima, Md = Temperatura média e Dp = Desvio padrão. Fonte: Processamentos do próprio autor.

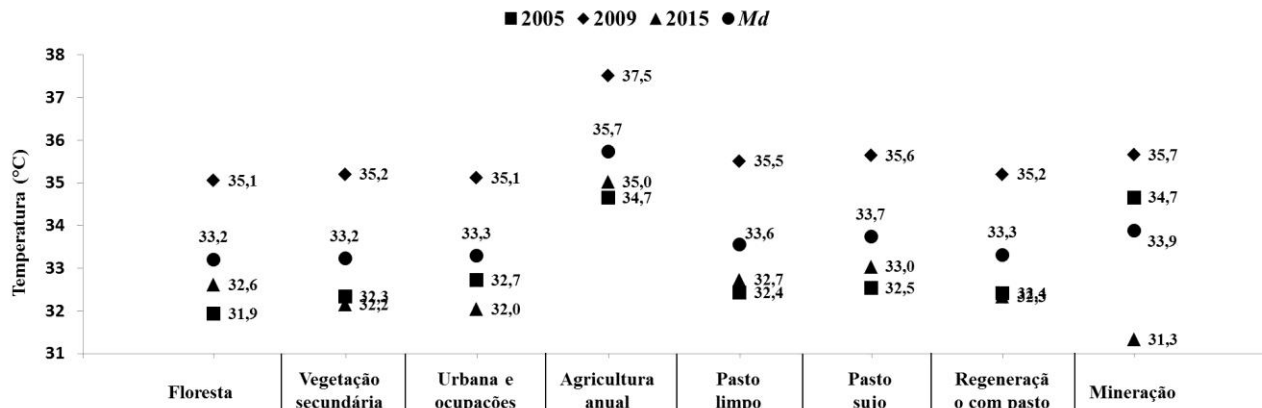


Figura 6 - Descrição gráfica das médias de TST de uso e cobertura do solo dos anos selecionados.

Nas Figuras 7a, 7b e 7c ilustram-se os resultados das interpolações dos 5.000 pontos aleatórios com valores de TST extraídos das imagens orbitais selecionadas, destacando-se as regiões com predomínios de temperatura mais elevadas a nordeste, sudeste e sul da FNT+AI, próximas as sedes dos municípios de Belterra e Rurópolis.

Na Figura 7a, observa-se uma amplitude térmica de 4,4°C, concentrada a nordeste da área em análise, indicando os efeitos térmicos expressos nas áreas que possuem substancialmente cultivos anuais. Na Figura 7b, a amplitude térmica foi de

3,1°C, concentrada também a nordeste e sudeste da AI.

Já na Figura 7c, há o crescimento da mancha de TST mais elevada ao sul da AI, com amplitude térmica de 4,9° comparando as Figuras 7a, 7b e 7c identificou-se que há uma ampliação das áreas com as maiores temperaturas ao longo da faixa de 30 km da FNT, próximo ao município de Rurópolis.

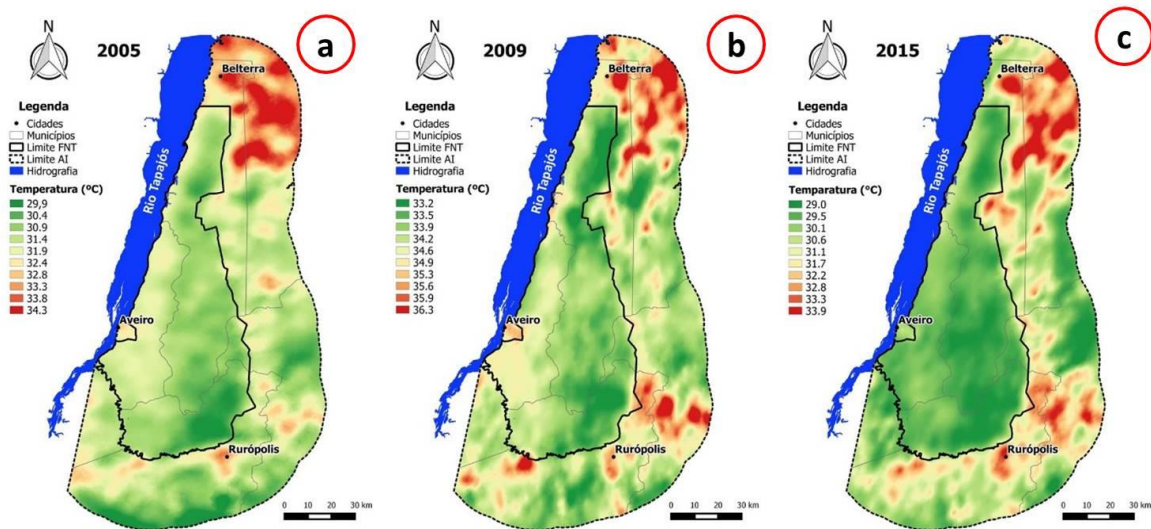


Figura 7 – Modelagem da temperatura de superfície da FNT+AI para 2005, 2009 e 2015 às 13h 36min.

O comportamento da TST observado ao longo do perfil A-B, com 221,04 km no sentido SONE (figura 8), mostra que as temperaturas de superfície mais amenas registradas ao longo do perfil, identificados pelos pontos (1), (2) e (3), estão relacionadas às áreas com algum tipo de vegetação e cotas altimétrica.

O ponto (2) corresponde à área de vegetação da florestal na FNT, com temperatura de 29°C. O ponto (1) 32°C e (4) 36°C correspondem às áreas urbanas, enquanto o ponto (3) representa agricultura anual, com 33°C (Figura 8). Nota-se uma variação da TST entre 30,5 e 36,5°C nas altitudes de 60 e 250 metros. Desta forma, verifica-se nas maiores altitudes, um percentual menor de participação das temperaturas inferiores a 29,5°C, quando comparada à classe de menores altitudes onde se registrou TST de 36,5°C.

Os pontos observados ao longo do perfil evidenciam que as áreas modificadas com baixa densidade de vegetação apresentam os maiores valores de TST, pois a energia disponível ao ambiente é utilizada prioritariamente para aquecimento do solo e do ar adjacente à superfície (PAVÃO et. al., 2015).

A Figura 8 mostra que para reduzir o desconforto térmico causado pelos elevados TST é necessário evitar o avanço da ocupação urbana

sobre os últimos remanescentes de vegetação, e melhorar a arborização ao longo das áreas já urbanizadas visando amenizar a temperatura de superfície.

Na Figura 9 identificam-se as localidades rurais sobre influência de TST. No ponto (1) fica a localidade rural de Água Boa, com 32,1°C (2005), 35,0°C (2009) e 31,9°C (2015); no ponto (3) ficam as localidades Agrovila Presidente Médici, Bom Jesus, Linha Gaúcha, Pau Rosa, Santa Clara, São Jorge e Terra Preta; e no ponto (4) estão Belterra, Boa Fé, Cipoal, Comunidade Boa Esperança, Jabuti, Maguari, Moju do Belarmino, Morada Nova, São Benedito, São José e Upizal.

As localidades rurais de Agrovila Presidente Médici, Amapá, Belterra, Bom Jardim e Cedro estão acima da média TST (32,2°C) para anos de 2005, 2009 (34,8°C) e 2015 (31,5°C), conforme Tabela 3. Nas localidades de Boa Esperança e Patauzinho registraram-se os menores valores TST, com 33,2°C (2009) e 29,8°C (2015), quando comparado às demais localidades em análise.

As localidades de Jabuti e Tabocal, também quando comparados com as demais localidades, registraram os maiores valores de TST, nos três anos analisados, com 35,2°C, 35°C, respectivamente.

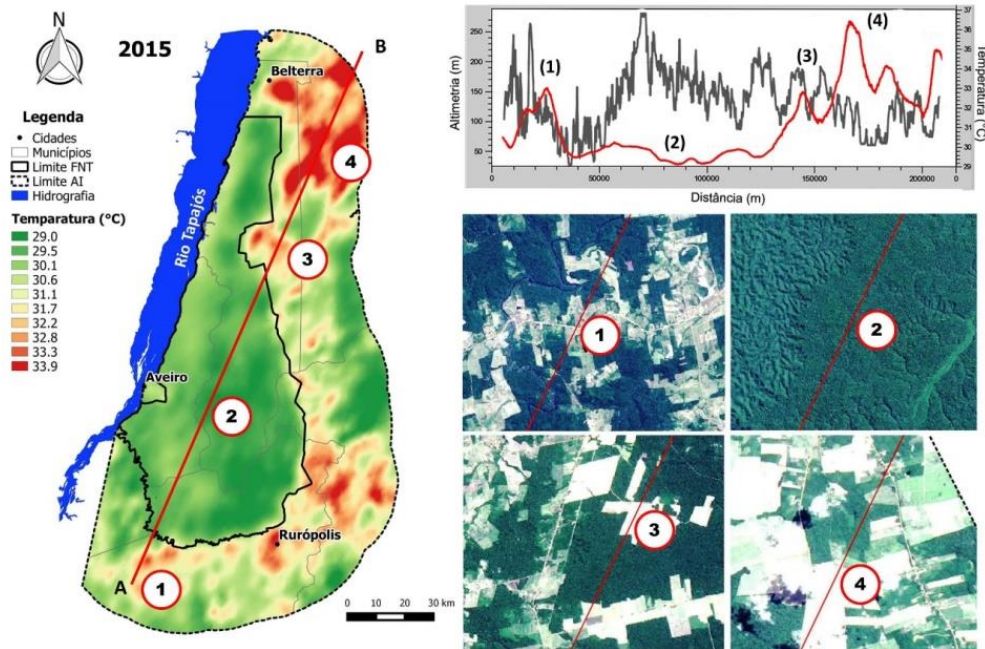


Figura 8 - Perfil “A-B” dos campos altimétrico e térmico da superfície da FNT+AI.

Por fim, as localidades de Prainha e Taquara ficaram na média dos valores de TST das localidades, registrando ambos com 32°C (Tabela 3).

Observa-se na Figura 9 uma alta variabilidade no tocante às temperaturas extraídas, principalmente nos núcleos urbanos, agricultura

anual e pasto, podendo segundo Aumond e Comin (2012), influenciar na umidade relativa do ar e na direção dos fluxos de ventos, bem como provocar mudanças nas condições microclimáticas e ainda provocar formação um dos fenômenos climáticos mais característicos dessa modificação térmica denominado de ilhas de calor (Souza et al., 2010).

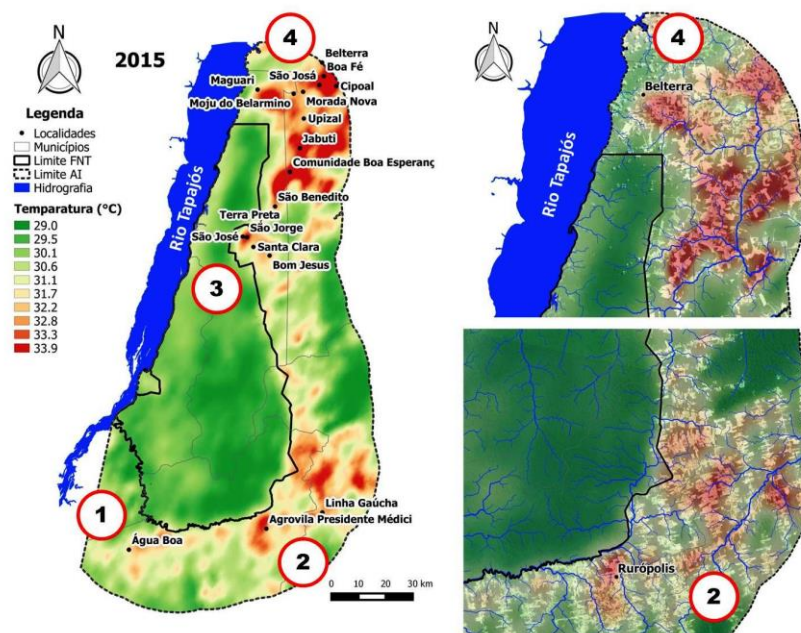


Figura 9 - Localidades sobre influência de TST na FNT+AI para 14/07/2015 às 13h 48min.

Observa-se nas Figuras 10a, 10b e 10c que a bacia do rio Moju, com 1.124,95 km², teve reduzida variação nos valores de TST, nesses três anos analisados, ficando com os menores valores de TST de 29°C e os maiores de 29,7°C.

Todavia, a sobreposição da rede de drenagem sobre áreas com elevada temperatura e antropizadas evidenciou efeitos que solos expostos podem comprometer a manutenção dos corpos

hídricos, principalmente nas regiões nordeste e sudeste da FNT+AI (Figuras 10a, 10b e 10c).

Quanto aos valores de TST sobre a rede de drenagem na FNT+AI, a maior preocupação deve ser em relação aos efeitos das altas temperaturas sobre os canais de primeira ordem (Figura 10b), principalmente no entorno da FLONA Tapajós, onde existem mais de 50% dos canais de 1ª ordem.

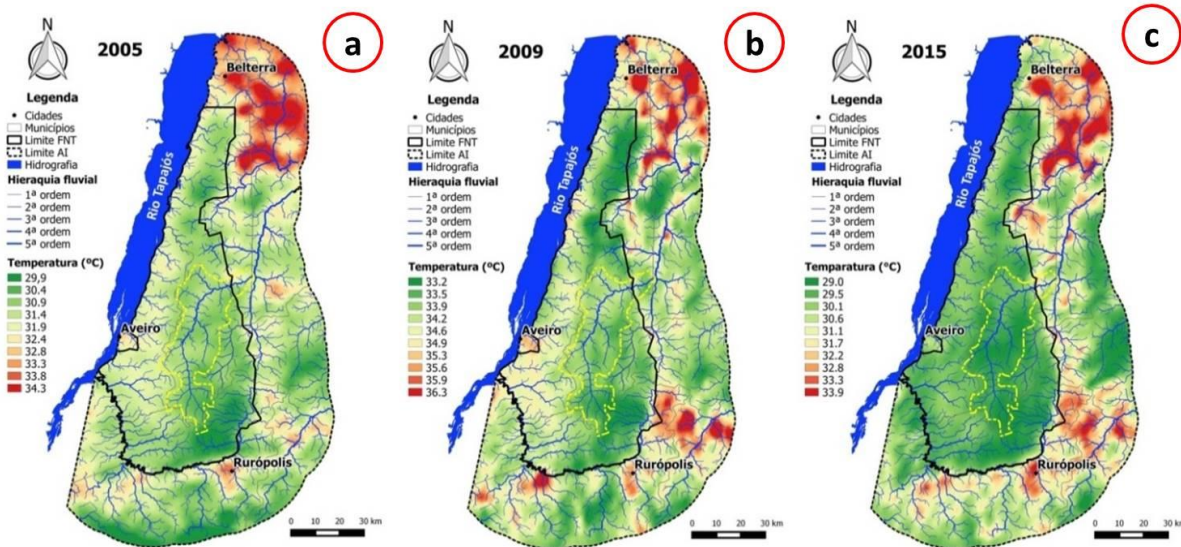


Figura 10 - Temperatura de superfície em 2005, 2009 e 2015 sobre a rede de drenagem da FNT+AI.

Ainda analisando os valores de TST e altitudes (Tabela 3), identificou-se que a menor cota altimétrica foi registrada na localidade de Prainha, com 13 metros e temperatura de 31,9°C (2005), 35,2°C (2009) e 30,9°C (2015) às 13h:00, com média de 32,7°C para os anos analisados.

A Comunidade Estrela-d'alva teve a maior cota altimétrica, com 298 metros, registrando-se uma TST de 31,7°C (2005), 34,6°C (2009) e 31,3°C (2015), com média de 32,5°C para os anos analisados (Tabela 3).

Portanto, quando observadas às classes hipsométricas em relação às classes de temperatura verifica-se que as maiores temperaturas estão nos menores níveis altimétricos, enquanto as menores

temperaturas estariam justamente nas maiores altitudes, com uma variação de 0,2°C. Nos anos de 2005, 2009 e 2015 dezessete diferentes canais, como Açú, Branco, Morada Nova e Dois irmãos estavam sobrepostos às áreas com TST entre 33,5°C a 36,5°C.

Na Figura 11, ilustram-se as redes de drenagens a nordeste e a sudeste sobrepostas às áreas de elevadas temperaturas de superfície terrestre na FNT+AI, destacando-se a nordeste o rio Mojuí dos Campos e o igarapé Branco, e a sudeste os igarapés Ipixuna, Ipiranga, Tambor, Leitoso e Curuatinga, que estão sobre áreas de TST de 33,9°C no dia 14/07/2015 às 13h 48min.

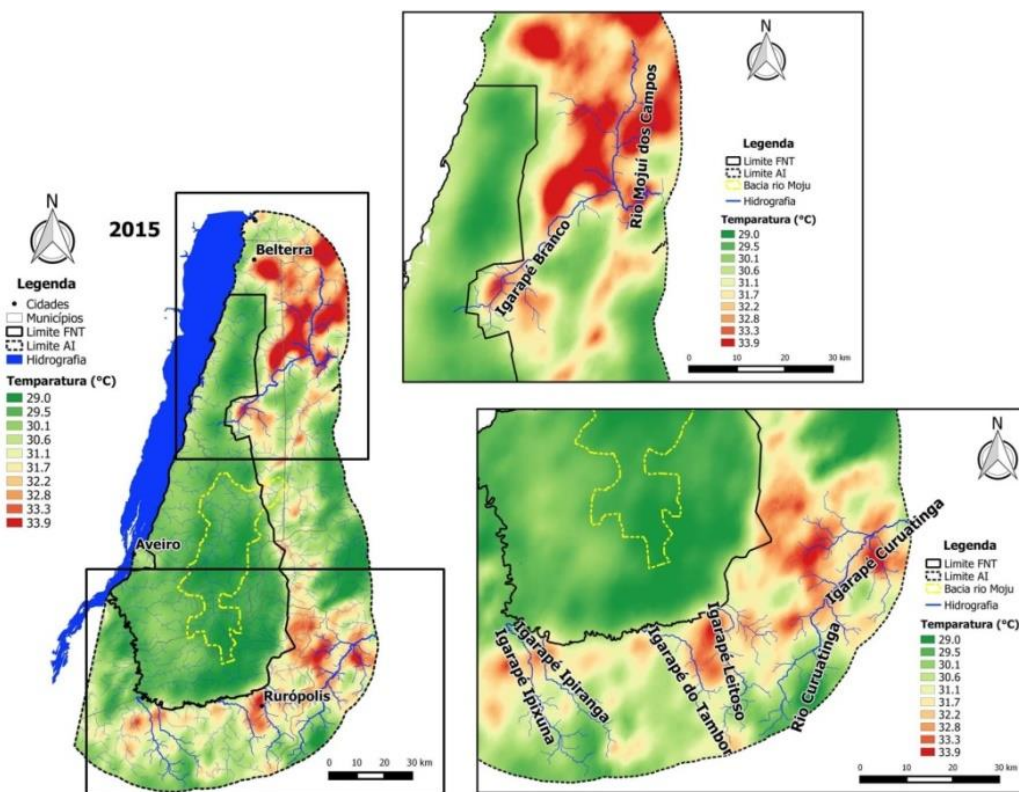


Figura 11 - Principais hidrografias sobrepostas aos elevados valores de temperatura em 2015 na FNT+AI.

As médias de temperatura de superfície das principais nascentes da rede de drenagem da FNT+AI, para anos de 2005, 2009 e 2015 foram de 31°C, 33,9°C e 30,3°C. Os Igarapés: Tambor, Ipiranga, Peruda, Puraquê e Salgado, tiveram os maiores valores de TST, conforme Tabela 4.

Na análise comparativa das médias de TST das nascentes com relação a altitude, na FNT+AI, identificou-se que o Igarapé do Curuá-Una, com altitude de 126 metros, registrou a maior média de TST, entre os demais cursos d'água, com 34,1°C, pois esta nascente está localizada na região nordeste onde se registrou os maiores valores de TST no dia 14/07/2015 às 13h 48mim. Já ao sul da FNT+AI o sensor orbital registrou os altos valores

de TST nas nascentes dos igarapés Ipiranga (32,3°C), Tambor (32,9°C), Peruda (32,1°C) e Salgado (32,5°C), conforme Tabela 4.

A Figura 12 representa o gráfico de dispersão das médias de TST e altimetria das nascentes na área de estudo, com concentração das nascentes entre 160 e 280 metros, média de 31,5°C. Na nascente do rio Mojuí dos Campos (120 m) registrou-se uma temperatura de 34,1°C.

Essas elevadas temperaturas de superfície das nascentes dos igarapés do Curuá-Una, Ipiranga, Tambor, Peruda, Salgado e Mojuí dos Campos, podem influenciar os parâmetros de evapotranspiração, precipitação e manutenção da rede de drenagem.

Tabela 3 - Valores de temperatura na superfície das principais localidades na FNT+AI, PA

Localidade	2005	2009	2015	Elevação (m)	Média (°C)
	Temperatura (°C)				
Agrovila Presidente Médici	33,2	35,3	32,8	137	33,8
Água Boa	32,1	35,0	31,9	79	33,0
Amapá	33,5	35,6	32,4	131	33,8
Bela União	31,3	34,8	31,9	282	32,6
Belterra	33,9	35,5	32,3	271	33,9
Betânia	31,2	34,6	31,2	113	32,4
Boa Fé	33,9	36,5	34,2	107	34,9
Boa Vista	31,0	34,3	30,0	167	31,8
Bom Jardim	31,0	33,6	29,8	165	31,5
Bom Jesus	32,2	34,1	31,2	162	32,5
Bragança	31,7	34,6	30,7	28	32,3
Caranazal	34,0	35,8	31,6	13	33,8
Cedro	32,9	35,6	32,4	134	33,6
Comunidade águas Frias	30,6	34,5	31,6	157	32,3
Comunidade Boa Esperança	31,4	33,2	30,4	131	31,7
Comunidade Estrela-d'alva	31,7	34,6	31,3	298	32,5
Comunidade Panorama	30,8	34,7	30,6	281	32,0
Comunidade São Pedro	33,3	34,7	30,3	41	32,8
Comunidade Vista Alegre	31,0	34,2	30,5	197	31,9
Itapaiana	31,9	34,8	30,6	32	32,4
Jabuti	35,2	36,1	35,0	64	35,4
Jaguarari	32,2	34,3	30,7	54	32,4
Linha Gaúcha	32,1	35,0	32,7	105	33,3
Maguari	32,1	34,2	30,0	79	32,1
Maraí	31,8	34,8	30,8	19	32,5
Marituba	31,8	34,4	30,6	74	32,2
Mojú do Belarmino	34,5	35,6	32,3	82	34,1
Morada Nova	33,8	35,6	32,2	95	33,9
Nazaré	31,6	34,9	30,7	19	32,4
Nossa Sra. dos Navegantes	31,5	33,7	30,5	144	31,9
Patauzinho	30,5	33,4	29,8	181	31,2
Pau Rosa	31,2	33,8	31,5	150	32,2
Pinim	31,9	35,1	30,8	20	32,6
Piranha	32,0	35,0	31,3	97	32,8
Planalto Médio	31,5	34,6	31,2	109	32,5
Prainha	31,9	35,2	30,9	13	32,7
Renasce	30,9	34,2	30,8	164	32,0
Santa Clara	31,8	34,3	31,7	131	32,6
Santa Rosa do jatobá	33,5	35,2	31,4	90	33,4
São Benedito	32,5	35,3	32,6	75	33,5
São Jorge	32,1	34,8	33,9	93	33,6
São José	31,8	34,5	33,1	141	33,1
São Pedro	31,9	34,3	31,6	90	32,6
Tabocal	34,5	37,2	34,4	108	35,4
Taquara	32,0	35,2	30,8	20	32,7
Tauari	31,9	35,0	30,9	27	32,6
Tavan	31,8	35,0	30,9	20	32,5
Terra Preta	31,8	34,4	31,5	121	32,6
Travessão	31,0	34,9	31,3	104	32,4
Unidos por Deus	31,0	34,0	30,5	212	31,8
Upizal	33,9	36,0	34,3	77	34,7
Médias	32,2	34,8	31,5	111,84	32,9

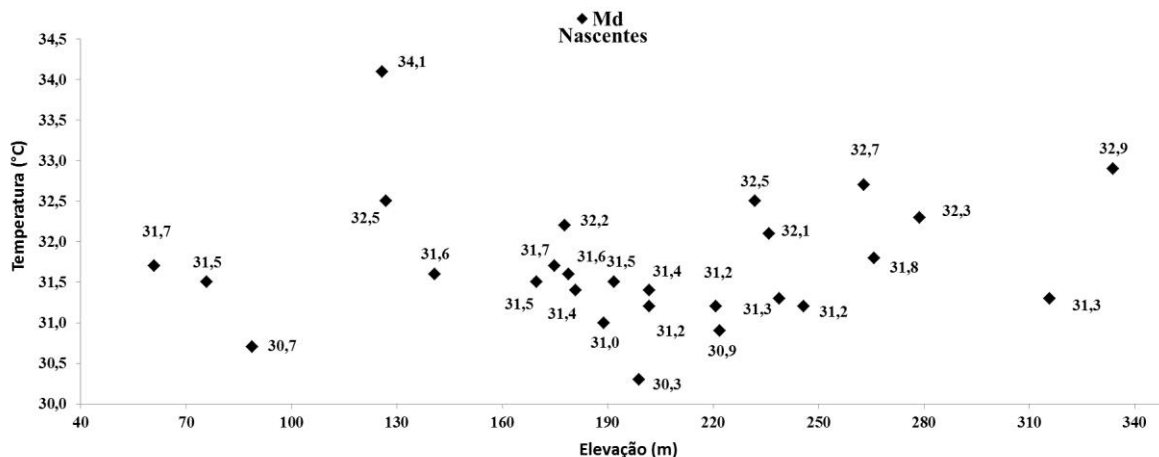


Figura 12 - Análise comparativa das médias da TST de nascentes e elevações na FNT+AI.

Tabela 4: Valores de temperatura na superfície dos pontos de nascentes na FNT+AI

Nascentes da Drenagens	2005	2009	2015	Md	Elevação
	Temperatura (°C)				
Rio Cupari	30,7	33,7	30,1	31,5	76
Rio Curuatinga	30,4	33,5	29,6	31,2	246
Igarapé Açú	31,3	34,4	29,4	31,7	175
Igarapé Água Boa	29,8	34,1	29,8	31,2	221
Igarapé Anhangá	30,9	33,8	30,9	31,8	266
Igarapé Branco	31,1	33,4	29,8	31,4	202
Igarapé do Bueiro	30,3	33,3	29,3	31,0	189
Igarapé do Tambor	31,1	35,4	32,1	32,9	334
Igarapé do Una	34,3	35,7	32,4	34,1	126
Igarapé Ipiranga	31,3	34,1	31,6	32,3	279
Igarapé Ipixuna	30,3	34,0	29,6	31,3	239
Igarapé Itapuama	31,2	34,0	29,5	31,5	170
Igarapé Jatoarana	31,2	33,88	29,4	30,3	199
Igarapé Jatuarana	31,4	34,1	29,3	31,6	179
Igarapé Jurapari	31,0	34,7	31,0	32,2	178
Igarapé Leitoso	30,3	33,6	30,0	31,3	316
Igarapé Lux	30,9	34,0	29,3	31,4	181
Igarapé Marol	31,3	33,9	29,6	31,6	141
Igarapé Mentira	30,9	33,9	29,7	31,5	192
Igarapé Moju	30,2	33,4	29,0	30,9	222
Igarapé Onça	30,6	33,6	29,4	31,2	202
Igarapé Peruda	31,3	34,0	31,0	32,1	236
Igarapé Piracuruna	31,2	35,1	31,1	32,5	127
Igarapé Puraquê	31,7	34,7	31,7	32,7	263
Igarapé Salgado	31,5	34,5	31,5	32,5	232
Igarapé Tauari	31,1	33,9	30,0	31,7	61
Igarapé Tinga	29,0	29,8	33,2	30,7	89
Média	31,0	33,9	30,3	31,7	198

Nota: Md = Temperatura média
 Fonte: Processamentos do próprio autor

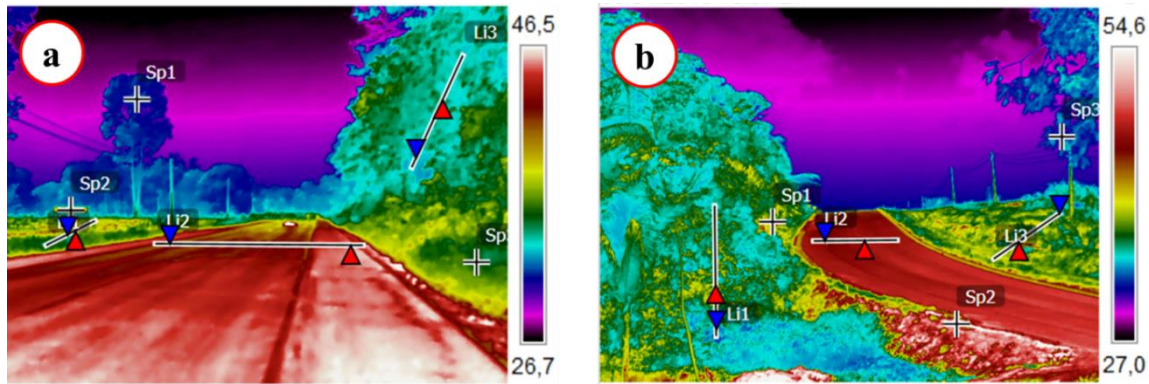
As condições de temperatura de 10 h às 15 h da manhã foram registradas através de câmera termográfica nos diferentes usos do solo como,

floresta primária, vegetação secundária, agricultura anual, pasto, desflorestamento, entre os principais. As imagens registradas em campo forma

confrontadas com os mapas, identificando que há correspondência entre os resultados de TST das imagens orbitais do dia 14/07/2015 às 13h 48min e os registros termográficos. A utilização da câmera termográfica apontou que o pavimento de rodovia BR 163, próximo ao km 67 possui contribuição expressiva quanto ao armazenamento de calor. Nas áreas pavimentadas a maior e a menor valor de temperatura às 13h foram de 54,2°C (Figura 13a) e

26,7°C (Figura 13b), respectivamente. Em pontos específicos registrou-se uma temperatura de 54,2°C (Sp2), conforme se observa na Figura 17b.

Em áreas sombreadas predominou uma média de valor de temperatura de 36,0°C (Li2) a 37,4°C (Li2), identificadas nas Figuras 13a e 13b. As áreas que apresentaram os maiores valores de temperatura (46,2°C a 54,2°C) estão associadas aos padrões.



Medições		Temperatura (°C)	Medições		Temperatura (°C)
Sp	Sp1	46,2	Sp	Sp1	45,1
	Sp2	42,7		Sp2	54,2
	Sp3	39,5		Sp3	34,0
	Sp4	31,6		Sp4	39,4
	Sp5	33,5		Sp5	41,5
Li1	Max	46,1	Li1	Max	48,7
	Min	34,6		Min	37,3
	Média	42,2		Média	44,4
Li2	Max	40,1	Li2	Max	47,4
	Min	33,5		Min	34,9
	Média	36,0		Média	37,4

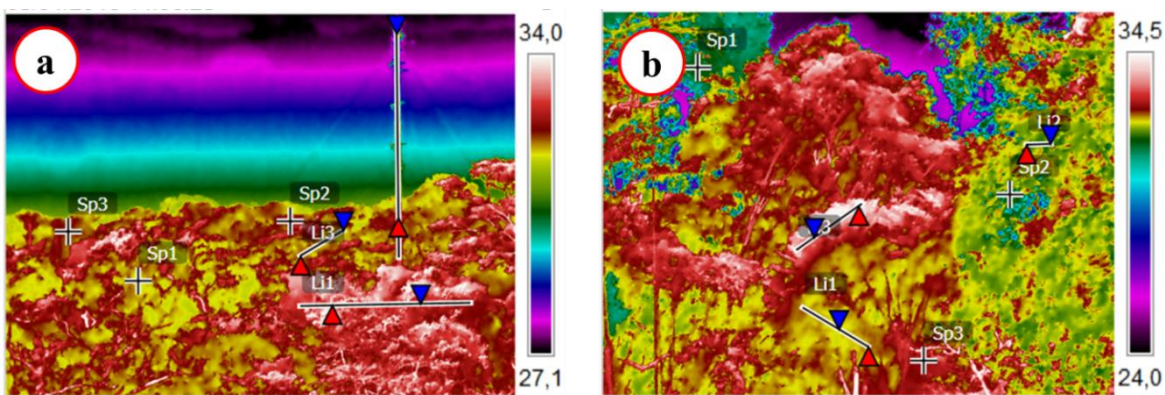
Figura 13 - Caracterização da temperatura de eixo viário no entorno da FNT.

Na Figura 14 observam-se as imagens termográficas sobre área de floresta primária. A temperatura registrada sobre a floresta primária variou de 30,5°C (Sp5) a 33,7°C (Sp1), conforme Figura 14a e 14b. A média de temperatura da floresta estimada pelos sensores orbitais em 2015 foi de 33,2°C, valor muito próximo à média de temperatura identificada com a câmera termográfica que foi de 32,3°C (Figura 14a e 14b).

Os resultados expressam que as temperaturas de superfície apresentavam valores entre 29°C a 33°C, predominaram nas áreas florestais. As temperaturas das superfícies nas edificações e estrutura urbano mantiveram-se mais elevadas, principalmente por sua maior exposição solar (Figura 15a e 15b). Na edificação da base ICMBio no km 211 (Figura 15a), forma registradas

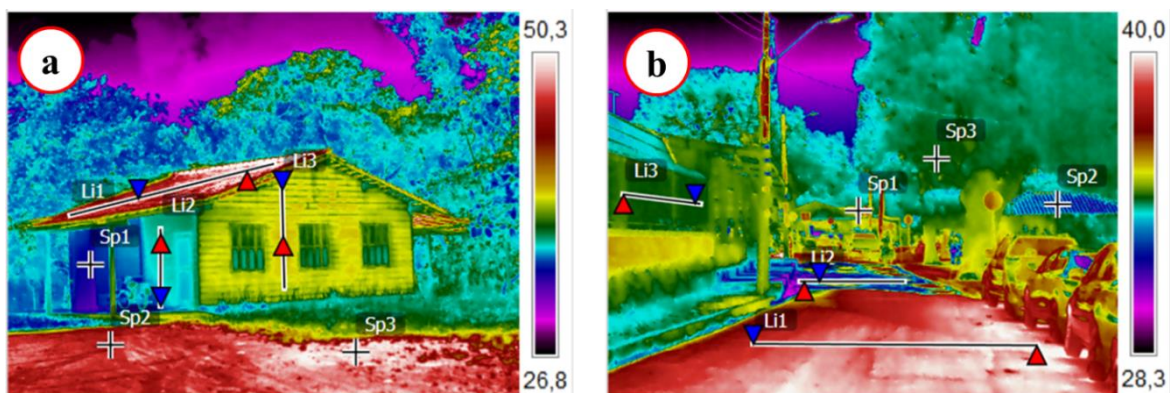
temperaturas variando entre 33,7°C (Sp1) e 39,2°C. Na área urbana de Alter do Chão registrou-se valores de temperatura entre 39,9°C a 37,7°C (Li1) nos pavimentos de ruas e calçadas, caracterizando assim o fenômeno de ilhas de calor.

De acordo com Costa et al. (2013) nas áreas urbanas diversas construções absorvem e retém mais calor do sol (31,6°C a 37,3°C) do que construções sobre proteção de materiais naturais (Sp2 - 33,0°C), conforme Figura 16b. As superfícies com exposição à radiação direta do sol, sem o sombreamento de árvores, registram temperaturas de 38,5°C (Sp4) a 43,9°C (Sp3), conforme Figura 16a e 16b, respectivamente. O sombreamento de árvores foi o elemento que amenizou a condição de calor (Li2 - 37,3°C), conforme Figura 16b.



Medições		Temperatura (°C)	Medições		Temperatura (°C)
	Sp1	31,6	Sp1	33,7	
	Sp2	33,2	Sp2	32,0	
	Sp3	33,7	Sp3	32,4	
	Sp4	32,6	Sp4	31,6	
	Sp5	30,5	Sp5	32,1	
Li1	Max	33,2	Li1	Max	33,1
	Min	29,6		Min	31,6
	Média	31,5		Média	32,2
Li2	Max	34,3	Li2	Max	32,5
	Min	31,6		Min	31,5
	Média	32,8		Média	32,0

Figura 14 - Caracterização da temperatura da floresta primária na FNT+AI.



Medições		Temperatura (°C)	Medições		Temperatura (°C)
	Sp1	33,7	Sp1	34,5	
	Sp2	38,8	Sp2	33,0	
	Sp3	34,6	Sp3	37,5	
	Sp4	39,2	Sp4	37,1	
	Sp5	36,4	Sp5	35,5	
Li1	Max	52,9	Li1	Max	39,9
	Min	44,0		Min	37,7
	Média	47,4		Média	39,1
Li2	Max	50,7	Li2	Max	37,3
	Min	35,8		Min	31,6
	Média	42,9		Média	34,5

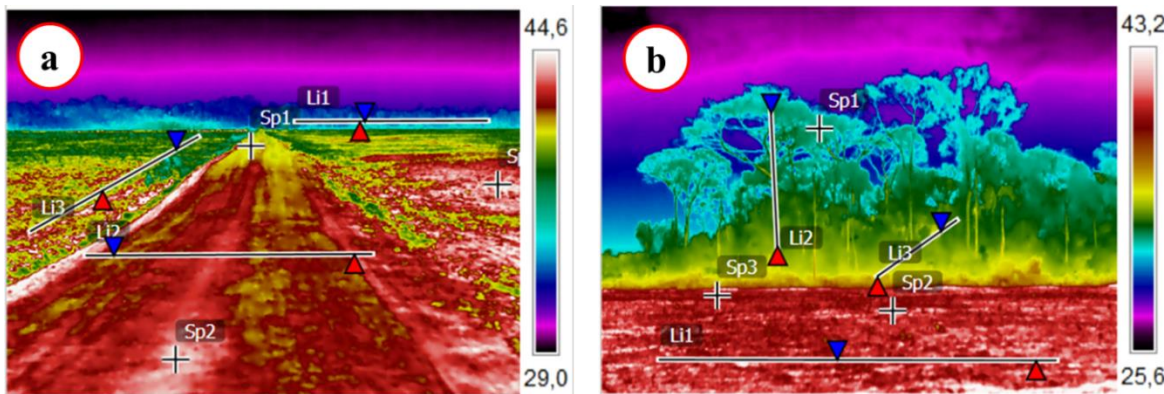
Figura 15 - Caracterização da temperatura de construções e área urbana na AI.

Os valores termográficos em áreas com agricultura anual indicaram temperaturas entre 42,1°C a 37,8 C (Figura 16a). Nas áreas com remanescentes de vegetação nativa (áreas de refúgios ecológicos) predominaram valores de temperatura de 31,4°C na copa das árvores (Figura 16b). Observou-se que nas áreas de solo exposto ocorreu maior condução de calor com elevação da temperatura do solo durante o dia e diminuição durante a noite.

Com os dados registrados observou-se que não há grandes variações entre as temperaturas estimadas através do uso de dados orbitais no infravermelho termal e as temperaturas captadas através de câmera termográfica, possibilitando o uso da termografia infravermelho para validar os registros orbitais de TST.

Mudanças no uso do solo causam um aumento da temperatura na superfície em razão da diminuição da biomassa florestal na FLONA Tapajós e no seu entorno. As maiores variações de TST na AI correspondem ao grau de transformação na superfície, principalmente decorrente da impermeabilização do solo, por construções e pavimentações.

Adicionalmente, tais variações são devido às partículas em suspensão na atmosfera, oriundos do manejo do solo em áreas com pastagens e agricultura anual (Rocha et al., 2011). Todavia, há uma redução dos valores de temperatura de superfície às 13 h local na FNT em razão da floresta primária que absorve parte da radiação solar incidente durante o processo de evapotranspiração e fotossíntese (Costa et al., 2010).



Medições		Temperatura (°C)	Medições		Temperatura (°C)
	Sp1	32,7	Sp1		31,4
	Sp2	38,2	Sp2		34,3
	Sp3	43,7	Sp3		43,9
	Sp4	38,5	Sp4		39,1
	Sp5	34,9	Sp5		41,0
Li1	Max	44,9	Li1	Max	44,3
	Min	38,5		Min	38,4
	Média	41,7		Média	40,9
Li2	Max	40,9	Li2	Max	41,1
	Min	37,1		Min	37,3
	Média	39,8		Média	39,1
Li3	Max	42,1	Li2	Max	36,0
	Min	37,8		Min	33,3
	Média	40,1		Média	34,3

Figura 16 - Caracterização da temperatura de área de agricultura anual na AI.

Portanto, quando comparados os tipos de uso e cobertura do solo e temperaturas na superfície, a distribuição geográfica das faixas de temperaturas mais amenas guarda estreita relação com a presença de áreas florestais contínuas, em especial na FLONA Tapajós, ou seja, as áreas de floresta

primária ou arborizada na FNT+AI possuem grande relevância na amenização da temperatura, uma vez que os maiores valores de temperaturas foram registrados na área antropizadas.

Neste sentido, destaca-se a importância da manutenção da vegetação arbórea na FNT, bem

como nas áreas urbanas, como praças e outros ambientes, para que possam atuar para a amenização do clima local e, conseqüentemente a melhoria da qualidade de vida da população local.

As áreas com agricultura anual, mineração, centro urbano/ocupação e pasto apresentam comportamentos distintos, com temperaturas variando de 14° C em área de pasto a 49° C em área urbana. Em 2015 e agricultura anual em todos os anos analisados, tendo estas classes obtido um valor de 2°C acima das suas medias predominantes de TST nos anos analisados, podendo influenciar na umidade relativa do ar e na direção dos fluxos de ventos, bem como provocar mudanças nas condições microclimáticas (Aumond e Comin, 2012).

As altas temperaturas, no mês de julho, nas terras cultivadas podem ser associadas ao reduzido estoque de água no solo, reforçando que as temperaturas vinculadas às regiões recobertas por vegetação florestal resultaram em temperaturas mais brandas, ou seja, menores amplitudes térmicas, indicando que nas áreas com floresta a energia é mantida no sistema solo-floresta-atmosfera (PRIMAVESI et. al., 2007).

Na análise descritiva identificou-se que as áreas mais quentes na FNT+AI, de acordo com as médias predominantes de valores de TST ocorreram no centro urbano/mosaico de ocupação em 2005, resultados que já era esperado já que em vários trabalhos (CITAR alguns) que estudam a temperatura de superfícies as áreas urbanas e de ocupação apresentaram maiores padrões de temperatura.

Conclusões

O tipo de cobertura da superfície influenciou diretamente nas respostas térmicas, sendo os menores valores em áreas com florestas e os maiores valores em solo exposto, principalmente em cultivos anuais que não adotam o sistema plantio diretos, bem como em pastagens mal manejadas, núcleo de povoamento e eixo rodoviários.

Os resultados da distribuição das temperaturas de superfície sobre solo exposto produzem trechos que apresentam temperaturas mais elevadas, o que claramente mostra a importância da vegetação como regulador térmico. Vale destacar que as atenções devem ser dobradas aos recursos hídricos por impactos que as alterações do uso do solo, principalmente quanto à dinâmica

de recarga hídricas. Nas regiões nordeste e sudoeste da FLONA Tapajós e seu entorno a perda da vegetação promove variações térmicas de até 3°C, indicando que os remanescentes de corpos hídricos podem estar deixando de prestar importantes serviços ecossistêmicos de regulação térmica na área de estudo.

Os resultados de termografia infravermelho em 2015 (ano de forte El Niño) evidenciaram dados próximos aos obtidos nas imagens do sensor termal do Landsat 5 e 8, reforçando que o uso e a cobertura do solo podem complementadas com dados do termógrafo e os orbitais, um complementando outro no somatório de evidências térmicas na área de interesse. Desta forma, a utilização de dados de sensoriamento remoto associados às avaliações com potencializa as avaliações de TST (média das máximas e das mínimas), além de mostrar também diferenças térmicas quanto aos diferentes usos e cobertura da superfície terrestre.

Estudos mais detalhados podem subsidiar, por exemplo, informações quanto a sazonalidade dessas variações térmicas. Neste trabalho, os resultados apontam que essas informações podem ser complementares na identificação de indicadores de serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas preservadas na Flona Tapajós, bem como por possíveis serviços ambientais no seu entorno, decorrente do uso conservacionista pelos agricultores e pecuaristas, durante o processo de uso do solo, monitorados durante a periodicidade da passagem do satélite Landsat.

A termografia infravermelho confirma seu potencial de uso integrando informações de TST para subsidiar na identificação de indicadores térmicos, principalmente em áreas antrópicas que adotem estratégias de uso conservacionista do solo nos sistemas de produção, no entorno de áreas legalmente protegidas na Amazônia.

Referências

- Amorim, M. C.; Dubreuil, V.; 2015. Cardoso, R. S. Modelagem Espacial da Ilha de Calor Urbana em Presidente Prudente (SP). Revista Brasileira de Climatologia 16.
- Andriotti, J. L.; 2003. Fundamentos de Estatística e Geoestatística. Ed. Unisinos.
- Aumond, J. J., Comin, J. J.; 2012. Abordagem sistêmica e o uso de modelos para recuperação de áreas degradadas. Revista Árvore. 36(6), 1099-1118

- Bayarjargal, y.; Karnieli, A.; Bayasgalan, M.; Khudulmur, S.; Gandush, C.; Tucker, C. J.; 2006. A Comparative Study of NOAA-AVHRR Derived Drought Indices Using Change Vector Analysis. *Remote Sensing of Environment* 105, 9-22.
- Borma, L. S.; Nobre, C. A.; 2013. *Seca na Amazônia: Causas e Consequências*. Oficina de Textos, São Paulo.
- Chander, G.; Markham, B.L.; Helder, D.L.; 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment* 113, 893-903.
- Coelho, A. L.; Correa, W. S.; 2013. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: Metodologia e Aplicações. *Revista Geografia Acadêmica* 7, 1.
- Costa, A. S.; Franco, I. M.; 2013. Aplicação de Imagens Termográficas para Caracterização do Calor Urbano. *Revista de Ciências da Amazônia* 2, 18-26.
- Costa, D. F.; Silva, H. R.; Peres, L. F.; 2010. Identificação de Ilhas de Calor na Área Urbana de Ilha Solteira – SP Através da Utilização de Geotecnologias. *Eng. Agric., Jaboticabal* 30, 974-985.
- Fritzsos, E.; Wrege, M. S.; 2015. Altitude e Temperatura: Estudo do Gradiente Térmico no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Climatologia*, 16.
- Geomatic.; 2015. *Focus User Guide*. Geomatics Enterprises, Ontario.
- Leite, M. R.; 2011. *Sensoriamento Remoto Aplicado à Análise Temporal da Relação Uso da Terra / Temperatura e Albedo de Superfície na Bacia do Rio Vieira no Norte de Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia. Uberlândia. MG.
- Lombardo, M. A. 1985. *Ilha de calor nas metrópoles – o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec. pp. 244.
- Moura, A. C.; 2014. *Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciências.
- Muniz, R. A.; 2014. Integridade do ecossistema, avaliada a partir da dinâmica de temperatura de superfície e estoque de carbono no solo, na Bacia do Rio Corumbataí. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, como requisito parcial à obtenção do título Doutor em Ciências.
- Novo, E. M. L.; 2008. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. 3ed. São Paulo: Blücher.
- Pavão, V. M.; Querino, C. A.; Benedtti, C. A.; Pavão, L. L.; Querino, J. K.; Machado, N. G.; Biudes, M. S.; 2015. Temperatura e Albedo da Superfície por Imagens TM Landsat 5 em Diferentes Usos do Solo no Sudoeste da Amazônia Brasileira. *Revista Brasileira de Climatologia* 16, 2237-8642.
- PCI.; 2015. *Geomática OrthoEngine: UserGuideVersion 15*. Ontario, Canada: PCI GeomaticsEnterprises Inc. pp.68.
- Pereira, C. C.; Mariano, Z. F.; Wachholz, F.; Cabral, J. B.; 2012. Análise da Temperatura de Superfície e do Uso da Terra e Cobertura Vegetal na Bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). *Revista Geonorte* 2, 1243 – 1255.
- Pomzoni, F. J.; 2012. *Sensoriamento Remoto da Vegetação*. 2. Ed. Atualizada e ampliada – São Paulo: Oficina de Texto.
- Primavesi O.; Arzaabe C.; Pedreira M. S.; 2007. *Mudanças climáticas: visão tropical integrada tropical*, São Carlos, SP, Embrapa Pecuária Sudeste.
- Qin, Z.; Karnieli, A.; Berliner, P.; 2001. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing* 22, 3719-3746.
- Rocha, L. M. V.; Souza, L. C. L.; Castilho, F. J. V.; 2011. Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. *Ambiente Construído* 11, 161-175.
- Rogan, J.; Ziemer, M.; Martin, D.; Ratick, S.; Cuba, N.; Delauer, V.; 2013. The impact of tree cover loss on land surface temperature: A case study of central Massachusetts using Landsat Thematic Mapper thermal data. *Applied Geography* 45, 49-57.
- Sausen, T. M.; Lacruz, M. S.; 2013. *Sensoriamento Remoto para Desastre*. Oficina de Textos, São Paulo.
- Silva, J. X.; Zaidan, R. T.; 2004. *Geoprocessamento para análise ambiental*. Rio de Janeiro. pp.228 .
- Souza, L. C. L.; Tente, C. M.; Giunta, M.B.; Nakata, C. M.; 2010. Fator de visão do céu e intensidade

- de Ilhas de Calor na escala do pedestre. Ambiente. Constr 10, 4.
- Steinke, V. A.; Steinke, E. T.; Saito, C. H. 2010. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF. Revista Brasileira de Climatologia 6, 37-56.
- Toune DCM, Martorano L.G, Brienza Junior S, Dias C.T.S, Lisboa L.S, Sartorio S.D, Vettorazzi C.A.; 2016. Potential topoclimatic zones as support for forest plantation in the Amazon: Advances and challenges to growing Paricá (*Schizolobium amazonicum*). Environmental Development 18, 26-35.
- USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-5: data de passagem 01/07/2005 e 12/07/2009. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>. Acesso em 15 Jan. 2016.
- USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8: data de passagem 14/07/2015 Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>. Acesso em 15 Jan. 2016
- Yamamoto, J. K.; Landim, P. M.; 2013. Geostatística Conceitos e Aplicações. São Paulo: Oficina de Texto.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. 4 ed. New Jersey: Prentice-Hall. pp. 663.