

ESTIMATIVA POR SENSORIAMENTO REMOTO DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE EM ÁREAS DE VEREDAS

ESTIMATION BY REMOTE SENSING OF SURFACE TEMPERATURE BEHAVIOR IN VEREDAS AREAS

Lucas Augusto Pereira da SILVA¹

Manoel Reinaldo LEITE²

Raul de Magalhães FILHO³

Resumo: O objetivo deste trabalho foi entender o comportamento da temperatura de superfície em áreas de veredas no município de Buritizeiro situado no Norte de Minas Gerais. Esta análise foi subsidiada por sensoriamento remoto conjunto ao algoritmo SEBAL (Surface Energy Balances Algorithm for Land) e produtos orbitais, como imagens dos satélites Landsat 5 e 8. Foi elaborado através do software Arcmap 10.3.1 um buffer de 4 KM abrangendo as veredas que foram analisadas e mapeando os usos da Terra dentro deste perímetro. Foi possível observar dentro do período de 31 anos (1985 a 2016) alterações significativas nos usos da Terra nas áreas de veredas, consequentemente registrou-se modificações nas médias de temperatura de superfície.

Palavras-chave: Vereda, temperatura e uso da Terra.

Abstract: The objective of this work was to understand the surface temperature behavior in áreas of veredas in the municipality of Buritizeiro located in the north of Minas Gerais. This analysis was subsidized by joint remote sensing to the SEBAL (Surface Energy Balances Algorithm for Land) and orbital products, such images of the Landsat 5 and 8 satellites. A 4 KM Buffer Was developed through the software ArcMap 10.3.1 covering the veredas that were analyzed and mapping the land uses within this perimeter. During the period of 31 years (1985 to 2016) it was possible to observe significant changes in the land uses in the areas of veredas, consequently modifications of the surface temperature averages were recorded.

Keywords: Vereda, temperature, and Land Use.

Introdução

O Estado de Minas Gerais é um dos mais abastados no que se refere as formações florestais, podendo encontrar em seu território biomas como Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica. No domínio de Cerrado, encontra-se uma formação vegetal peculiar, com características diferenciadas, exigindo assim certo tratamento ecológico de cunho singular, sendo referido assim às áreas de Veredas.

Do ponto de vista conceitual, as áreas de veredas possuem características de um sistema de drenagem superficial, sendo regulado pelo regime climático regional, com cursos de água intermitentes que ocupam os interflúvios dentro do domínio Cerrado (AB' SABER, 1971). Como característica marcante desses subsistemas, Drummond et al (2005), menciona:

¹ Acadêmico em Geografia. Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES. Laboratório de Geoprocessamento/UNIMONTES. E-mail: lucaskaio1605@gmail.com

² Mestre em Geografia. Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES. Laboratório de Geoprocessamento/UNIMONTES. E-mail: LeiteManoelreinaldo@gmail.com

³ Mestrando em Geografia. Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES. Laboratório de Geoprocessamento/UNIMONTES. E-mail: rgeo.sig@gmail.com

solos argilosos, turfosos com elevada concentração de matéria orgânica. Trata-se de formações florestais frágeis e de baixa resiliência (OLIVEIRA, 2005), que vêm sofrendo ao longo dos anos drasticamente com a ação antrópica (RIBEIRO & WALTER, 2008). É sabido que este subsistema florestal está intimamente relacionado com os recursos hídricos e abastecimento dos mesmos, em outras palavras, pode-se afirmar que as veredas são como “fontes de água” sobre a superfície, no entanto a não preservação dessas áreas pode acarretar em sérios problemas ambientais, sobretudo hídricos.

Observando as principais discussões que percorrem na comunidade científica sobre a preocupação das variações climáticas em micro e macro escala, faz jus analisar uma variável de extrema importância dentro de áreas de Veredas, pois há uma intensa alteração nos usos da Terra nestes ambientes, estas alterações no caso específico da área de estudo, refere-se à supressão da mata nativa, isto pode acarretar em distorções em variáveis climatológicas, a exemplo a temperatura de superfície, a temperatura de superfície refere-se ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do corpo, sendo de extrema importância para o entendimento das interações superfície terrestre-atmosfera (PEREIRA et al., 2012).

As alterações no revestimento e do uso da terra implicam numa nova busca pelo equilíbrio da distribuição dos componentes do balanço de radiação na superfície e na atmosfera que nesse caso, consoante Leite (2011), a temperatura dos diferentes usos da terra tende a ser diretamente proporcional a quantidade de energia térmica associada. Ainda diante da concepção deste autor, pode-se argumentar o fato de que, em uma área cuja radiação solar pode ser considerada constante, as variações de temperatura e do albedo de superfície ocorrerão em função do tipo de cobertura da terra, quanto ao albedo, que é uma variável de forte influência na temperatura de superfície, Silva et al (2017) em estudo de caso no município de Várzea da Palma – MG, demonstraram que este elemento sofre grandes influências dos sistemas de uso da terra, e como o albedo é a energia refletida pelos corpos/objetos na superfície terrestre, fazendo um paralelo analítico: em uma área de vegetação densa, com em bom estágio de desenvolvimento fenológico, o percentual de energia refletida será relativamente pequeno (devido a maior absorção de energia pela vegetação em virtude de seu desenvolvimento fenológico), e consequentemente a temperatura de superfície será proporcional a este fato, ou seja, sendo mais amena.

Para estudos que envolvam monitoramento de Veredas e temperatura de superfície, o sensoriamento remoto se destaca como uma ferramenta de grande utilidade uma vez que propicia dados que se assemelham muito com a realidade da superfície. No entender de Rosa (2011) o sensoriamento remoto é a forma de obter informação de um objeto, sem que se tenha contato físico com o mesmo.

Cada objeto na Terra reflete/emite uma quantidade heterogênea de energia em comprimentos de onda singulares (em diferentes faixas espectrais, como o Vermelho Visível, Infravermelho Próximo, Médio e Termal), que são detectados pelos sensores remotos, assim sendo gerados produtos orbitais. No que diz respeito à aplicação de técnicas de sensoriamento remoto para estudos de vegetação no Brasil, teve início por volta da década de 1940, com os primeiros mapeamentos a partir de aerofotografias (PONZONI & SHIMABUKURO, 2007).

No tocante ao mapeamento da temperatura de superfície, a melhor faixa que permite uma maior transmissão da energia emitida da Terra que alcança o sensor na região do infravermelho termal do espectro eletromagnético é o intervalo de 8,0 a 14,0 μm (STEINKE et al, 2010).

Diante disso, estudos envolvendo o comportamento de temperatura de superfície em áreas de veredas são fundamentais para os planejamentos ambientais podendo inseri-los dentro da gestão integrada dos recursos naturais, uma vez que, apesar de sua grande importância ambiental, estudos que buscam analisar o nível de conservação das veredas são escassos, principalmente aqueles que abordam a utilização de ferramentas do sensoriamento

remoto, que permitem a obtenção de informações de forma rápida e eficiente e que vêm sendo largamente utilizadas em estudos de vegetação. E neste devir o sensoriamento remoto vêm ganhando destaque em estudos sobre o monitoramento e modelagem do espaço terrestre.

Para este estudo, além das técnicas do sensoriamento remoto utilizou-se o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balances Algorithm for Land), utilizado para mensurar parâmetros biofísicos na superfície em grandes extensões territoriais.

O SEBAL é um algoritmo de grande aceitação na comunidade de ciência, uma vez que o mesmo vem propiciando vários resultados satisfatórios quanto à mensuração de dados envolvendo o balanço de radiação e energia. A saber, este algoritmo foi testado e validado em diversas regiões do mundo como, por exemplo, E.U.A, China, Egito, Espanha, Argentina, Índia, Brasil entre outros, conforme Tasumi (2003), e sobretudo em diferentes realidades naturais (climáticas, vegetacionais, geomorfológicas, geológicas e etc.)

Desta forma, este estudo se objetivou em entender o comportamento da temperatura de superfície em 3 áreas de Veredas no município de Buritizeiro na mesorregião norte-mineira. Nesta análise foi escolhido um período de 31 anos (1985 a 2016). A escolha dessa localidade se dá devido à intensificação das atividades antrópicas no município durante os anos mapeados.

Caracterização da área de estudo

Veredas são áreas de nascentes propícias à rápida degradação devido intervenções antrópicas, como queimadas, desmatamentos, pastagens e drenagem (NUNES, 2009).

As áreas de veredas representam papel de fundamental importância para a manutenção do equilíbrio ecológico. Segundo Walter (2008), Vereda possui uma fitofisionomia marcada pela presença da palmeira arbórea Buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) e espécies arbustivo-herbáceas. O Buriti é uma espécie típica de áreas úmidas e sua ocorrência está fortemente associada ao interior da Vereda (BAHIA et al., 2009).

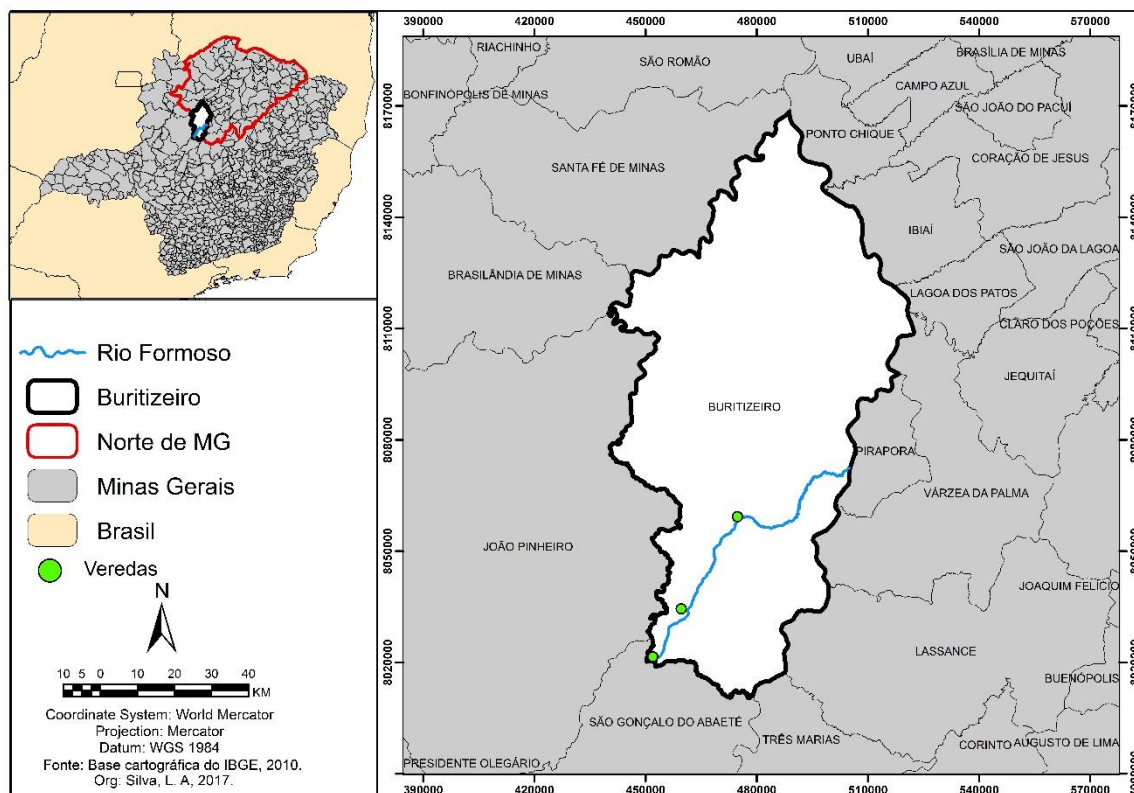
As veredas analisadas estão localizadas no município de Buritizeiro que se situa no Norte de Minas Gerais, o município de Buritizeiro está entre os paralelos de 16° 30' S e 18° 00' Sul e entre os meridianos 45°40' O e 44°57' Oeste de Greenwich. É o quinto maior município de Minas Gerais, com área de 7255,6 Km², com população estimada em 2010 de 26.921 habitantes (IBGE, 2011).

O município tem parte de sua história ligada às atividades agropecuárias, intensificadas a partir da década de 1970 com incentivos fiscais e econômicos dos governos federais e estaduais, objetivando a dinamização do setor rural, uma vez que neste período o município integrava a área da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, (TRINDADE, 2007).

No Município de Buritizeiro, a sequência Cretácea é representada pelos Grupos Urucuia e Areado, sobrepostos, na maioria da área, às rochas da Formação Três Marias (Grupo Bambuí) (Melo & Espindola, 2006). Ainda para esses autores, na área municipal identificam-se dois níveis de planaltos.

O tipo climático caracterizado para o município é o tropical úmido/subúmido, com inverno seco e verão chuvoso, o regime térmico é caracterizado por temperaturas médias mensais: janeiro em torno de 25°C a 24°C; junho e julho entre 20°C a 21°C. Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2005), a média de pluviosidade para o município no período de 1970 a 2002 foi de 1195,9 mm.

Nas três veredas encontradas encontrou-se aspectos negativos no que se refere ao nível de conservação, uma vez que foi possível observar a antropização dentro dessas áreas de veredas. As áreas de estudo estão situadas na seguinte localização segundo a figura 1:

Figura 1- Localização do município de Buritizeiro e das Veredas em análise.

A fitofisionomia da área está modificada, apresenta porções de buriti, porém com os avanços da ação antrópica não se sabe até quando manterá esta fitofisionomia, principalmente observando os avanços das áreas de cultivos, pastos e eucalipto ao longo do município.

Procedimentos metodológicos

Para a execução deste trabalho foram selecionados produtos cartográficos, como dados satelitários (imagens) dos satélites Landsat 5 e 8 (TM e OLI) disponibilizadas pelo INPE (instituto nacional de pesquisas espaciais), referentes às datas 02/07/1985 e 08/08/2016 da órbita 219 e ponto 72, a escolha das datas e período inverno se deu pelo menor índice de cobertura de nuvens no momento da passagem do sensor.

No ArcMap(salienta-se que o software utilizado é licenciado pelo laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES) foi realizado o mapeamento do uso da Terra de um Buffer selecionado a partir do limite do rio Formoso, buffer de 4 KM. Neste software também foram elaborados os mapas temáticos sobre uso da Terra, localização da área de estudo e por fim, a coleta dos dados amostrais nas áreas de veredas analisadas neste estudo.

Para o mapeamento do uso da Terra, foi realizada a foto-leitura das imagens, afim de um melhor entendimento com objetivo de estabelecer as classes de usos da Terra. Foram estabelecidas 7 classes de usos da Terra dentro do Buffer, são elas: Água, Cerrado, Cultivos, Eucalipto, Formações de Cerrado afins, Pasto e Solo Exposto.

Optou-se pela classificação supervisionada para as duas imagens, para a classificação utilizou-se o classificador Maxver.

Esta classificação foi feita diante de um buffer de 4 KM, considerando o limite do rio Formoso, justifica esse buffer devido à proximidade das veredas analisadas para com o rio, uma delas é a nascente do rio Formoso, denominada neste trabalho como Vereda 1.

Ainda no ArcMap 10.3.1 foram feitos poligonais nas áreas de Veredas, com objetivo de analisar a temperatura de superfície tanto no ano de 1985 quanto em 2016. Essas amostras foram extraídas nas imagens (TM e OLI) através da função zonal statistics do Arcmap10.3.1 e manipuladas para que houvesse o cálculo das médias de temperatura de superfície.

No tocante ao mapeamento da temperatura de superfície no algoritmo SEBAL, o processamento referente à imagem do satélite Landsat-8, seguiu-se os procedimentos que estão explicitados no trabalho de Machado (2016) que analisou as áreas de arenização e areais no Sudoeste de Goiás, via sensoriamento remoto buscando identifica-las e mapeá-las. Neste trabalho supracitado ainda podem ser observados os parâmetros referentes às imagens OLI.

Para este mapeamento da temperatura de superfície com as imagens do satélite Landsat-5 foi necessário montar um quadro (quadro 1) com os valores constantes como requisito de transformações dos níveis digitais das imagens em radiância e reflectância, tais dados foram fornecidos pelo serviço geológico dos E.U.A.

Quadro 1 – Mapeador Temático TM Landsat 5: descrição, intervalo de comprimentos de onda e coeficientes de calibração, radiâncias espectrais mínima (a) e máxima (b) e irradiância espectral no topo da atmosfera para imagens até 04/05/2003.

Descrição dos canais	Comprimento de onda (µm)	Coeficiente de calibração (Wm ⁻² sr ⁻¹ µm ⁻¹)		Constante solar (Wm ⁻² µm ⁻¹)
		a	b	
Banda 1 (azul)	0,45 – 0,52	-1,52	152,0	1958,00
Banda 2 (verde)	0,53 – 0,61	-2,84	296,81	1828,00
Banda 3 (vermelho)	0,62 – 0,69	-1,17	204,3	1559,00
Banda 4 (infravermelho próximo)	0,78 – 0,90	-1,51	206,2	1045,00
Banda 5 (infravermelho médio)	1,57 – 1,78	-0,37	27,19	219,00
Banda 6 (infravermelho termal)	10,4 – 12,5	1,2378	15,303	-
Banda 7 (infravermelho médio)	2,10 – 2,35	-0,15	14,38	75,00

Fonte: Serviço Geológico dos Estados Unidos da América.

Seguiu-se as seguintes etapas para a obtenção da temperatura de superfície:

Etapas 1: Radiância

Esta etapa consiste na conversão dos números digitais (ND) em radiância espectral monocromática que representa a radiação solar refletida e a radiação emitida pela Terra, para as bandas 1,2,3,4,5,6 e 7. Utilizou a equação 01 proposta por Markham e Barker (1986):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} \times ND \quad (01)$$

Onde a e b correspondem às radiâncias espectrais máximas e mínimas ($\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$) ND são os níveis digitais de cada pixel da imagem, que variam de 0 a 255, í são as bandas (1,2,3,4,5,6 e 7) do satélite TM Landsat-5.

Etapa 2: Reflectância

A reflectância é a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação global incidente, para tal, utilizou-se a equação02 proposta por Allen et. al. (2002):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (02)$$

$L_{\lambda i}$ é a radiância monocromática de cada banda do TM Landsat-5, $K_{\lambda i}$ é a irradiância solar no topo da atmosfera de cada banda. Z é o ângulo zenital.

d_r é o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol de acordo com o dia ao longo do ano. Pode ser encontrada com a equação03 proposta por Duffie e Beckman (1980):

$$d_r = 1 + 0,033 \cos(2 \pi \text{DDA} / 365) \quad (03)$$

Sendo DDA o dia sequencial do ano, começando de 1 de janeiro e considerando fevereiro com 28 dias.

Etapa 3: Albedo planetário

O albedo planetário corresponde ao poder de reflexão da superfície mais a atmosfera e seus componentes para os comprimentos de onda curta ($0,3 - 3,0 \mu\text{m}$). Sua obtenção se dá através do ajuste linear das reflectâncias espectrais ρ_{λ} com pesos ω_{λ} através da equação 04 (GOMES, 2009).

$$\omega_{\lambda,b} = \frac{ESUN_{\lambda,b}}{\sum ESUN_{\lambda,b}} \quad (04)$$

Etapa 4: Albedo corrigido

O poder refletor da superfície ou albedo de superfície pode ser entendido como o coeficiente de reflexão da superfície para a radiação de onda curta, corrigidos os efeitos atmosféricos. Trata-se de uma medida adimensional que pode ser avaliada pela razão entre a radiação direta e a difusa em função do ângulo zenital solar. A obtenção do albedo de superfície se deu por meio da equação 05 recomendada por Allen et. al. (2002).

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad (05)$$

Sendo que, α_{toa} é o albedo planetário e α_p é a radiação solar refletida pela atmosfera variando de 0,025 a 0,04. E τ_{sw} é a transmissividade da atmosfera que nas condições de transparência calcula-se utilizando a equação 06 de acordo com Allen et. al. (2002).

$$\tau_{sw} = 0,75 + 2 \times 10^{-5} z \quad (06)$$

Em que z é a altitude em metros de cada pixel da imagem.

Etapa 5: NDVI, SAVI e IAF

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) é obtido através da razão entre a diferença das refletividades do IV-próximo (IV ρ) e do vermelho (V ρ), pela soma das mesmas, de acordo com a equação 07:

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (07)$$

Onde IV ρ e V ρ correspondem, respectivamente, as bandas 4 e 3 do LandSat-5 Sensor TM.

Para o cálculo do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (*Soil Adjusted Vegetation Index* – SAVI) que é um índice que busca amenizar os efeitos do “background” do solo, tem sido utilizada a expressão 08 (Huete, 1988):

$$SAVI = \frac{(1+L) \times (\rho_4 - \rho_3)}{(L + \rho_4 + \rho_3)} \quad (08)$$

Onde o fator L é uma função do tipo de solo. Em estudo recente, utilizamos $L = 0,1$, embora o seu valor mais frequente seja $L = 0,5$ (Huete&Warrick, 1990; Accioly et al., 2002; Boegh et. al., 2002).

O Índice de Área Foliar (IAF) é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. O IAF é um indicador da biomassa de cada pixel da imagem e o mesmo foi computado pela seguinte equação 09, obtida por Allen et al. (2002):

$$IAF = - \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (09)$$

Etapa 6: Emissividades

Para a obtenção da temperatura da superfície, é utilizada a equação de Planck invertida, válida para um corpo negro. Como cada pixel não emite radiação eletromagnética como um corpo negro, há a necessidade de introduzir a emissividade de cada pixel no domínio espectral da banda termal ϵ_{NB} , qual seja: $10,4 - 12,5 \mu m$. Por sua vez, quando do cômputo da radiação de onda longa emitida por cada pixel, há de ser considerada a emissividade no domínio da banda larga $0 \epsilon (5 - 100 \mu m)$. Segundo Allen et al. (2002), as emissividades NB ϵ e 0ϵ podem ser obtidas, para $NDVI > 0$ e $IAF < 3$, segundo as equações 10 e 11:

$\varepsilon_{NB} = 0,97 \ 0,0033$. IAF (10) $\varepsilon_0 = 0,95 \ 0,01$. IAF (11)
Para pixels com IAF ≥ 3 , $\varepsilon_{NB} = \varepsilon_0 \ 0,98$ e para corpos de água (NDVI < 0) = ε_{NB}
0,99 e $\varepsilon = \varepsilon_0 \ 0,985$, conforme recomendações de Allen e al. (2002).

Etapa7: Temperatura de superfície

Para a obtenção da temperatura de superfície (T_s) são utilizadas a radiância espectral da banda termal L λ , 6 e a emissividade ε_{NB} obtida na etapa anterior. Dessa forma, obtém-se a temperatura da superfície (K) pela equação 12:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\varepsilon_{NB} K_1}{L_{\lambda,6}} + 1\right)} \quad (12)$$

$K_1 = 607,76 \text{ Wm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$

$K_2 = 1260,56 \text{ K}$

São constantes da banda termal do Landsat-5 (Allen et al., 2002; Silva et al., 2005).

Resultados e Discussão

As análises feitas na imagem para o período escolhido em 1985 durante a passagem do sensor, demonstraram pontos positivos no que se refere à preservação de áreas com vegetação nativa nas 3 veredas monitoradas e às margens do rio Formoso. Porém já neste período pode-se observar alguns avanços e aproximações de áreas antropizadas nas Veredas, principalmente nas veredas 1 e 2, ao Sul do buffer mapeado, onde observa-se uma grande área de solo em exposição e/ou de preparo para cultivo, conforme demonstrado na figura 2.

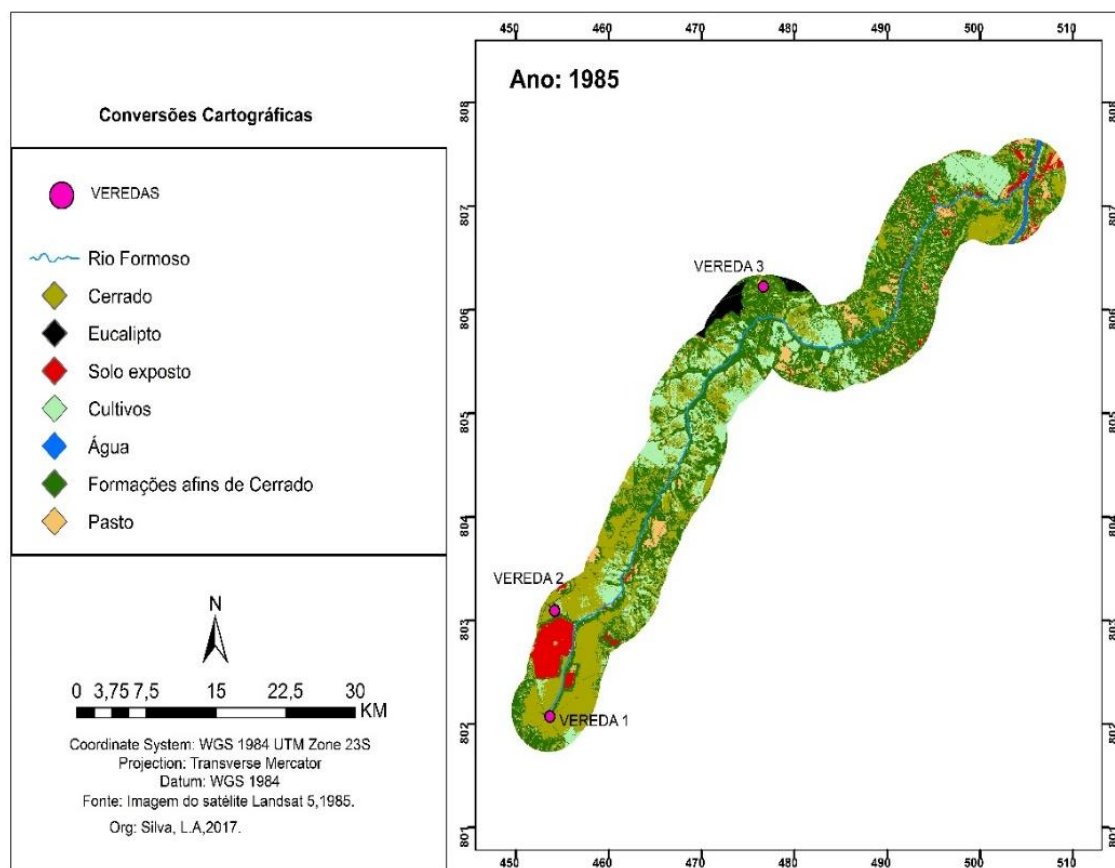
No tocante das áreas de formações afins de Cerrado, se encontra áreas de mata ciliar, principalmente às margens do Rio formoso e em córregos e lagos próximos ao mesmo. Deve-se destacar dentro desta classe, as áreas de Buritis que compõe as proximidades das veredas analisadas neste período (1985) é notório que há uma preservação dessa vegetação nativa, onde ela detém de 40,40% do território mapeado (buffer de 4 KM). Neste período há uma grande concentração das áreas de Cerrado, nesta classe foram encontradas áreas de formações campestres, Cerradão e formações em diferentes estágios de crescimento, essa classe ocupa 29,59% do território analisado. A classe água ocupava 0,49% no território.

Referente às classes antropogênicas, as áreas de Eucalipto ocupavam neste período 1,39% do território, tendo concentração nas áreas mais altas do município. O solo exposto ocupava 4,62%, essas áreas eram destinadas aos pastos que iriam surgir às proximidades do rio Formoso, dessa maneira foram destinados (solo exposto) às áreas de preparo para cultivos, que já neste período ocupavam 17,59% na área analisada. A pastagem no período analisado em 1985, ocupou 5,92% do território, essa classe mostrava poucas porções ao longo do buffer analisado.

No período analisado em 1985, observa-se que as classes “naturais” detinham de maior espacialização no território analisado, consequentemente as áreas de veredas foram mantidas como conservadas neste período, com uma boa concentração de buritis (formações afins de Cerrado) e com densa formação de Cerrado nas proximidades, assim mantendo neste período a conservação das veredas analisadas. Porém, como já mencionado, na vereda 2, já

havia uma aproximação das classes antrópicas, entre elas estão áreas de preparo para cultivos, arados para pastos e concentração de cultivos.

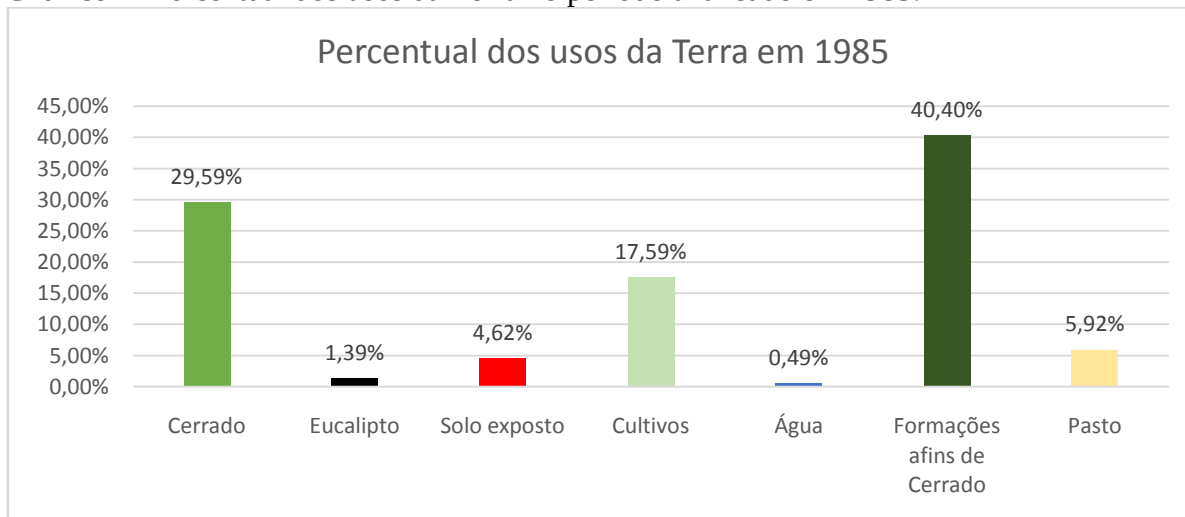
Figura 2- Mapa de uso da Terra às margens do rio Formoso (1985).



Mapa de Uso da Terra no Buffer mapeado (1985)

No gráfico 1 seguem os percentuais do mapeamento do uso da Terra estabelecido no buffer:

Gráfico 1- Percentual dos usos da Terra no período analisado em 1985.



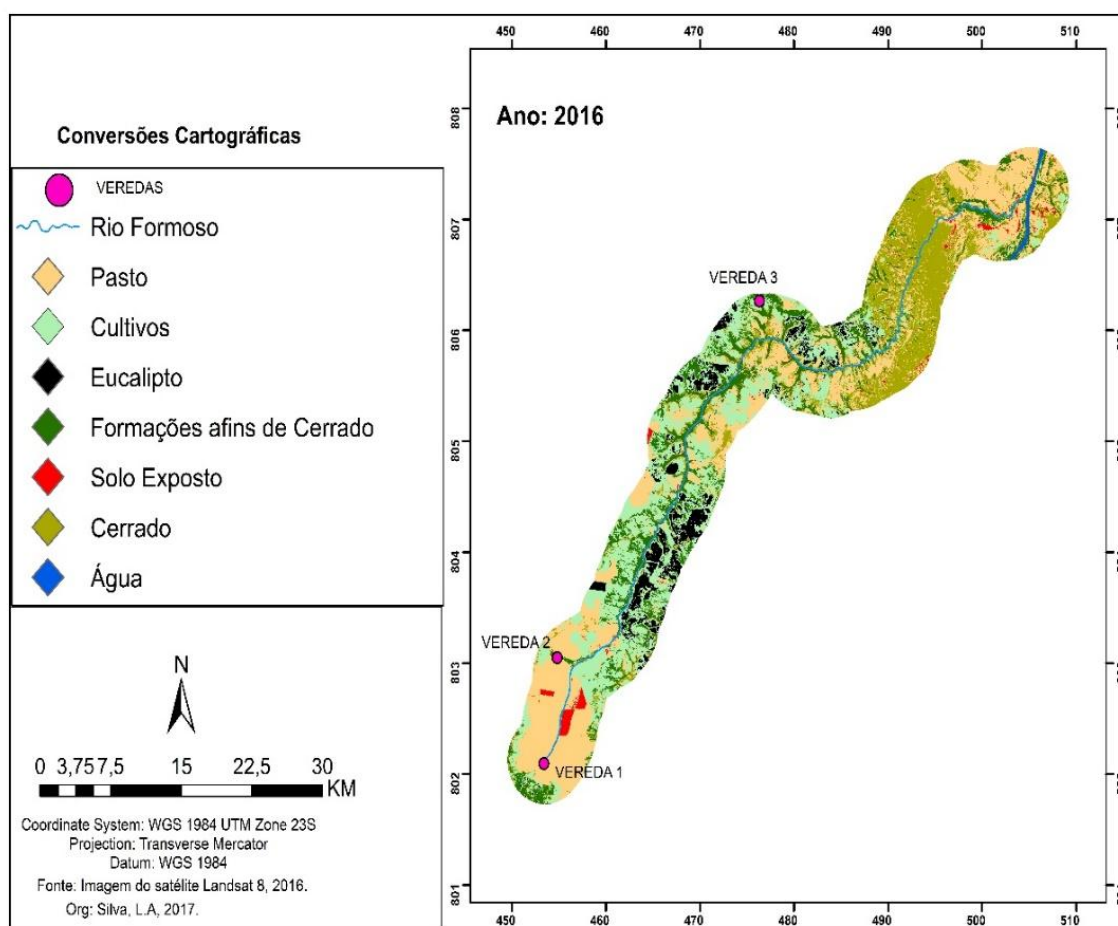
Na vereda 1, observa-se às suas proximidades concentração de áreas de Cerrado e formações afins de Cerrado, essa área é referente à nascente do rio Formoso, em 1985 durante a passagem do sensor ela apresentou características de uma vereda preservada, mesmo não pertencendo à área de preservação ambiental.

A vereda 2, como foi mencionado, apresenta em suas proximidades áreas das classes antropogênicas, mas, tangente à sua fitofisionomia, apresentou ainda ser uma vereda conservada no período analisado em 1985.

No tocante da vereda 3, é possível afirmar que a mesma detinha de maiores condições de preservação ambiental, devido a concentração das áreas de formações de afins de Cerrado e do Cerrado em diferentes estágios de crescimento nas proximidades da localidade.

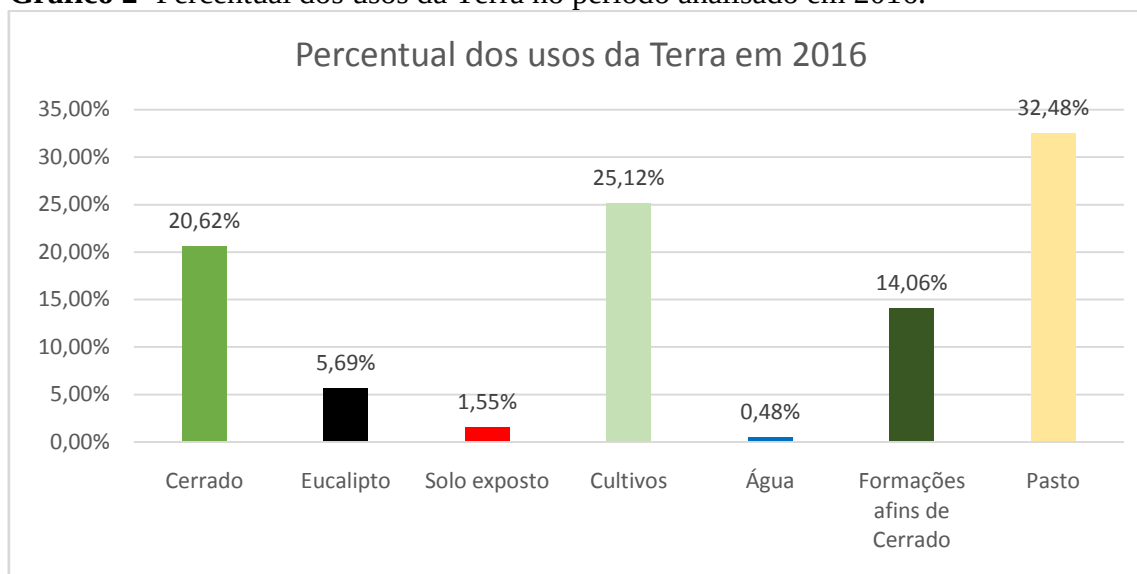
Dentro de 31 anos, essa situação da espacialização dos usos da Terra sofreu uma grande variação entre as classes mapeadas, conforme pode ser observado na figura 3:

Figura 3-Mapa de uso da Terra às margens do rio Formoso (2016).



Mapa de Uso da Terra no Buffer mapeado (2016)

No gráfico 2, tem-se a demonstração da variação dos usos da Terra em percentual para o período analisado em 2016.

Gráfico 2- Percentual dos usos da Terra no período analisado em 2016.

Ao observar o mapa da figura 3 e o gráfico 2, é notório que há grandes avanços das classes antrópicas dentro de um espaço-temporal de 31 anos (1985 a 2016), no tocante das áreas denominadas como Cerrado, há um decréscimo de 8,97% dentro do espaço mapeado em 2016, ao comparar com o percentual que havia em 1985, no momento da passagem do sensor.

Consoante às áreas de formações afins de Cerrado, também é notório o decréscimo dessa classe de uso da Terra, que passa a possuir em 2016 14,06% do território mapeado, ou seja, perdeu 26,34% do seu espaço no território mapeado no intervalo de 31 anos. Este fato pode estar associado aos aumentos significativos das classes antrópicas. A classe água detém de 0,48% do território mapeado.

Dentro das classes antropogênicas, a área classificada como pastagem, é a que se destaca no que se refere aos avanços na espacialização do território. Esta classe teve um aumento percentual de 26,56% se comparada com o percentual que detinha no período analisado em 1985. Este crescimento é fomentado devido o modelo motriz do município de Buritizeiro, o agropecuário.

A classe denominada como cultivos, sofre um acréscimo de 7,53% na espacialização do território analisado em 2016, ao comparar com o período de análise em 1985. Observa-se na figura 3 o aumento significativo dos pivôs centrais ao longo do curso do rio formoso.

Os plantios de Eucalipto são especializados com maior intensidade no período analisado em 2016, obtendo um percentual de 5,69% do território mapeado, sofrendo acréscimo de 4,3% se comparado com o período analisado em 1985. Estes plantios estão concentrados nas áreas de maiores altitudes do município de Buritizeiro.

Tangente à classe de solo exposto, teve um decréscimo de 3,07% na espacialização do território. Este decréscimo estar relacionado ao crescimento de classes como pasto e cultivos, sendo notório ao observar na figura 3, ao Sul do buffer, que, a localidade que em 1985 era destinada a solo exposto passa a dar lugar às áreas de pastagens.

Ao observar na figura 3 as áreas de Veredas (1,2 3) é notório a grande variação da espacialização dos usos da Terra nessas localidades, configurando um cenário totalmente contrário às áreas observadas no período analisado em 1985.

No tocante à vereda 1, observa-se em suas proximidades, grandes concentrações de áreas de pasto, modificando por completo a sua fitofisionomia, deixando poucas porções da vegetação Cerrado e das suas formações afins. Podendo assim afirmar que a vereda 1 encontra-se em processo de degradação, onde perdeu percentuais significativos da vegetação

nativa que estava presente na mesma, sendo convertida para áreas antropizadas, com maior frequência e intensidade, as áreas de pastagens, como pode ser observado na figura 3.

Referente à vereda 2, que se encontra em proximidade da vereda 1, é possível observar uma semelhança referente à espacialização do uso da Terra em suas proximidades, se comparada com a vereda 1. Tendo assim, concentração de áreas de pasto e avanços da classe de cultivos, além de áreas de solo em exposição. Observa-se que ainda nessa vereda (vereda 2) tem-se concentração da vegetação nativa, porém algo bem menor ao ser comparada com o período analisado em 1985.

Na vereda 3, observou-se avanços das áreas de cultivos, porém, há uma certa conservação tangente às áreas de vegetação nativa, dentro das 3 áreas analisadas, esta é a que mais predomina as formações florestais, mas, como mencionado, há avanços das áreas de cultivos.

Veredas são áreas de nascentes sujeitas à rápida degradação devido as intervenções antropogênicas, bem como queimadas, desmatamentos, pastagens e drenagem (BOAVENTURA, 2007; NUNES, 2009; FONSECA, 2011), isso evidenciado dentro desta análise do uso da Terra nas áreas de Veredas no município de Buritizeiro, ao longo do rio Formoso, tributário do rio São Francisco.

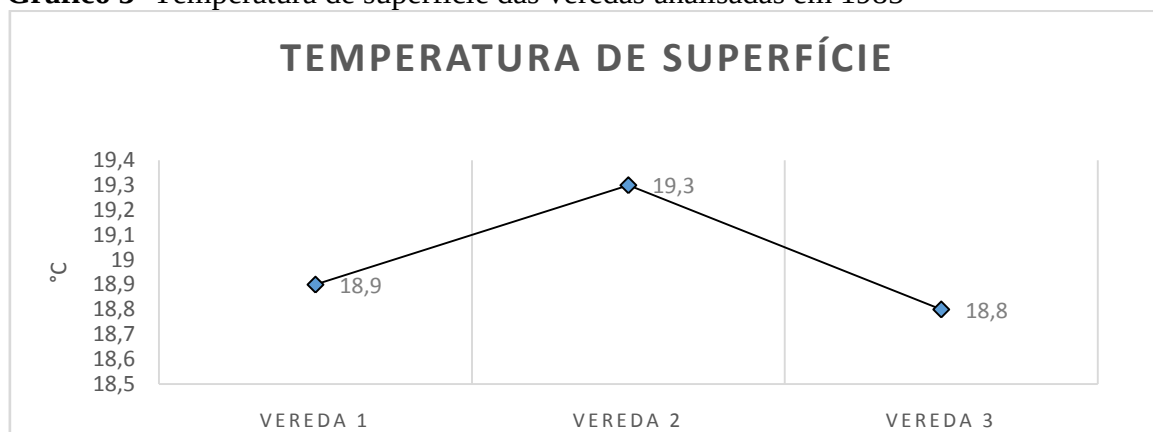
Diante desta análise da espacialização do uso da Terra em escala temporal, observou-se que, no período analisado em 1985, as veredas analisadas, detinham de maior concentração de vegetação nativa, mas ao longo dos anos mapeados (31 anos) houveram aumentos significativos das classes antrópicas, principalmente as classes de pastagem e cultivos que juntas detêm de 57,6% da espacialização no perímetro analisado em 2016. Mesmo com a união das classes de formações florestais de cunho natural (34,68%) no período analisado em 2016, os valores percentuais são menores que o percentual apresentado pela classe de formações afins de Cerrado em 1985 (40,40%).

Portanto, diante dessa supressão da mata nativa e consequentemente a degradação das áreas de veredas que foram analisadas, analisou-se diante das concepções climatológicas as variações de temperatura de superfície nesses ambientes conservados (em 1985) e degradados pelos avanços dos usos da Terra das classes antrópicas e supressão da vegetação nativa, buscando entender qual seriam as variações concebidas a estes ambientes nessas diferentes condições.

Comportamento da temperatura de superfície

Diante dos níveis de conservação analisados nas 3 veredas em ênfase de acordo com o mapeamento do uso da Terra do Buffer às margens do rio Formoso, montou-se gráficos comparativos das médias termais amostradas das veredas, sendo que, no período analisado em 1985, as veredas apresentaram melhores níveis de conservação de seus recursos naturais, em enfoque a presença de sua vegetação nativa, que neste período se enquadrava dentro da classe de uso da Terra com maior percentual do território mapeado, cerca de 40,40% conforme apresentado no gráfico 1.

No gráfico 3, estão as médias termais das veredas analisadas em 1985 durante o momento da passagem do sensor:

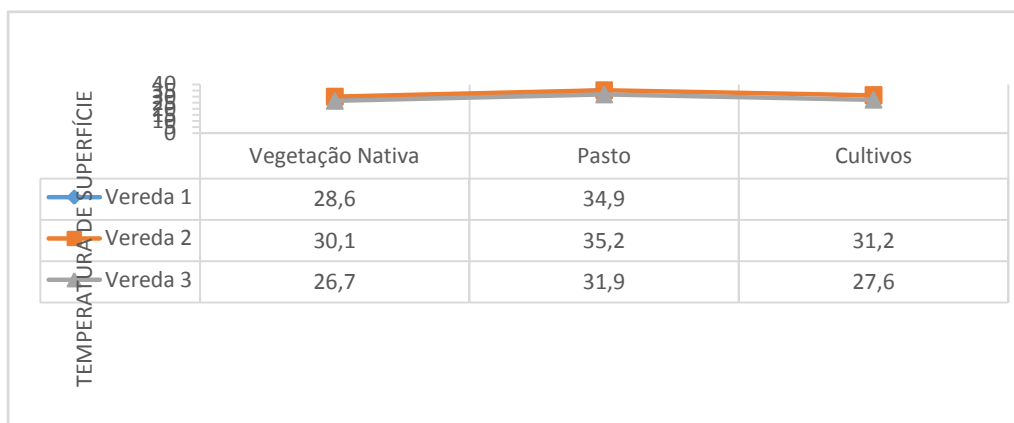
Gráfico 3- Temperatura de superfície das veredas analisadas em 1985

As amostras foram coletadas de acordo com os usos da Terra presentes nas veredas, uma vez que, o uso da Terra, tende a ter forte relação com a temperatura de superfície, como evidenciam trabalhos de Leite (2011), Pereira et al., (2012), Delgado et al., (2013), onde nestes evidenciam uma dinâmica entre os diferentes usos da Terra e a temperatura de superfície. Nos trabalhos supracitados, a temperatura de superfície tendeu a se comportar de acordo com os usos da Terra.

Conforme o gráfico 3, as médias termais variaram entre 18,8°C e 19,3°C. Tais temperaturas superficiais são destinadas às áreas de vegetação nativa que se encontravam nesses ambientes, podendo relacionar assim a conservação desses ambientes com a temperatura de superfície nos mesmos.

Esse comportamento pode estar relacionado à energia absorvida pela vegetação nativa, uma vez que, pode-se citar o fato de que em uma área cuja radiação solar pode ser considerada constante, as variações de temperatura e do albedo de superfície ocorrerão em função do tipo de cobertura da terra e sobretudo de suas características singulares. Tendo em vista que um sistema de uso florestal tende a consumir maior quantidade de energia térmica do que um sistema de uso com solo em exposição. Diante deste contexto é possível afirmar que a vegetação natural funciona como um regulador térmico microclimático, um dos possíveis motivos pode estar relacionado às suas características fenológicas.

No gráfico 4, tem-se os dados das mesmas veredas, porém para o ano de 2016 durante a passagem do sensor, para demonstrar a variação da temperatura de superfície nas Veredas 1, 2 e 3 em escala espaço temporal.

Gráfico 4- Temperatura de superfície das veredas analisadas em 2016.

Para este período de análise, selecionou-se 3 tipos de usos da Terra presentes nas áreas de vereda, vegetação nativa, cultivos e pasto, os cultivos são mais evidentes nas veredas 2 e 3, portanto, para a vereda 1 optou-se somente nos usos de pasto e vegetação nativa.

No tocante à vereda 1, observa-se a partir das médias termiais que, com a degradação e avanços de áreas antrópicas há uma alteração significativa da temperatura de superfície deste ambiente. A área de pastagem que foi amostrada correspondeu à temperatura superficial de 34,9°C, essa elevação da temperatura de superfície nesse uso da Terra pode estar associada às suas características fenológicas e ao período de análise (período de inverno), pois no período de inverno as áreas de pastagens se encontram em regime hídrico, o que pode diminuir sua taxa evapotranspirativa e consequentemente diminuir a umidade nessas áreas, acarretando em elevação da temperatura de superfície.

No que tange à temperatura de superfície das áreas de vegetação nativa no ambiente de vereda, observou-se aumentos, de aproximadamente 9,7°C se comparada com as amostras coletadas no período de análise em 1985, este comportamento foi comum nas outras veredas, em que, na vereda 2 a média termal foi de 30,1°C, tendo aumento de 10,8°C ao ser comparada com a média obtida na coleta feita na imagem consoante ao período analisado em 1985, já a vereda 3 apresentou temperatura média de 26,7°C nas amostras da área de vegetação nativa, diferença de 7,9°C, ao comparar com as amostras analisadas na imagem registrada no momento da passagem do sensor em 1985.

Esses aumentos da temperatura superficial da vegetação nativa podem ser relacionados com a espacialização e aumentos das áreas de pasto, uma vez que, quando considerada à luz das concepções da termodinâmica, implica que um determinado ambiente quando alterado, ainda que seja um pequeno fragmento de área, tende a restabelecer o equilíbrio térmico com os seus sistemas circunvizinhos, ou seja, haverá transferência de energia e consequentemente variação na temperatura e no albedo de superfície no tempo e no espaço (LEITE, 2011).

As áreas de pastagens presentes nas veredas 2 e 3 registraram temperaturas superficiais de 35,2°C e 31,2°C respectivamente. Já as áreas de cultivos apresentaram médias de 31,9°C e 27,6°C. Conti (2011), explica que com o desmatamento, surgem grandes extensões de solo em exposição, fato este que propicia alteração na refletância da superfície, aumentando os valores do albedo e consequentemente aquecendo a superfície, ou seja, havendo elevação na temperatura de superfície.

Consoante ao caso específico de estudo, nos gráficos 1 e 2 referentes aos percentuais dos usos da Terra nas veredas analisadas é notório os avanços das áreas de pastagem ao comparar os dois períodos de análise (1985 e 2016). Com isso é possível observar o comportamento da temperatura superficial divergentes nessas coberturas do solo, comportando com decréscimos nas áreas de vegetação nativa e acréscimos nas áreas de pastagem.

Esta análise da mudança das paisagens incluindo os sistemas de usos da Terra em ambientes de vereda é de suma importância, devido à importância ecológica desse ambiente, sua fitofisionomia peculiar e sua função hidrológica.

Apontar por meio de técnicas de sensoriamento remoto o comportamento termal diante desses ambientes é algo que pode servir de instrumento e ferramenta para elaboração de avaliações ambientais para serem inseridos na gestão dos recursos naturais de uma dada localidade, a exemplo do município de Buritizeiro.

As formações florestais analisadas não fazem parte de áreas de preservação ambiental, este é um fato que chama atenção, pois, na atualidade estudos sobre mudanças climáticas, desmatamentos e preservação dos recursos naturais em busca de sustentabilidade ambiental estão sendo muito discutidos.

Dado a importância dessas veredas estudadas, argumentando sobre a vereda 1, principalmente porque é a nascente do rio Formoso, dentro do mapeamento e das amostras

extraídas nas imagens termais esta é a vereda que mais sofreu com a ação antropogênica entre as 3 veredas analisadas, observando principalmente o avanço da área de pastagem sobre esta vereda. A vereda 3, mostrou aspectos que a denomina como degradada, mas entre as veredas analisadas, esta é a que mais apresenta presença de vegetação nativa.

Considerações finais

As discussões alavancadas neste estudo mostraram a grande variabilidade dos usos da Terra dentro de um espaço de 4 km que abrange as margens do rio Formoso que é um afluente do rio São Francisco, neste mesmo espaço estão as 3 veredas analisadas, entre elas a nascente do rio Formoso, essa foi a vereda que demonstrou sofrer a maior variação dos usos da Terra, principalmente no consoante às áreas de pastagens.

A temperatura de superfície dessas áreas foi conseqüentemente alterada diante das modificações dos sistemas de usos da Terra nesses ambientes. Essas alterações na temperatura superficial foram de aumentos significativos. Mostrando que, com a supressão da mata nativa nas áreas de veredas, sendo substituídas por áreas de pastagens, cultivos rasteiros, a temperatura de superfície tende a se elevar.

Como já foi mencionado em momentos dessa discussão, as veredas analisadas, não fazem parte de áreas de preservação ambiental, este fato conduziria a tais ações antropogênicas diante das veredas analisadas.

Esta análise foi subsidiada pelo sensoriamento remoto e pelo algoritmo SEBAL, que mostraram serem ferramentas de competência e eficiência consoante às análises sobre temperatura de superfície relacionada aos usos da Terra.

As veredas são formações florestais de grande fragilidade e importância para os sistemas ambientais, devido a sua função no ciclo hidrológico, porém a ação antrópica não tem visado esta questão, os modelos econômicos visam somente a exploração intensificada sem pensar em ações sustentáveis de suas atividades.

Diante deste prisma, as geotecnologias e suas aplicações geográficas tendem a fornecer dados e estudos quantitativos e qualitativos diante de uma visão pluralista entre as ciências aplicadas e ambientais para um entendimento dos acontecimentos na superfície diante das ações humanas.

Referências

ALLEN, R. G., TASUMI, M. AND TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) Advanced Training and Users Manual – **Idaho Implementation**, version 1.0, 97 p., 2002.

ALMEIDA, R.P.; VELOSO, V.H.S.; NERY, C. V.M. 2016. Uso do sensoriamento remoto para caracterização de veredas em diferentes estágios de conservação. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.09, n.05 (2016) 1591-1605.

ANA – Agência Nacional de Águas, Superintendência de Informações Hidrogeológicas, (SIH). **Águas Subterrâneas**. Brasília. 2005.

BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in**

Mediterranean climate. PhD. Dis., CIP Data KoninklijkeBiblioteheek, Den Haag, the Netherlands. 272 p.,1998.

BOAVENTURA, R. S. 2007. **Veredas: berço das águas.** Belo Horizonte: Ecodinâmica, 264 p.

CONTI, J. B. 2011. **Clima e meio ambiente.** 7 ed. São Paulo: Atual, 96 p.

DUFFIE, J.A., BECKMAN, W.A., 1980. **Solar Engineering of Thermal Process**, 1st ed. John Wileyand Sons, NY.

FONSECA, D. S. R.; NASCIMENTO, C. R.; MIRANDA, W. A.; FIGUEIREIDO, F. P. 2011. Diagnóstico do uso do solo e degradação ambiental na bacia hidrográfica do Pandeiros-MG como subsídio para estudos de impacto ambiental. **Revista eletrônica de Geografia** 1, 1-20.

HUETE, A. R. A soiladjustedvegetation index – SAVI. **Remote Sensing of Environment**, v. 25, 295–309 p., 1988.IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>. Acesso em: jun/2017.

LEITE, M. R. Sensoriamento remoto aplicado na análise temporal da relação uso daterra/temperatura e albedo de superfície na bacia do Rio Vieira no norte de Minas Gerais.Uberlândia, MG. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Uberlândia, Minas Gerais, 2011.114 p.

MACHADO, L.M. Áreas de arenização e areais no Sudoeste de Goiás: O uso do sensoriamento remoto para identificação e mapeamento. Goiás. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás. 2016.

MARKHAM, B. L., BARKER, J. L. Landsat MSS and TM post-calibrationdynamic ranges, exoatmosphericreflectancesandat-satellitetemperatures, **EOSAT Landsat Technical Notes**, v. 1, p. 3-8, 1986.

MELO, D.L.; ESPINDOLA, C.R. 2006. As veredas nos planaltos de Buritizeiro/MG: Estágio atual dos conhecimentos. **Anais VI simpósio de Geomorfologia**, Goiânia, 2006.

NUNES, Y. R. F.; AZEVEDO, I. F. P.; NEVES, W. V.; VELOSO, M. D. M.; Souza, R. A.; Fernandes, G. W. 2009. Pandeiros: o Pantanal Mineiro. MG. **Biota**, Belo Horizonte 2, 4-17.

OLIVEIRA, G. C. 2005. **Perfil florístico e distribuição das espécies vegetais, em relação ao gradiente de umidade, do solo em seis veredas no Triângulo Mineiro.** Dissertação de mestrado em ecologia e conservação de recursos naturais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

PEREIRA, C.C.; MARIANO, Z.F.; WACHHOLZ, F.; CABRAL, P.B.J. Análise da temperatura de superfície e do uso da Terra e cobertura vegetal na bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **REVISTA GEONORTE**, Ed. 2, V.2, N.5, p.1243 – 1255, 2012.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y, E. 2007. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.** São José dos Campos, SP: Parêntese Editora, 135 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. 2008. As Principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Cerrados, **Embrapa Informação Tecnológica**. p. 151-213.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 4 ed. Uberlândia: Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 2001. 210 p.

SILVA, L. A. P.; LEITE, M. R.; VELOSO, G.A. NDVI como indicador de alterações nos sistemas de usos da Terra e no Albedo de Superfície no Município de Várzea da Palma (Minas Gerais). **Revista GeoNordeste**, São Cristóvão, Ano XXVIII, n. 2, p. 76-94, Jul./Dez. 2017.

SILVA, R.W.I.; DELGADO, C.R.; SOUZA, P.L.; GOIS, G.; JÚNIOR, O.F.J.; RODRIGUES, A.R. Determinação da temperatura de superfície na área do projeto de assentamento dirigido em Santa Luzia, Cruzeiro do Sul, AC, Brasil. **Rev. Geogr. Acadêmica** v.8, n.1.2014.

STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T.; SAITO, C. H. Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 6, 2010. p. 37-56.

TASUMI, M. **Progress in operationalestimationof regional evapotranspirationusingsatelliteimagery**. PhD thesis, Dept. Biological and Agricultural Engineering, University of Idaho. Idaho, 2003.

TRINDADE, Wallace Magalhães. **Condicionantes Litoestruturais da Origem e Desenvolvimento de Processos Erosivos e Arenização na Bacia do Rio do Formoso – Buritizeiro /MG**. Monografia (Conclusão de Curso) Universidade Estadual de Montes Claros. Curso de Geografia. Pirapora: 2007.

Artigo recebido em 06-07-2017

Artigo aceito para publicação em 26-02-2018