

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DO SOLO EM ÁREAS DO BIOMA PAMPA E MATA ATLÂNTICA

*Cassia Brocca Caballero*¹; *Anderson Ruhoff*²

Palavras-Chave – desmatamento; regeneração florestal.

INTRODUÇÃO

A temperatura da superfície terrestre (LST, do acrônimo em inglês *land surface temperature*) é uma importante variável climática altamente influenciada por mudanças na cobertura vegetal. As florestas globais experimentaram mudanças dramáticas no século 21, com aumento nas taxas de desmatamento nos trópicos e diminuição nas taxas em outras regiões, ambos em grande parte impulsionados pela modificação da paisagem causadas por atividades antropogênicas (LI *et al.*, 2015). Essas mudanças de uso de uso e cobertura do solo impactam nas características aerodinâmicas, radiativas, térmicas e de umidade do ambiente (WANG *et al.*, 2018), afetando o clima por meio de alterações nos processos biogeoquímicos e biofísicos e contribuem para as mudanças climáticas (LI *et al.*, 2015, LI *et al.*, 2016), impactando também o balanço hídrico e o balanço de energia (BONAN, 2008; DAVIDSON *et al.*, 2012).

Áreas de vegetação nativa provém diversos serviços ecossistêmicos, como a regulação do microclima, a fixação de carbono, o controle da erosão e a ciclagem de nutrientes (SHIMAMOTO *et al.*, 2018). Entre os diversos serviços ecossistêmicos que florestas desempenham, destaca-se a regulação térmica. As temperaturas da superfície são determinadas pelas interações entre superfície e atmosfera e os fluxos de energia entre a atmosfera e o solo (MILDREXLER *et al.*, 2011). Áreas florestadas geralmente exercem uma forte influência na LST, visto que geralmente têm menor albedo e uma vegetação mais densa, fazendo com que grande parte da radiação incidente seja utilizada na forma de calor latente (LE) para processos de evapotranspiração (ET) e uma menor parte dessa radiação seja utilizada como calor sensível (H), fluxo responsável pelo aquecimento da atmosfera (PREVEDELLO *et al.*, 2019). Ao converter a vegetação natural para outros usos, o primeiro impacto é o aumento do albedo, diminuindo assim a radiação incidente. No entanto, ao alterar por exemplo, florestas por lavouras, estas com uma vegetação menos densa, menos energia será usada como LE, diminuindo assim as taxas de ET. Como consequência, o H aumentará, e mais energia estará disponível para aquecer a superfície, aumentando a LST.

Dessa forma, um dos meios de analisar o impacto das mudanças do uso do solo nos processos de balanço de energia é avaliar a dinâmica da LST nesses locais. O uso do sensoriamento remoto para estimativa da LST supera as limitações existentes com medições a campo, fornecendo dados amostrados espacialmente, permitindo uma avaliação espaço-temporal dessa variável (WANDERLEY *et al.*, 2019). A LST medida por imagens de satélite é uma estimativa da temperatura

1) Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15029, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970 - Porto Alegre - RS – Brasil. E-mail: cassiastrocca@gmail.com.

2) Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15029, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970 - Porto Alegre - RS – Brasil. E-mail: andersonruhoff@gmail.com.

radiométrica da superfície com base na emissão de fluxo infravermelho térmico capturado instantaneamente por um sensor em um determinado ângulo de medição (PRATA *et al.*, 1995). Estudos anteriores já demonstraram que a LST é capaz de caracterizar o efeito de áreas florestadas na temperatura, podendo ser utilizada para analisar como mudanças na cobertura do solo impactam o clima local (LI *et al.*, 2015, 2016; LOARIE *et al.*, 2011; MILDREXLER *et al.*, 2011; NEMANI *et al.*, 1996; WICKHAM *et al.*, 2012).

No Brasil, o estado do Rio Grande do Sul (RS) é composto parcialmente pelos biomas Mata Atlântica e Pampa. Ambos biomas sofreram e ainda sofrem intensas mudanças de uso da terra. A Mata Atlântica tem somente 10% de seus remanescentes de vegetação nativa, historicamente sofrendo com o desmatamento (BRANNSTROM; OLIVEIRA, 2000). Já o bioma Pampa é característico por sua vegetação de campos e pradarias, ideais para pastagens. Porém nos últimos anos vem sofrendo com a substituição dessas pastagens pela agricultura (CARVALHO; BATELLO, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2017). Embora diversos trabalhos tenham estudado o impacto das mudanças de uso do solo na temperatura de superfície no Brasil, a maioria deles está focado em florestas em climas tropicais, principalmente avaliando o bioma Amazônia (BAKER; SPRACKLEN, 2019; SILVÉRIO *et al.*, 2015; WINCKLER *et al.*, 2019), Cerrado (LOARIE *et al.*, 2011; SALAZAR *et al.*, 2016) e alguns no bioma Mata Atlântica (SALAZAR *et al.*, 2016; WANDERLEY *et al.*, 2019). Dessa maneira, estudos no estado do RS que avaliem como a dinâmica do uso da terra no vêm impactando a LST tornam-se necessários para entender o efeito que podem vir a causar no clima local e regional, visto que o clima da região Sul do Brasil difere significativamente das demais regiões brasileiras.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi analisar e compreender quais são os impactos que diferentes coberturas de uso do solo possuem na LST em uma área significativamente vegetada na região das escarpas do planalto na área central do estado do RS, em uma região que abrange principalmente o bioma Mata Atlântica e uma pequena área do bioma Pampa. Além disso, busca-se compreender quais impactos causados pelo desmatamento de áreas florestais na LST, visando discutir como áreas de vegetação nativa preservada são importantes para a regulação térmica e, conseqüentemente, manutenção de serviços ecossistêmicos e também para mitigação das mudanças climáticas através da regeneração de florestas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo é um polígono delimitado ao longo das escarpas do planalto na área central do estado do RS, em uma região que abrange principalmente o bioma Mata Atlântica e uma pequena área do bioma Pampa (Figura 1).

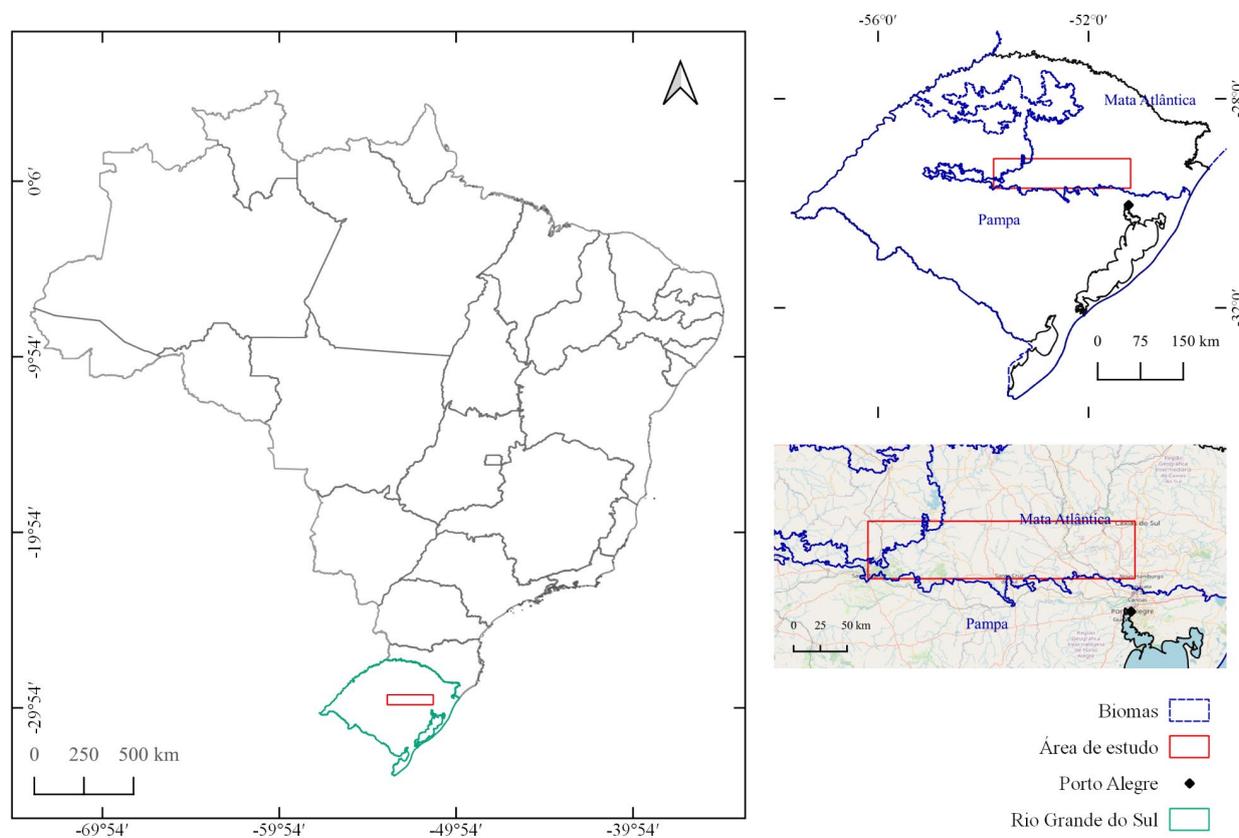
O bioma Pampa vem sofrendo ao longo dos últimos anos com a conversão de seus campos em outras atividades agrícolas (CARVALHO; BATELLO, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2017). Dos 14,078 milhões de ha com pastagens naturais em 1970, apenas 10,524 milhões de ha sobreviveram em 1996 (IBGE, 1996). A expansão da fronteira agrícola juntamente com o sobre pastoreio são os fenômenos mais frequentes que ameaçam a parte brasileira do Pampa, causando fragmentação da paisagem, perda de biodiversidade, invasão de espécies exóticas e degradação do solo (CARVALHO; BATELLO, 2009)

A Mata Atlântica brasileira é o bioma que historicamente mais sofreu alterações em sua paisagem, sendo considerado um dos ecossistemas mais ameaçados da Terra, com menos de 10% de sua floresta original permanecendo intacta em vários fragmentos. Essa mudança de uso do solo no bioma começou com o início da colonização brasileira (cerca de 1500) e foram impulsionados principalmente pela agricultura intensiva, pecuária, mineração, desenvolvimento industrial e construção de cidades. Os fragmentos florestais remanescentes ainda sofrem forte pressão antrópica

(BRANNSTROM; OLIVEIRA, 2000; MORELLATO; HADDAD, 2000; WEBB *et al.*, 2005). No estado do RS, estima-se que em 1500 havia 11.202.705 km² com cobertura de vegetação de Mata Atlântica. Já em 1940, a cobertura original era de 9.898.536 km² (35,08%), e, atualmente, restam apenas 2.700.501 km² (9,57%) desta (RBMA, 2018).

A região selecionada para este estudo é uma área com significativa parcela de cobertura florestal, fazendo parte da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA). A RBMA abrange uma área de cerca de 89 milhões de hectares em 17 estados brasileiros, entre eles o RS, e constitui-se de um mosaico representativo das tipologias de vegetação do Bioma Mata Atlântica e de seus ecossistemas associados, de áreas de interação com outras reservas da biosfera e biomas brasileiros (RBMA, 2020).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Dados e Análises

Para analisar a dinâmica do uso do solo na região de estudo foram utilizados dados da Coleção 5.0 do projeto MapBiomas (<https://mapbiomas.org/>). Os dados de classificação da MapBiomas estão disponíveis anualmente desde 1985 até 2019 (Coleção 5.0). A metodologia MapBiomas é totalmente automatizada e integrada ao Google Earth Engine (GEE), utilizando imagens Landsat (resolução espacial de 30m) e classificadores automatizados que geram uma série histórica de mapas anuais de uso e cobertura da terra do Brasil (MAPBIOMAS, 2019; SOUZA, C. M. *et al.*, 2020).

Os dados de temperatura de superfície utilizados foram do produto MOD11A2, versão 6, que fornece uma média de temperatura de 8 dias por pixel com uma resolução espacial de 1 quilômetro (km). Cada valor de pixel no MOD11A2 é uma média simples de todos os pixels LST do MOD11A1

correspondentes coletados naquele período de 8 dias (WAN *et al.*, 2015). Os dados do produto MOD11A2 estão disponíveis a partir de 05/03/2000.

Todas as análises foram realizadas através da plataforma GEE, que disponibiliza todas as bases de dados utilizadas neste estudo. Primeiramente, foi feita uma análise da cobertura de uso do solo utilizando a base de dados do MapBiomas na região de estudo dos anos de 1985 e 2019 a fim de verificar os diferentes usos e mudanças destes na região. O MapBiomas divide o uso do solo em 30 classes diferentes. Observou-se que a região de estudo possui 11 dessas classes, em menores ou maiores proporções, a saber: área alagada, formação campestre, pastagem, mosaico de agricultura e pastagem, infraestrutura urbana, outras áreas não vegetadas, formação florestal, corpos hídricos, lavoura de soja, outras lavouras temporárias, floresta plantada. Para análises posteriores, selecionou-se as classes com maiores proporções na região, dividindo em três classes de uso: (i) Florestas, incluindo as classes de formação florestal e floresta plantada; (ii) Campos e Pastagens, incluindo as classes de formação campestre e pastagem; e (iii) Agricultura, incluindo as classes de lavoura de soja e outras lavouras temporárias.

Posteriormente, geraram-se pontos aleatórios para as classes de uso de solo selecionadas (Florestas, Campos e Pastagens e Agricultura), extraíndo-se as médias de LST em cada uso, com a finalidade de realizar uma análise de variação da LST ao longo do tempo (2000-2019, período de sobreposição dos conjuntos de dados utilizados).

Além disso, fez-se uma análise da situação das áreas de florestas na região obtendo-se os dados médios de LST para áreas que foram desmatadas, regeneradas e/ou se mantiveram intactas para os anos de 2000 a 2019, comparando-se com o ano de 1985 (ano base). Por fim, os dados de LST média na área de estudo foram correlacionados com a área de cada classe de uso do solo para verificar como as mudanças afetam a LST na região estudada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises realizadas permitiram compreender o comportamento da LST na área de estudo nos últimos 20 anos. No geral, observou-se um relativo aumento das áreas de agricultura em detrimento das áreas florestais, o que provocou um leve aumento da LST na região, porém não significativo. A Figura 2 apresenta a cobertura do uso do solo na área de estudo para os anos de 2000 e 2019. Pode-se observar uma grande porcentagem de áreas de floresta na região em ambos anos analisados. Verifica-se, no geral, o aumento de áreas de agricultura em detrimento de áreas florestais, principalmente na área de bioma Pampa (região noroeste da imagem), onde percebe-se que houve um avanço da agricultura (principalmente lavouras de soja) sobre formações campestres e outras áreas não vegetadas. Em algumas áreas mais ao leste da área de estudo, pode-se observar uma leve regeneração da vegetação.

A Figura 3 apresenta uma média anual de 5 anos para a área de estudo. Comparando com a classificação do solo apresentada na Figura 2, pode-se visualizar temperaturas menores (áreas em azul, ~20°C) em áreas de florestas, e temperaturas maiores (cores verde azuladas e amarelas, ~26°C) em outros usos. No geral, a análise temporal da LST, não permite visualizar grandes mudanças, exceto por alguns pontos em que pode-se observar aumentos isolados da LST média anual na região (tons mais avermelhados na Figura 2b). A análise temporal da LST nos diferentes usos do solo (Figura 4) permite verificar que áreas de agricultura apresentaram LST maiores quando comparadas com Campos e Pastagens, que também se apresentam maiores quando comparadas com áreas de florestas.

Figura 2 - Cobertura de uso do solo das classes analisadas em (a) 2000; e (b) 2019 na área de estudo.

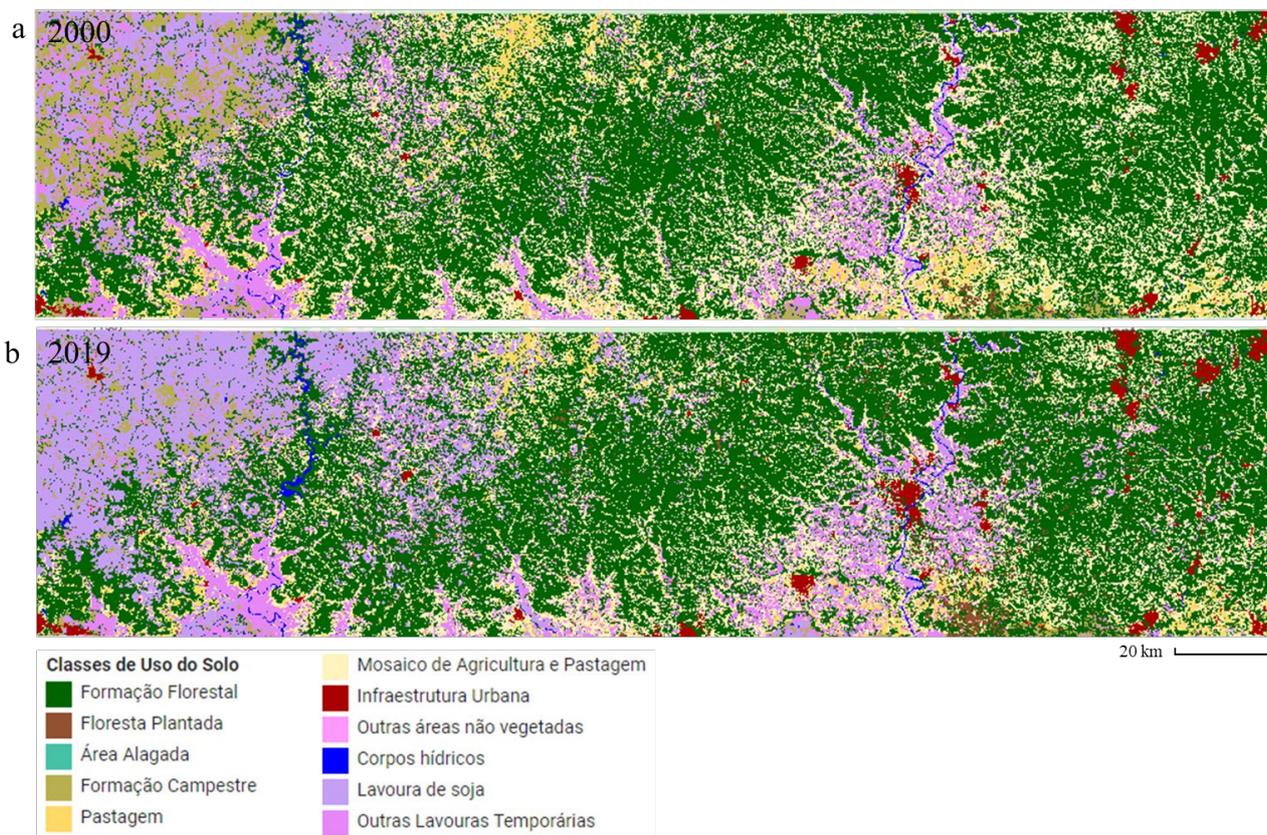


Figura 3 – LST média em (a) 2000-2004; e (b) 2015-2019 na área de estudo.

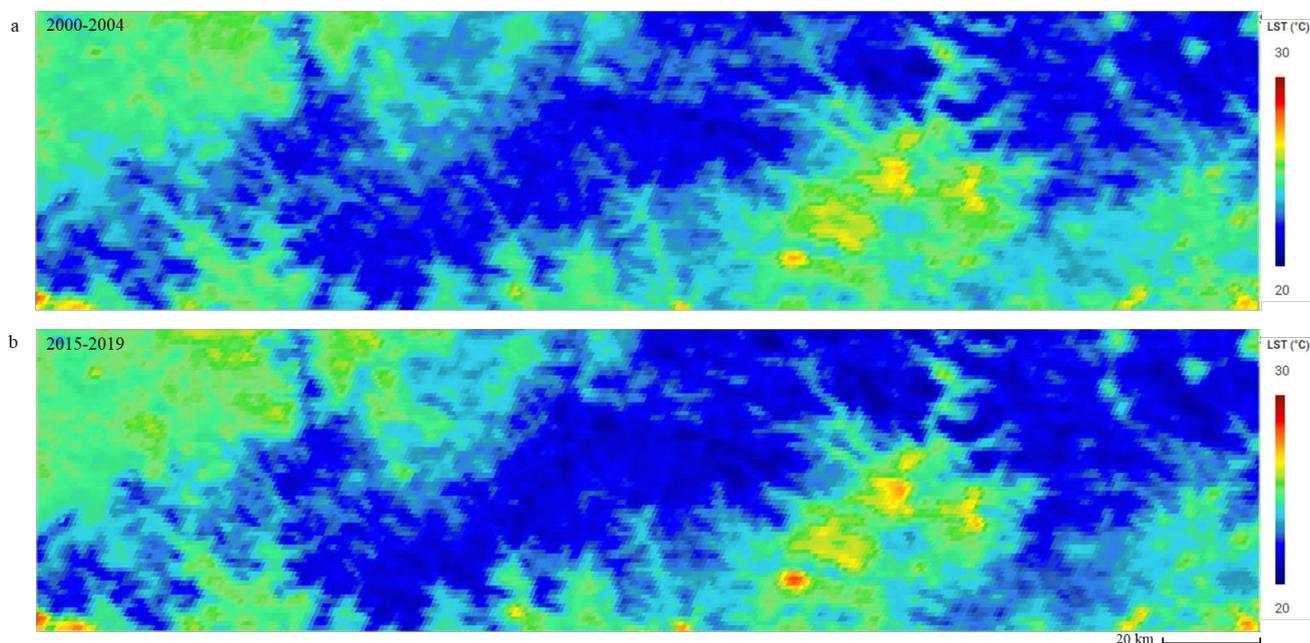


Tabela 1 – Correlações entre as classes de uso do solo analisadas e a LST média na área de estudo

| | Coeficiente de correlação (r) | | |
|-----------|-------------------------------|--------------------|-------------|
| | Florestas | Campos e Pastagens | Agricultura |
| LST Média | -0.24 | 0.104 | 0.018 |

*nenhuma correlação foi significativa ($p < 0,01$; $p < 0,05$)

Souza e Galvão (2019) avaliaram o impacto das conversões de uso do solo na LST no bioma Cerrado, verificando que conversões de cerrado para pastagem tendem a um aumento de 1,8°C na média da LST, enquanto as conversões de cerrado para agricultura aumentam a LST em 1,44°C. A análise dos autores de séries temporais de LST permitiram quantificar um aumento de cerca de 1°C na LST pós-desmatamento. Neste estudo, apesar de visualmente verificar-se um aumento da LST nos anos finais da série, em que se observa um avanço das áreas de agricultura sobre áreas de floresta e pastagem, a análise de tendência da série de LST média não permite afirmar que exista uma tendência significativa de aumento de LST na área de estudo. Uma possível explicação para isso seria que o tamanho da série temporal utilizada neste estudo (2000-2019) não foi suficiente para captar essa tendência. Além disso, a significativa área de floresta em toda a região pode ser um fator que promova a atenuação das temperaturas médias na região.

Ao analisar a correlação entre a LST média na área de estudo com os diferentes usos do solo (Tabela 1), observou-se que, mesmo não obtendo correlações estatisticamente significativas, áreas de campo e pastagens e de agricultura possuem uma leve correlação positiva com a LST, já áreas de floresta possuem uma correlação negativa com a LST, demonstrando a importância da vegetação nativa na regulação térmica do clima local. Wang *et al.* (2018) também utilizaram imagens de sensoriamento remoto para caracterizar os padrões de uso/cobertura do solo e para derivar a temperatura da superfície da terra (LST) em Myanmar, demonstrando que as áreas verdes (consistindo em tipos de cobertura da terra de floresta e pastagem) estavam negativamente correlacionadas com todas as médias de LST na região.

Analisando as áreas de floresta que sofreram desmatamento ou regeneração na bacia, ou se mantiveram intactas (Figura 5), pôde-se observar que áreas desmatadas apresentam ao longo do tempo uma LST geralmente superior à áreas regeneradas e de floresta, sendo que o mesmo ocorre com áreas regeneradas em relação à áreas de floresta, que possuem no geral temperaturas mais amenas. Wanderley *et al.* (2019), analisando a dependência da LST em relação a um índice de área antropizada (fração de área percentual não florestada em pixels de 120m), em uma região no sudeste do Brasil no bioma Mata Atlântica, encontraram uma relação linear positiva ($R^2 = 0,63$) entre a LST e a fração de área não florestada, demonstrando que um aumento de 25% da área não florestal resultou em aumento de 1°C.

Li *et al.* (2016) utilizaram dados de satélite para quantificar os impactos potenciais e reais da mudança de áreas florestadas na LST global entre os anos de 2003 a 2013, calculando a diferença de LST entre áreas de floresta e não florestas próximas, além da diferença de tendência da LST entre floresta desmatadas e intactas. No geral, o desmatamento causou um aquecimento significativo de até 0,28 K/década nas tendências de temperatura média nas regiões tropicais, um resfriamento até -0,55 K/década nas regiões boreais, um impacto fraco nas regiões temperadas do norte e forte aquecimento (até 0,32 K/década) nas regiões temperadas do sul. Além disso, os autores demonstraram que o florestamento (regeneração florestal) induziu um impacto oposto nas tendências de temperatura. Peng *et al.* (2014) compararam a LST derivada de satélites com áreas de florestas plantadas e pastagens ou áreas agrícolas adjacentes na China com o objetivo de compreender como o florestamento afeta a LST, e verificaram que o reflorestamento diminui a LST diurna em cerca de $1,1 \pm 0,5$ °C.

Os resultados destes estudos demonstram a importância da preservação de matas de vegetação nativa, que são essenciais para a manutenção de temperaturas mais amenas, servindo como um meio de atenuação do aumento de temperaturas em áreas de agricultura, por exemplo. Num contexto em que as mudanças climáticas tendem a aumentar as temperaturas na maioria das regiões, a preservação e regeneração de florestas e matas nativas torna-se uma necessidade e medidas que incentivem essas práticas tornam-se ainda mais essenciais. Segundo Bala *et al.* (2007), um aumento na cobertura de florestas tropicais no século 21 poderia contribuir significativamente para a redução do aquecimento global.

Figura 4 - Série temporal da LST nas áreas de agricultura, campos e pastagem e floresta na região de estudo

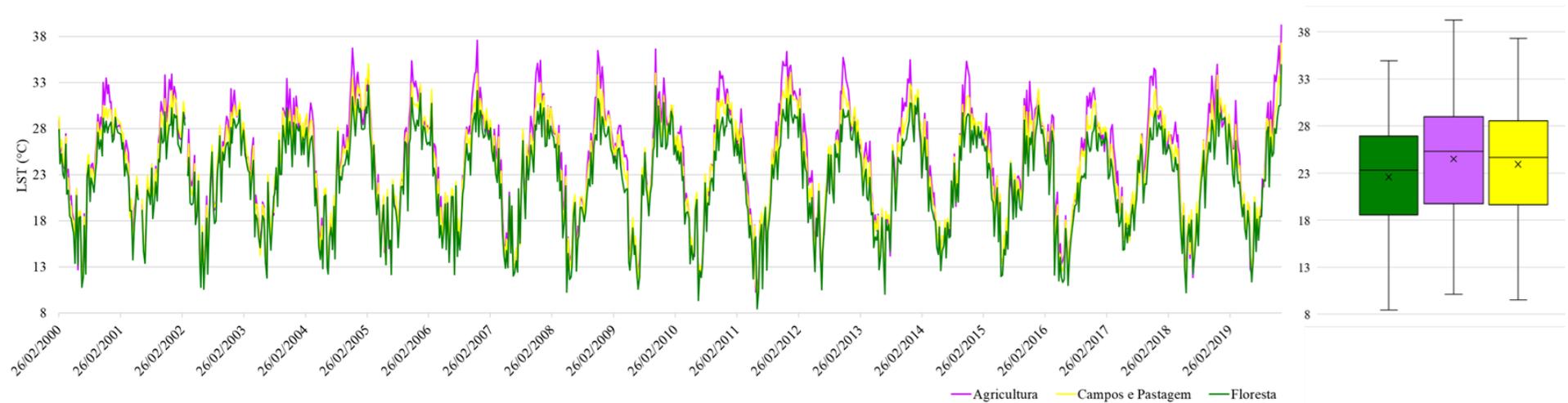
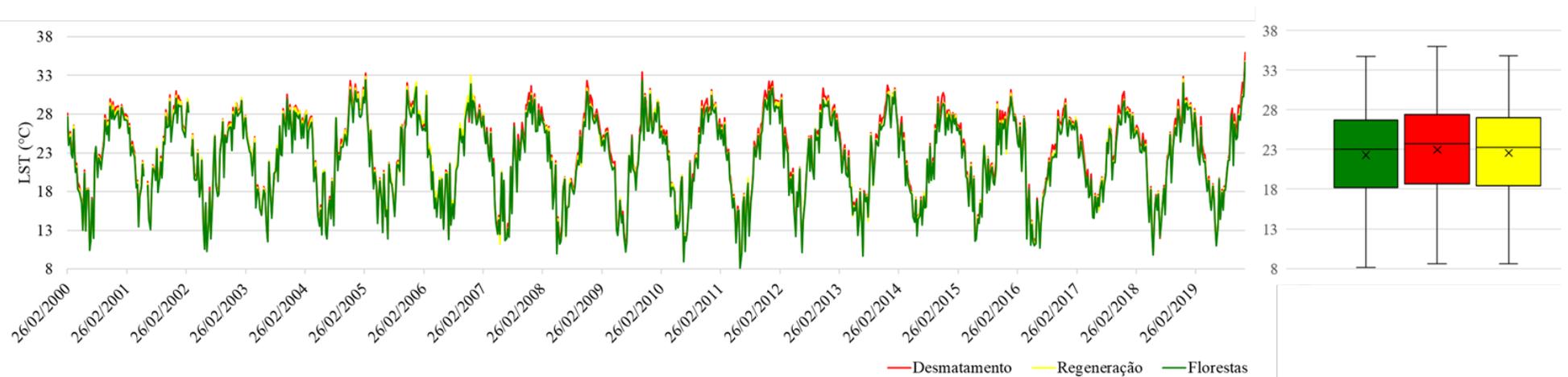


Figura 5 - Série temporal da LST em áreas que permaneceram florestas entre 1985-(2000-2019), que sofreram desmatamento e em áreas de regeneração florestal



CONCLUSÃO

A partir da análise da temperatura de superfície terrestre e das mudanças de uso e cobertura do solo na região de estudo, compreendendo o bioma Mata Atlântica e Pampa, foi possível verificar que áreas florestadas possuem menores LST que outros usos do solo, podendo ser um fator que promova a atenuação da LST média na região de estudo, já que apesar do avanço de áreas de agricultura não foram observadas tendências de aumento ou diminuição da LST. Áreas desmatadas apresentaram maiores temperaturas quando comparadas a áreas de florestas e áreas regeneradas. Assim, demonstrose a importância da preservação e regeneração de florestas e matas nativas, demonstrando sua importância como um serviço ecossistêmico importante, principalmente no contexto de mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS - O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- BAKER, J. C. A.; SPRACKLEN, D. V. (2019). "Climate Benefits of Intact Amazon Forests and the Biophysical Consequences of Disturbance". *Frontiers in Forests and Global Change*, 2, pp. 1–13.
- BALA, G.; CALDEIRA, K.; WICKETT, M.; PHILLIPS, T. J.; LOBELL, D. B.; DELIRE, C.; MIRIN, A. (2007). "Combined climate and carbon-cycle effects of large-scale deforestation". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(16), pp. 6550–6555.
- BONAN, G. B. (2008). "Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests". *Science*, 320 (5882), pp. 1444–1449.
- BRANNSTROM, C.; OLIVEIRA, A. M. S. (2000). "Human modification of stream valleys in the western plateau of São Paulo, Brazil: Implications for environmental narratives and management". *Land Degradation and Development*, 11(6), pp. 535–548.
- CARVALHO, P. C. F.; BATELLO, C. (2009). "Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: The natural grasslands dilemma". *Livestock Science*, 120(1–2), pp. 158–162.
- DAVIDSON, E. A.; DE ARAÚJO, A.; ARTAXO, P.; BALCH, J. K.; BROWN, I.F.; MERCEDES, M.M.; COE, M.T.; DEFRIES, R.S.; KELLER, M.; LONGO, M.; MUNGER, J. W.; SCHROEDER, W.; SOARES-FILHO, B. S.; SOUZA, C.M.; WOFSEY, SC. (2012). "The Amazon basin in transition." *Nature*, 481 (7381), pp. 321–328.
- LI, Y.; ZHAO, M.; MOTESHARREI, S.; MU, Q.; KALNAY, E.; LI, S. (2015) ZHAO, M.; MOTESHARREI, S.; MU, Q.; KALNAY, E.; LI, S. (2015). "Local cooling and warming effects of forests based on satellite observations". *Nature Communications*, 6, 6p.
- LI, Y.; ZHAO, M.; MILDREXLER, D.J.; MOTESHARREI, S.; MU, Q.; KALNAY, E.; ZHAO, F.; LI, S.; WANG, K. (2016). "Potential and actual impacts of deforestation and afforestation on land surface temperature". *Journal of Geophysical Research*, 121(24), pp. 14372–14386.
- LOARIE, S. R.; LOBELL, D.B.; ASNER, G. P.; MU, Q.; FIELD, C.B. (2011). "Direct impacts on local climate of sugar-cane expansion in Brazil". *Nature Climate Change*, 1(5), pp. 105–109.
- MAPBIOMAS (2019). **MapBiomass - O Projeto**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>.
- MILDREXLER, D. J.; ZHAO, M.; RUNNING, S. W. (2011). "A global comparison between station air temperatures and MODIS land surface temperatures reveals the cooling role of forests".

Journal of Geophysical Research, 116, pp. 1–15.

MORELLATO, L. P. C.; HADDAD, C. F. B. (2000). "Introduction: The Brazilian atlantic forest". *Biotropica*, 32, pp. 786–792, 2000.

NEMANI, R. R.; RUNNING, S.W.; PIELKE, R.A.; CHASE, T.N. (1996). "Global vegetation cover changes from coarse resolution satellite data". *Journal of Geophysical Research*, 10(95), pp. 7157–7162.

OLIVEIRA, T. E.; FREITAS, D.S. DE; GIANEZINI, M.; RUVIARO, C.F.; ZAGO, D.; MÉRCIO, T.Z.; DIAS, E.A.; LAMPERT, V.N.; BARCELLOS, J.O.J. (2017). "Agricultural land use change in the Brazilian Pampa Biome: The reduction of natural grasslands". *Land Use Policy*, 63, pp. 394–400.

PENG, S. S.; PIAO, S.; ZENG, Z.; CIAIS, P.; ZHOU, L.; LI, L.Z.X.; MYNENI, R.B.; YIN, Y.; ZENG, H. (2014). "Afforestation in China cools local land surface temperature". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(8), P p. 2915–2919.

PRATA, A. J.; CASELLES, V.; COLL, C.; SOBRINO, J.A. (1995). "Thermal remote sensing of land surface temperature from satellites : Current status and future prospects". *Remote Sensing Reviews*, 12, pp. 37–41.

PREVEDELLO, J. A.; WINCK, G.R.; WEBER, M.M.; NICHOLS, E.; SINERVO, B. (2019). "Impacts of forestation and deforestation on local temperature across the globe". *PLoS ONE*, 14(3), pp. 1–18.

RBMA. (2018) "Revisão periódica (2008 - 2018) e atualização dos limites e zoneamento da reserva da biosfera da mata atlântica". Disponível em: <https://rbma.org.br/n/wp-content/uploads/2020/05/fase-7-POR-compactado.pdf>

RBMA. (2020). "Território e Zoneamento". Disponível em: <https://rbma.org.br/n/a-rbma/territorio-e-zoneamento/>.

SALAZAR, A.; KATZFEY, J.; THATCHER, M.; SYKTUS, J.; WONG, K.; MCALPINE, C. (2016). "Deforestation changes land-atmosphere interactions across South American biomes". *Global and Planetary Change*, 139, pp. 97–108.

SHIMAMOTO, C. Y.; PADIAL, A.A.; ROSA, C.M. da; MARQUES, M.C.M. (2018). "Restoration of ecosystem services in tropical forests: A global meta-analysis". *PLoS ONE*, 13(12), pp. 1–16.

SILVÉRIO, D. V.; BRANDO, P.M.; MACEDO, M.N.; BECK, P.S.A.; BUSTAMANTE M.; COE, M.T. (2015). "Agricultural expansion dominates climate changes in southeastern Amazonia: The overlooked non-GHG forcing". *Environmental Research Letters*, 10(10), 9p.

SOUZA, C. M.; SOUZA, C.M.; SHIMBO, J.Z.; ROSA, M.R.; PARENTE, L.L.; ALENCAR, A.A.; RUDORFF, B.F.T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L.G.; SOUZA-FILHO, P.W.M.; DE OLIVEIRA, S.W.; ROCHA, W.F.; FONSECA, A.V.; MARQUES, C.B.; DINIZ, C.G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E.R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E.J.; LENTI, F.E.B.; PATERNOST, F.F.; PAREYN, F.G.C.; SIQUEIRA, J.V.; VIERA, J.L.; NETO, L.C.F.; SARAIVA, M.M.; SALES, M.H.; SALGADO, M.P.G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V.V.; AZEVEDO, T. (2020). "Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine". *Remote Sensing*, 12(17), 27p.

SOUZA, A. A. De; GALVÃO, L. S. (2019) "Trajetórias de mudança no uso e cobertura da terra e seu impacto na temperatura de superfície MODIS em áreas de cerrado", in: *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos, Abril de 2019. p. 767–770.

WAN, Z., HOOK, S., HULLEY, G. (2015). "MOD11A2 MODIS/Terra Land Surface

Temperature/Emissivity 8-Day L3 Global 1km SIN Grid V006". Disponível em:
<https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD11A2.006>.

WANDERLEY, R. L. N. DOMINGUES, L.M.; JOLY, C.A.; DA ROCHA, H.R. (2019).
"Relationship between land surface temperature and fraction of anthropized area in the Atlantic forest region, Brazil." PLoS ONE, 14 (12), pp. 1–19.

WANG, Y. HU, B.; MYINT, S.W.; FENG, C.C.; CHOW, W.T.L.; PASSY, P.F. (2018). *"Patterns of land change and their potential impacts on land surface temperature change in Yangon , Myanmar"*. Science of the Total Environment, 643, Pp. 738–750.

WEBB, T. J.; WOODWARD, I. F.; HANNAH, L.; GASTON, K.J. (2005). *"Forest cover-rainfall relationships in a biodiversity hotspot: The Atlantic forest of Brazil"*. Ecological Applications, 15(6), pp. 1968–1983.

WICKHAM, J. D.; WADE, T. G.; RIITERS, K. H. (2012). *"Agricultural and Forest Meteorology Comparison of cropland and forest surface temperatures across the conterminous United States"*. Agricultural and Forest Meteorology, 166–167, pp. 137–143.

WINCKLER, J.; LEJEUNE, Q.; REICK, C. H.; PONGRATZ, J. (2019) *"Nonlocal Effects Dominate the Global Mean Surface Temperature Response to the Biogeophysical Effects of Deforestation"*. Geophysical Research Letters, 46 (2), pp. 745–755, 2019.