

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### IMPACTOS DAS MUDANÇAS DO USO DA TERRA NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ÁREA TRANSICIONAL ENTRE OS BIOMAS AMAZÔNIA E CERRADO

*Leonardo Laipelt dos Santos<sup>1</sup>; Anderson Ruhoff<sup>2</sup>; Ayan Fleischmann<sup>3</sup> & Elisa Kich<sup>4</sup>*

**RESUMO** – Considerando que mudanças nas condições de uso e cobertura da terra alteram os fluxos energéticos e hidrológicos entre superfície e atmosfera, buscou-se quantificar os impactos do processo de desmatamento na evapotranspiração (ET). Como local de estudo, selecionou-se uma área tropical de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado. Para estimativa dos fluxos de energia em superfície e da ET, utilizou-se o algoritmo SEBAL aplicado a imagens do satélite LANDSAT e dados meteorológicos MERRA-2 para o período 1985-2015. Mudanças de uso e cobertura da terra foram obtidos a partir do projeto MapBiomas. Os resultados demonstraram uma diminuição nas áreas de floresta e de cerrado ao longo do período analisado, acompanhado de um aumento considerável nas áreas agrícolas. As estimativas de ET apresentaram menores valores para regiões de agricultura (com média de 2,5 mm dia<sup>-1</sup>), enquanto cerrado e floresta apresentaram os maiores valores (com taxas de 3,17 e 3,85 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente). Ainda, observou-se uma diminuição de aproximadamente 6% nos valores médios de ET. Os resultados demonstram o potencial dos dados de sensoriamento remoto no mapeamento das mudanças de uso e cobertura da terra e os impactos no balanço energético e hidrológico, bem como de possíveis alterações climáticas em escala regional.

**ABSTRACT** – Considering that land use and cover changes can modify the energetic and hydrological fluxes between surface and atmosphere, we attempted to quantify the impacts of the deforestation process on evapotranspiration (ET). In this present study, a tropical transition area between the Amazon and Cerrado biomes was selected. In order to estimate the surface energy fluxes and ET, SEBAL algorithm was applied with LANDSAT satellite images and MERRA-2 meteorological data between 1985-2015. The temporal analysis of land cover was obtained from the MapBiomas project. The results showed a decrease in the forest and cerrado areas during the analyzed period, accompanied by a considerable increase in pasture. ET estimates had lower values for pasture (with a mean of 2,5 mm day<sup>-1</sup>), while cerrado and forest had the highest values (with rates of 3,17 and 3,85 mm day<sup>-1</sup>, respectively). Moreover, a decrease of approximately 6% in mean ET values was observed. The results demonstrate the potential of remote sensing data in the analysis in land use and cover changes and impacts on the energy and hydrological balance, as well as on possible regional climate change.

**Palavras-Chave** – Mudanças no uso da terra, evapotranspiração, SEBAL.

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS. Email: [leolaipelt@gmail.com](mailto:leolaipelt@gmail.com)

2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS. Email: [anderson.ruhoff@ufrgs.br](mailto:anderson.ruhoff@ufrgs.br)

3) Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS. Email: [ayan.fleischmann@gmail.com](mailto:ayan.fleischmann@gmail.com)

4) Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS. Email: [elisakich@gmail.com](mailto:elisakich@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

As alterações no balanço hídrico vêm sendo discutidas cada vez mais no contexto das mudanças climáticas. Nesse sentido, a evapotranspiração (ET) possui um papel fundamental quando se trata da parcela acumulada de água evaporada por corpos hídricos e transpiradas no processo de respiração de plantas. Com o avanço nas técnicas de sensoriamento remoto, a estimativa de ET passou de análises pontuais ou de áreas menores, para a sua estimativa em grandes áreas [Biggs, Marshall, e Messina 2016; Kalma, McVicar, e McCabe (2008)], através de imagens provenientes de satélites. A grande parte dos modelos espaciais de determinação de taxas de ET se baseiam na resolução das equações de balanço energéticos: METRIC [Allen, Tasumi, e Trezza (2007)], SEBS [Su (1988)], S-SEBI [Roerink, Su, e Menenti (2000)] e SEBAL [Bastiaanssen *et al.* (1998)]. Entre os citados, o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*) foi desenvolvido por Bastiaanssen *et al.* (1998) e aplicado em diversas áreas com as mais variadas vegetações [Grosso *et al.* (2018); Sando, Caldwell e Blasch (2017); Sun *et al.* (2011)], apresentando uma versatilidade interessante para a sua utilização em regiões heterogêneas.

As estimativas de ET sofrem alterações, principalmente, em função das modificações de uso e cobertura da terra, o que altera os fluxos de energia entre superfície e atmosfera e os padrões de geração de vapor d'água. Nesse caso, as pesquisas que demonstram o avanço do desflorestamento de áreas naturais como a floresta Amazônica e o Cerrado [Alves (2002)] causam impactos significativos do ponto de vista de alterações na reciclagem de vapor d'água [Aragão (2012)], apontando diminuições nos valores anuais de precipitação [Spracklen, Arnold, e Taylor (2012)], ocasionando também alterações nos estoques de carbono [Davidson *et al.* (2012)].

Considerando que mudanças nas condições de uso e cobertura da terra alteram os fluxos energéticos e hidrológicos entre superfície e atmosfera, buscou-se quantificar os impactos do desmatamento no processo de ET. Como área de estudo selecionou-se uma área tropical de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado, na região da Ilha do Bananal (TO).

Assim, esse trabalho pretende quantificar, utilizando dados de sensoriamento remoto, as alterações no processo de evapotranspiração devido aos impactos do desmatamento, em uma região de transição entre florestas tropicais e cerrado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

A área de aplicação desse estudo está inserida em uma zona de transição entre dois grandes biomas brasileiros: floresta Amazônica e Cerrado. A região também abrange a Ilha do Bananal, a qual é caracterizada por ser uma planície de inundação [Latrubesse e Stevaux (2002)]. O clima é caracterizado por ser tropical e úmido, com períodos de chuvas ocorrendo entre os meses de outubro a abril, com precipitação anual de aproximadamente 1.700 mm.

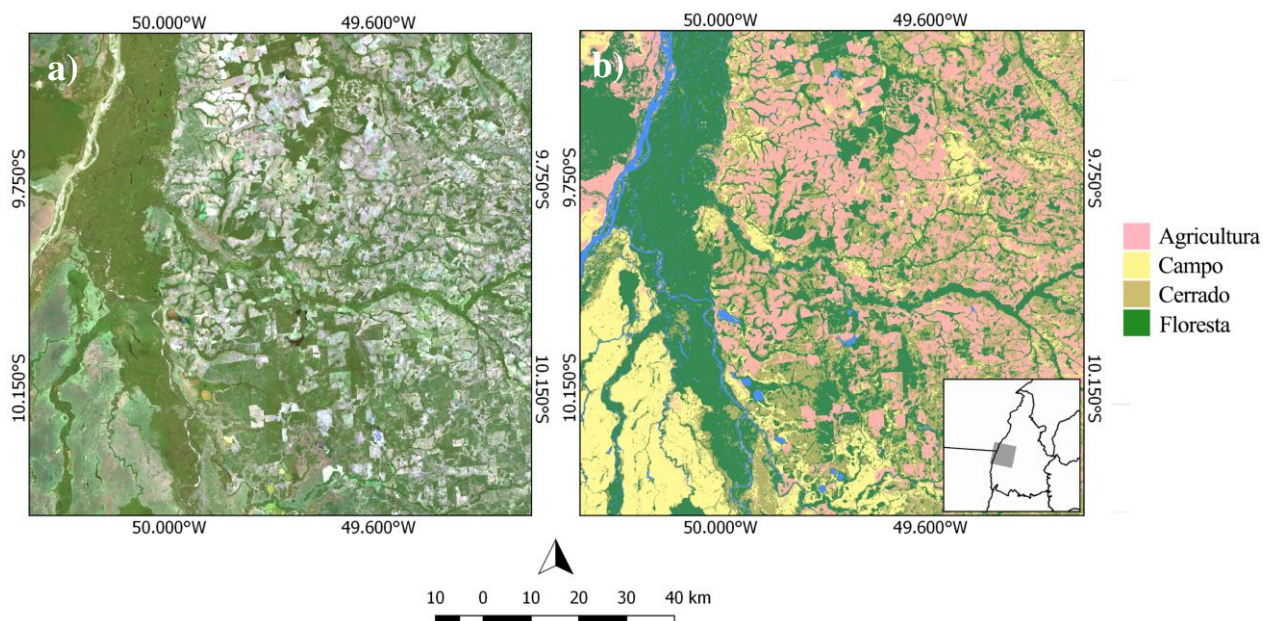


Figura 1 – Região ecótono de floresta Amazônia e Cerrado, (a) composição colorida e (b) sua classificação do uso da terra de acordo com o projeto MapBiomas.

### Imagens Landsat e dados de reanálise MERRA-2

As imagens utilizadas são provenientes do satélite Landsat 5 sensor TM e Landsat 8 sensor OLI/TIRS. Escolheu-se, quando disponível, uma imagem de cada ano entre o período de 1985 a 2015 (Tabela 1), selecionando apenas imagens com baixa cobertura de nuvens, coincidentes com a estação seca (maio a setembro).

Tabela 1 – Informações relativas às imagens LANDSAT selecionadas para o estudo.

ID	Nome da Imagem	Data	Cobertura de nuvens (%)
1	LT05_L1TP_223067_19850714_20170219_01_T1	14/07/1985	0%
2	LT05_L1TP_223067_19860717_20170217_01_T1	17/07/1986	0%
3	LT05_L1TP_223067_19870720_20170212_01_T1	07/07/1987	0%
4	LT05_L1TP_223067_19880807_20170207_01_T1	07/08/1988	0%
5	LT05_L1TP_223067_19900626_20170129_01_T1	26/06/1990	0%
6	LT05_L1TP_223067_19920717_20170123_01_T1	17/02/1992	1%
7	LT05_L1TP_223067_19940520_20170114_01_T1	20/05/1994	0%
8	LT05_L1TP_223067_19950608_20170107_01_T1	08/06/1995	0%
9	LT05_L1TP_223067_19960626_20170104_01_T1	26/06/1996	0%
10	LT05_L1TP_223067_19980616_20161224_01_T1	16/06/1998	1%
11	LT05_L1TP_223067_19990619_20161217_01_T1	19/06/1999	0%
12	LT05_L1TP_223067_20000605_20161215_01_T1	05/06/2000	0%

13	LT05_L1TP_223067_20010608_20161211_01_T1	08/06/2001	3%
14	LT05_L1TP_223067_20040616_20161130_01_T1	16/06/2004	0%
15	LT05_L1TP_223067_20060622_20161121_01_T1	06/06/2006	1%
16	LT05_L1TP_223067_20070625_20161112_01_T1	25/06/2007	0%
17	LT05_L1TP_223067_20080627_20161030_01_T1	27/06/2008	0%
18	LT05_L1TP_223067_20100617_20161015_01_T1	17/06/2010	0%
19	LT05_L1TP_223067_20110604_20161009_01_T1	04/06/2011	0%
20	LC08_L1TP_223067_20130625_20170504_01_T1	25/06/2013	0%
21	LC08_L1TP_223067_20140628_20170421_01_T1	28/06/2014	2%
22	LC08_L1TP_223067_20150615_20170407_01_T1	15/06/2015	2%

Em relação aos dados meteorológicos, necessários para as estimativas de ET a a partir do SEBAL, foram selecionadas as informações meteorológicas de reanálise do MERRA-2 (*Modern-Era Reanalysis for Research and Applications Version-2*), desenvolvido pelo projeto GMAO (*Global Modeling and Assimilation Office*). As variáveis utilizadas correspondem a radiação diária de ondas curtas (RadInc24hr), e dados horários de temperatura do ar (T), humidade específica (q) e velocidade do vento (v).

Para a validação, os dados MERRA-2 foram comparados com medições de uma torre micrometeorológica pertencente ao projeto LBA (*Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in the Amazon*), localizada dentro da área de estudo no delta do rio Javaezinho (9°49'16.1"S; 50°08'55.3"W). As análises de acurácia dos dados de reanálise a partir de dados meteorológicos observados ficaram limitados para o período de 2003 a 2006, de acordo com a disponibilidade dos dados medidos.

## SEBAL

As estimativas de ET foram realizadas utilizando o algoritmo SEBAL, possuindo como base a estimativa das variáveis do balanço energético (1). O fluxo de calor latente (LE) é calculado a partir do valor residual proveniente das demais variáveis: saldo de radiação (Rn), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor do solo (G). As unidades dos fluxos de energia estão em W/m<sup>2</sup>.

$$LE = Rn - H - G \quad (1)$$

O SEBAL baseia-se da escolha de dois pixels (quente e frio) para a calibração interna. A partir deles, é estabelecido uma regressão linear entre os valores de temperatura da superfície da imagem e a diferença de temperatura entre os dois pixels extremos (dT). Allen *et al.* (2013) propôs uma metodologia de calibração automática que consiste em determinar os valores dos pixels através do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e dos valores de Ts (temperatura da superfície), extraíndo os valores médios dos pixels selecionados de acordo com os percentis previamente determinados de NDVI frio, NDVI quente, Ts frio e Ts quente. Com a estimativa de dT é possível estimar os valores de H (2):

$$H = \frac{\rho * Cp * dT}{rah} \quad (2)$$

em que Cp é o calor específico do ar (J/Kg/K),  $\rho$  a densidade do ar (kg/m<sup>3</sup>), dT a diferença de temperatura entre superfície e atmosfera a uma dada altura (°C) e rah a resistência aerodinâmica ao transporte de calor (s/m).

A radiação diária (Rn24h) foi determinada a partir da equação 3:

$$Rn24h = (1 - \alpha) * SWDown24h - CS * \frac{SWDown24h}{Ra24h} \quad (3)$$

em que  $\alpha$  representa o albedo da superfície, Ra24h é referente a radiação atmosférica diária, e CS uma constante determinada empiricamente, a qual varia de acordo com o clima. Para esse estudo, o valor calibrado de CS corresponde a CS=115.

A determinação da evapotranspiração diária (ET dia) é realizada utilizando as variáveis do balanço energético para estimar, primeiramente, os valores correspondentes às frações evaporativas (FE) (4). Apesar dos valores estimados serem horários, considera-se como constante a variação da FE ao longo do dia, o que nos permite estimar a ET dia (5):

$$FE = \frac{LE}{Rn-G} \quad (4)$$

$$ET \text{ dia} = \frac{0.0864 * FE * Rn24h}{\lambda} \quad (5)$$

em que  $\lambda$  é o calor latente de vaporização da água (J/Kg).

### Classificação do uso da terra

Para as estimativas de ET nos diferentes usos do solo, foram adquiridos dados do projeto MapBiomass, que possui uma série temporal anual para 1985-2017, referente ao uso da terra no Brasil. Para esse estudo, devido à grande variedade de classes existentes, o produto foi reclassificado em cinco grupos principais: Floresta, Cerrado, Agricultura, Campo e Água.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 apresenta os resultados referentes às diferenças em relação às medições *in-situ* realizadas pela torre meteorológica, comparados com os obtidos pelos dados de reanálise do MERRA-2. A análise estatística foi realizada a partir do RMSE (Raiz do Erro Quadrático Médio), MAE (Erro Médio Absoluto) e R<sup>2</sup> (Coeficiente de Determinação). As variações de v em relação aos



meses do ano foram similares, apresentando um RMSE = 1,59 m/s. Em relação a UR, estimado a partir de q, apresentou RMSE= 5,08% demonstrando maiores variações principalmente no período da estação seca. Tal comportamento pode estar associado à T que também é necessária para estimação de UR. Com RMSE=4,66 °C, T ficou abaixo do esperado, apresentando um aumento na diferença em relação aos dados observados em certos períodos no ano, o que pode estar relacionado a processos microclimáticos não representados nos dados meteorológicos de baixa resolução espacial do produto MERRA-2 no que se refere a T do ar em áreas úmidas, principalmente em períodos de resfriamento. A RadInc24hr, importante variável de entrada no SEBAL, apresentou RMSE= 35,94 W/m<sup>2</sup>, o que corresponde a 25,80% da média observada de radiação solar incidente

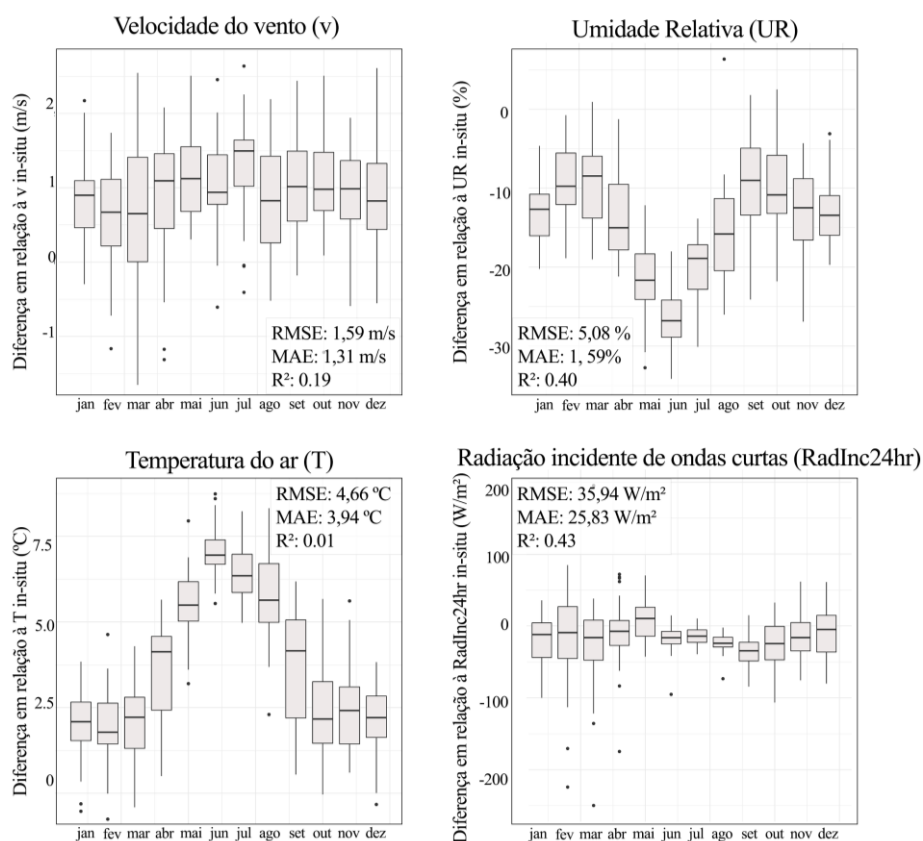


Figura 2 – Variações mensais das diferenças entre os valores observados e estimados pelo MERRA-2.

Em relação as mudanças de uso da terra, analisando as variações de áreas de floresta, cerrado, campo e agricultura nas últimas décadas (Figura 3) observa-se um aumento de aproximadamente 177% de áreas agrícolas entre 1985 e 2015, enquanto as regiões classificadas na imagem como de floresta Amazônia e Cerrado apresentaram uma diminuição de 19% e 25%, respectivamente.

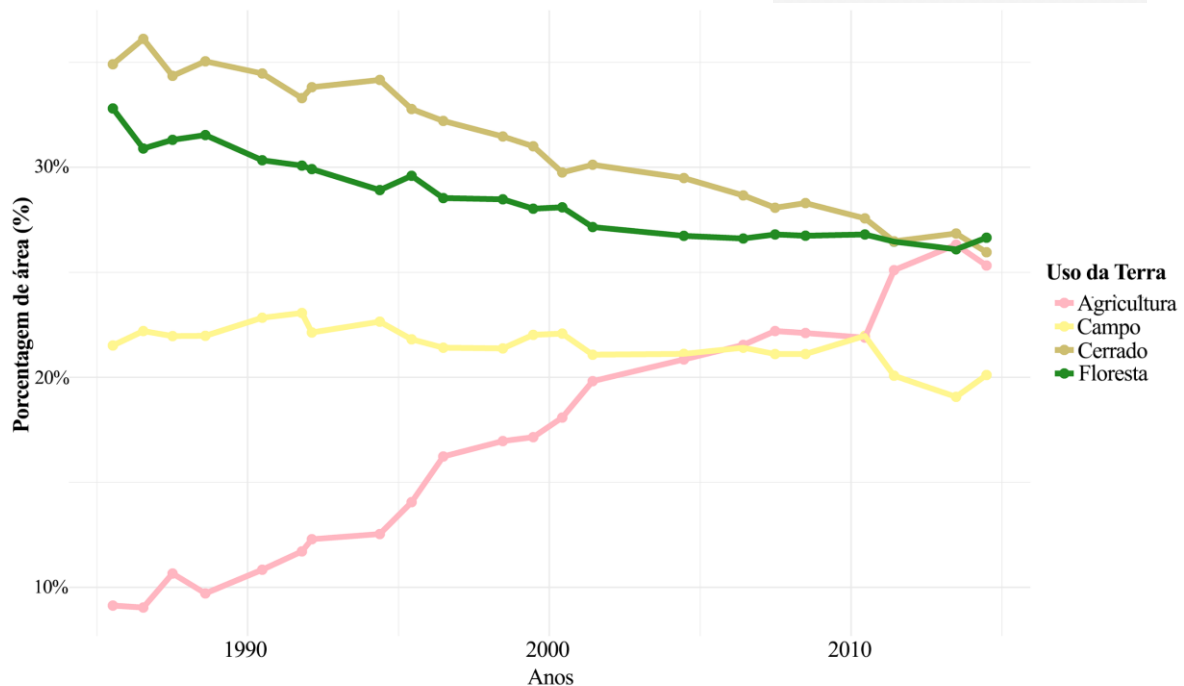


Figura 3 – Alterações no uso da terra na área de estudo em 30 anos (1985 – 2015).

Já a Figura 4a apresenta o resultado da taxa média de ET em cada imagem para as diferentes condições de usos da terra. Verifica-se que, ao longo dos anos, há uma diminuição na contribuição das taxas de ET de áreas de florestas com uma redução de 33% nos últimos 30 anos, enquanto no cerrado a diminuição foi de 26%. Nos casos em que houve aumento na contribuição das taxas de ET nesse período, o aumento no campo foi discreto (9%). A principal elevação ocorreu nas regiões agrícolas, ultrapassando os 460% entre 1985 a 2015. Os valores médios de ET estimados apresentaram variações distintas para cada classificação do uso da terra (Figura 4b). Os valores referentes às áreas de floresta corresponderam às maiores médias (3,9 mm/dia), enquanto o cerrado apresentou a segunda maior média (3,2 mm/dia). As menores estimativas foram para os campos (3,1 mm/dia) e agricultura (2,5 mm/dia). Dias *et al.* (2015) apresentou uma diminuição de 39% nas taxas de ET comparando áreas naturais (floresta e cerrado) com agricultura na bacia do Alto do Xingu, enquanto o nosso estudo apresentou uma redução de aproximadamente 30%. Além disso, entre cerrado e agricultura é observado uma diminuição nos valores médios de ET de 22%, percentual similar se comparado com a diferença dos valores anuais de ET (24%) obtidos por Oliveira *et al.* (2014) em seu estudo.

Pongratz *et al.* (2006) em seu estudo sobre os impactos no balanço hídrico e energético devido às mudanças da cobertura do solo na região do Mato Grosso, em zona de transição entre floresta e cerrado, sugeriu que há uma diminuição nas taxas de ET se as mesmas são alteradas. Apesar da análise da estimação da ET para um dia em cada ano, os resultados apontaram uma diminuição de 6% nos valores médios de ET entre os 30 anos de análise. Como comparativo, Panday *et al.* (2015) analisou

os efeitos do desmatamento na bacia do rio Xingu e para um período de 30 anos (1970 a 2000), a perda de 15% da área predominantemente amazônica ocasionou uma diminuição de 3% nos valores de ET.

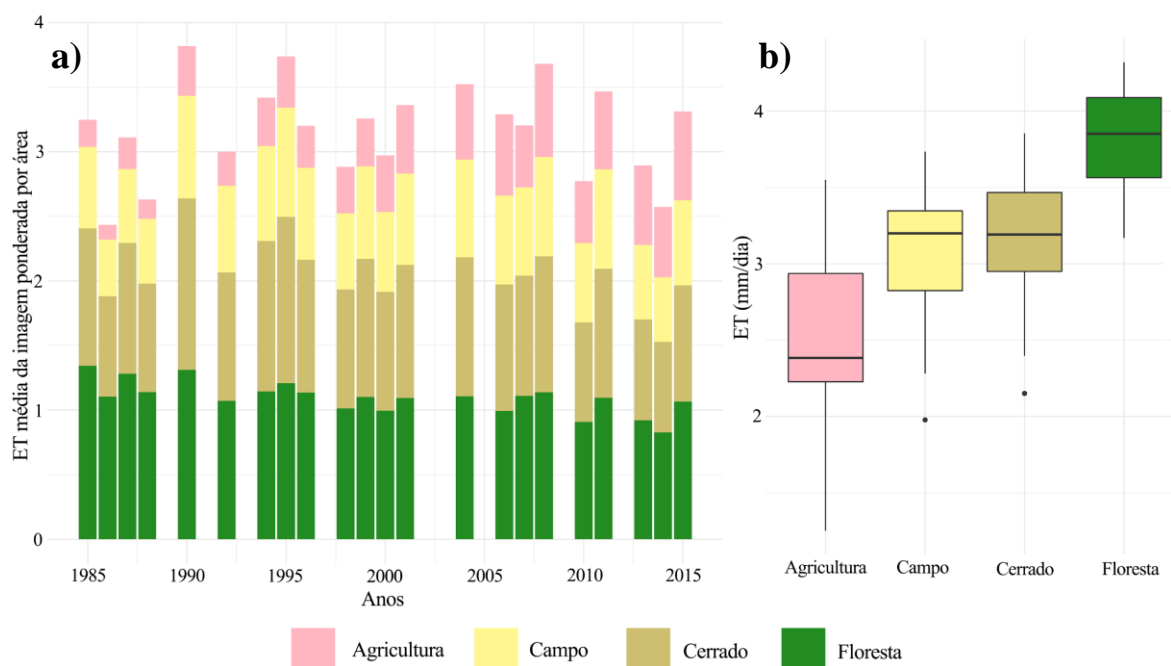


Figura 4 – Taxas de ET de acordo com a classificação de uso da terra ao longo do período de estudo (a) e suas respectivas taxas médias de ET (b).

## CONCLUSÃO

O desmatamento de áreas naturais e o avanço de áreas agrícolas ocasionam alterações no balanço hídrico e energético, ocasionando consequentemente uma diminuição nos valores de ET nas regiões de transição entre florestas tropicais e áreas de cerrado. Assim, esse trabalho é um indicativo de como mudanças de uso e cobertura da terra podem induzir alterações climáticas e hidrológicas. Entretanto, uma análise mais aprofundada das alterações de ET entre 1985 e 2018 está em andamento, considerando que a utilização de dados meteorológicos de reanálise mostrou-se uma alternativa interessante para as estimativas de ET utilizando o modelo SEBAL.

**AGRADECIMENTOS** – Os autores agradecem a CAPES e ANA pelo financiamento do projeto, e a UFRGS pela bolsa de iniciação científica (IC).

## REFERÊNCIAS

ALLEN, RICHARD G, BOYD BURNETT, WILLIAM KRAMBER, JUSTIN HUNTINGTON, JEPPE KJAERGAARD, AYSE KILIC, CARLOS KELLY, AND RICARDO TREZZA. (2013). “Automated Calibration of the METRIC-Landsat Evapotranspiration Process.” JAWRA Journal of the American Water Resources Association 49 (3). John Wiley & Sons, Ltd



(10.1111): 563–576. doi:10.1111/jawr.12056.

- ALLEN, RICHARD, MASAHIRO TASUMI, AND RICARDO TREZZA. (2007). “*Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration With Internalized Calibration (METRIC) – Model.*” *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 133. doi:10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:4(380).
- ALVES, D S. (2002). “*Space-Time Dynamics of Deforestation in Brazilian Amazônia.*” *International Journal of Remote Sensing* 23 (14). Taylor & Francis: 2903–2908. doi:10.1080/01431160110096791.
- ARAGÃO, LUIZ E O C. (2012). “*The Rainforest's Water Pump.*” *Nature* 489 (September). Nature Publishing Group, a division of Macmillan Publishers Limited. All Rights Reserved.: 217. <https://doi.org/10.1038/nature11485>.
- BASTIAANSEN, W.G.M., M. MENENTI, R.A. FEDDES, AND A.A.M. HOLTSLAG. (1998). “*A Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). 1. Formulation.*” *Journal of Hydrology* 212–213 (December). Elsevier: 198–212. doi:10.1016/S0022-1694(98)00253-4.
- BIGGS, TRENT W., MICHAEL MARSHALL, AND ALEX MESSINA. (2016). “*Mapping Daily and Seasonal Evapotranspiration from Irrigated Crops Using Global Climate Grids and Satellite Imagery: Automation and Methods Comparison.*” *Water Resources Research* 52 (9): 7311–7326. doi:10.1002/2016WR019107.
- DAVIDSON, ERIC A, ALESSANDRO C DE ARAÚJO, PAULO ARTAXO, JENNIFER K BALCH, I FOSTER BROWN, MERCEDES M C. BUSTAMANTE, MICHAEL T COE. (2012). “*The Amazon Basin in Transition.*” *Nature* 481 (January). Nature Publishing Group, a division of Macmillan Publishers Limited. All Rights Reserved.: 321. <https://doi.org/10.1038/nature10717>.
- GROSSO, CARLA, GABRIELE MANOLI, MARCO MARTELLO, YANN CHEMIN, DIEGO H. PONS, PIETRO TEATINI, ILARIA PICCOLI, AND FRANCESCO MORARI. 2018. “*Mapping Maize Evapotranspiration at Field Scale Using SEBAL: A Comparison with the FAO Method and Soil-Plant Model Simulations.*” *Remote Sensing* 10: 1452. doi:10.3390/rs10091452.
- KALMA, JETSE D., TIM R. MCVICAR, AND MATTHEW F. MCCABE. 2008. “*Estimating Land Surface Evaporation: A Review of Methods Using Remotely Sensed Surface Temperature Data.*” *Surveys in Geophysics* 29 (4–5): 421–469. doi:10.1007/s10712-008-9037-z.
- LATRUBESSE, EDGARDO, AND J C STEVAUX. 2002. “*Geomorphology and Environmental Aspects of the Araguaia Fluvial Basin, Brazil.*” *Zeitschrift Fur Geomorphologie, Supplementband* 129: 109–127.
- OLIVEIRA, PAULO TARSO S, MARK A NEARING, M SUSAN MORAN, DAVID C

- GOODRICH, EDSON WENDLAND, AND HOSHIN V GUPTA. (2014). “Trends in Water Balance Components across the Brazilian Cerrado.” *Water Resources Research* 50 (9): 7100–7114. doi:10.1002/2013WR015202.
- PANDAY, PRAJJWAL K., MICHAEL T. COE, MARCIA N. MACEDO, PAUL LEFEBVRE, AND ANDREA D. DE ALMEIDA CASTANHO. (2015). “Deforestation Offsets Water Balance Changes Due to Climate Variability in the Xingu River in Eastern Amazonia.” *Journal of Hydrology* 523 (April). Elsevier: 822–829. doi:10.1016/J.JHYDROL.2015.02.018.
- PONGRATZ, JULIA, LAHOUARI BOUNOUA, RUTH S. DEFRIES, DOUGLAS C. MORTON, LIANA O. ANDERSON, WOLFRAM MAUSER, AND CARLOS A. KLINK. (2006). “The Impact of Land Cover Change on Surface Energy and Water Balance in Mato Grosso, Brazil.” *Earth Interactions* 10 (19). American Meteorological Society: 1–17. doi:10.1175/EI176.1.
- PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 2 de Abril de 2019 através do link: <http://mapbiomas.org/>”.
- ROERINK, G J, Z SU, AND M MENENTI. (2000). “S-SEBI: A Simple Remote Sensing Algorithm to Estimate the Surface Energy Balance.” *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* 25 (2): 147–157. doi:https://doi.org/10.1016/S1464-1909(99)00128-8.
- SANDO, ROY, RODNEY R CALDWELL, AND KYLE BLASCH. (2017). “Using Remote Sensing to Characterize and Compare Evapotranspiration from Different Irrigation Regimes in the Smith River Watershed of Central Montana.” *Irrigation & Drainage Systems Engineering*. Vol. 06. doi:10.4172/2168-9768.1000188.
- SPRACKLEN, D V, S R ARNOLD, AND C M TAYLOR. (2012). “Observations of Increased Tropical Rainfall Preceded by Air Passage over Forests.” *Nature* 489 (September). Nature Publishing Group, a division of Macmillan Publishers Limited. All Rights Reserved.: 282. <https://doi.org/10.1038/nature11390>.
- SU, BOB. (1988). “The Surface Energy Balance System (SEBS) for Estimation of Turbulent Heat Fluxes.” *Hydrology and Earth System Sciences* 6. doi:10.5194/hess-6-85-2002.
- SUN, ZHONGPING, BIN WEI, WEI SU, WENMING SHEN, CHANGZUO WANG, DAIAN YOU, AND ZHENG LIU. (2011). “Evapotranspiration Estimation Based on the SEBAL Model in the Nansi Lake Wetland of China.” *Mathematical and Computer Modelling* 54 (3–4). Pergamon: 1086–1092. doi:10.1016/J.MCM.2010.11.039.