

## Aplicação do modelo agrometeorológico espectral SAFER e imagens Rapid Eye na FLONA Tapajós

Janice Freitas Leivas<sup>1</sup>  
Antonio Heriberto de Castro Teixeira<sup>1</sup>  
Ricardo Guimarães Andrade<sup>1</sup>  
Gustavo Bayma Silva<sup>1</sup>  
Sandra Furlan Nogueira<sup>1</sup>  
Luciana Spinelli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Monitoramento por Satélite - CNPM

Cep 13070-115 - Campinas - SP, Brasil

{(janice.leivas), (heriberto.teixeira), (ricardo.andrade), (gustavo.bayma), (sandra.nogueira), (luciana.spinelli)}@embrapa.br

**Abstract.** The Tapajós National Forest in Eastern Amazonia has been affected by human activities such as agriculture and livestock. The advance of the agricultural removing natural vegetation cover and economic activities are advancing in the Amazon region, causing changes in vegetation cover. Biophysical parameters such as albedo, surface temperature, NDVI, and others, obtained from satellite may assist in monitoring changes in vegetation cover through spatially distributed information. The SAFER (Simple Algorithm For Retrieving Evapotranspiration) is an algorithm has presented good results in estimating these biophysical parameters. An advantage of this model isn't obligatory use of the thermal band enabling several sensors to be used coupled with meteorological data. In this study, images with high spatial resolution RapidEye (5 m) satellite enabling good discrimination for surface and visualization of agricultural areas around the National Forest were used. Samples were selected by visual interpretation of the mosaic of RapidEye images of 2011 aided by information land use cover 2010 product provided by TerraClass project. From the preliminary analysis of the Tapajós National Forest northeast area, it was concluded that despite low density of weather stations in the Amazon, it was possible to evaluate the anthropic action surrounding of the National Forest, contributing to impact assessments of agricultural expansion in this region.

**Palavras-chave:** agrometeorology, remote sensing, meteorological station, agrometeorologia, sensoriamento remoto, estações meteorológicas.

### 1. Introdução

A Floresta Nacional do Tapajós (FLONA), localizada na Amazônia Oriental, no estado do Pará, apresenta áreas de floresta primária cercada, principalmente a leste da BR 163, por diversas áreas nas quais tem sido afetada por atividades humanas, como agricultura e pecuária. Geralmente processos como corte e queima são utilizados na abertura de novas áreas. Inúmeras atividades econômicas estão adentrando na região Amazônica, provocando alterações que tornam imprevisíveis a intensidade dos impactos causados por esse novo ciclo de produção. O avanço da fronteira agrícola sobre áreas naturais, removendo a cobertura vegetal natural, e mesmo o impacto da utilização de novas técnicas de produção e novas formas de manejo tem consequências imprevisíveis nos processos conduzidos por microorganismos e pelas novas formas de cultura que se estabelecem dentro da região (Machado, 2012).

O crescente interesse em assuntos ligados ao manejo e monitoramento dos recursos florestais tem aumentado a demanda por mapeamentos da cobertura vegetal, em escalas regionais ou até mesmo globais (Defries e Belward (2000); Shimabukuro e Rudorff (2000)). Nos últimos anos, o sensoriamento remoto tem se tornado importante ferramenta para análise e monitoramento da cobertura vegetal.

A evapotranspiração é fortemente influenciada pelo tipo de vegetação, pelo manejo agrícola, pela gestão ambiental e, principalmente, por parâmetros climáticos (Allen et al., 1998), incluindo radiação solar, vento, temperatura e umidade relativa. Diante disso, a obtenção da evapotranspiração via imagens de satélite, fornecendo informações distribuídas espacialmente e com baixo custo.

O SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) é um algoritmo que tem apresentado bons resultados na estimativa da evapotranspiração em larga escala (Teixeira et al., 2013a). Esse algoritmo tem a vantagem de não obrigatoriedade da utilização da banda termal, possibilitando ser aplicado com vários sensores juntamente com dados meteorológicos. Neste estudo foram obtidas imagens dos satélites RapidEye, que possuem resolução espacial de 5 metros, 5 cinco bandas espectrais, abrangendo a faixa de comprimento de onda entre 440 µm e 850 µm (BlackBridge, 2013).

O objetivo deste estudo foi utilizar os dados de estação meteorológica e imagens de satélite com alta resolução espacial para analisar os parâmetros biofísicos da Floresta Nacional do Tapajós (Flona) e entorno.

## 2. Metodologia de Trabalho

A Floresta Nacional do Tapajós está localizada no Estado do Pará (54° 58' W, 2° 51' S), abrangendo uma área de 590.000 ha. (Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo AmW (clima tropical com temperatura média do dia mais frio do ano superior a 18 °C). Temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica são 25°C, 85%, e 1920 mm por ano, respectivamente (Parotta et al., 1995).

Para as áreas de floresta e áreas com ação antrópica foi aplicado o algoritmo SAFER e estimou-se a albedo, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), saldo de radiação, temperatura da superfície (Ts), fluxo de calor latente e sensível e evapotranspiração (ET). Foram utilizadas duas imagens do sensor RapidEye (30 de julho de 2011, órbita/ponto 2137824 e 2137724), juntamente com dados de estação meteorológica disponibilizada pelo INMET. A metodologia detalhada do SAFER é proposta por (Teixeira et al., 2013, 2014a,b) (Figura 2).

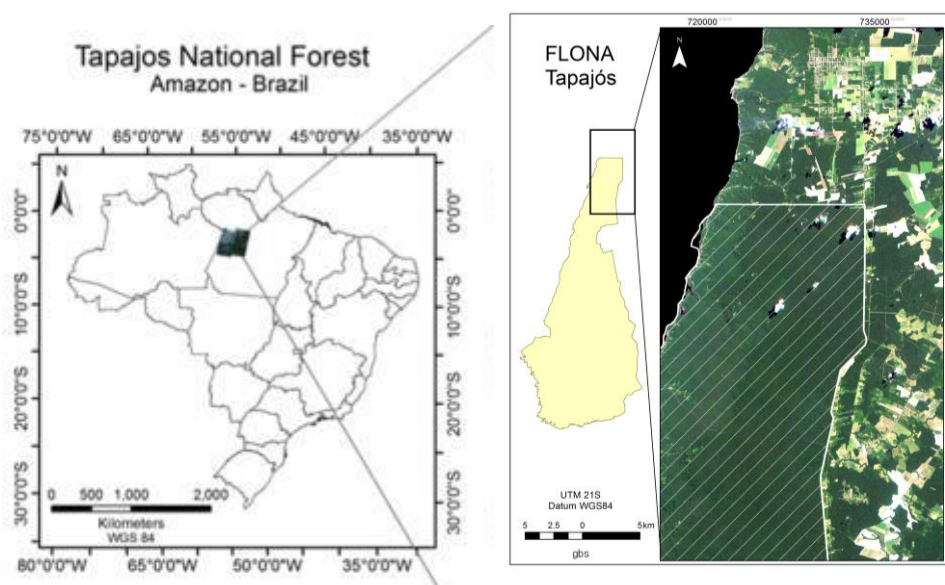


Figura 1. Área de estudo contemplando nordeste da Flona e área de expansão agrícola.

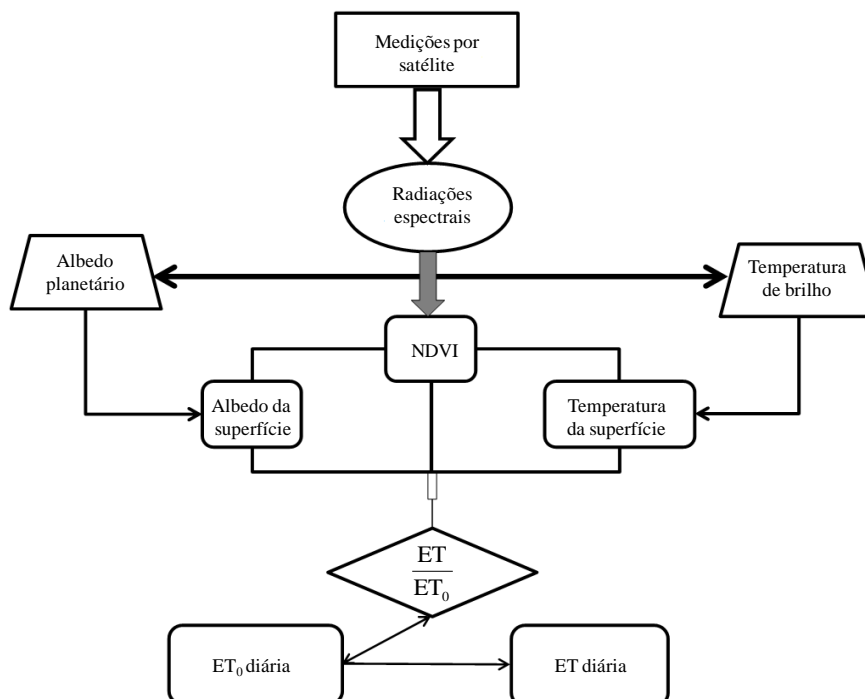


Figura 2. Fluxograma com as etapas do modelo SAFER para obtenção da ET diária (Teixeira et al., 2013).

A seleção das amostras consistiu na interpretação visual do mosaico de imagens RapidEye de 2011 auxiliada pelas informações de uso e cobertura da terra de 2010, produto disponibilizado pelo projeto TerraClass. Foram selecionadas as seguintes classes: agricultura sem palhada (antes da colheita), agricultura com palhada (pós-colheita), pastagem e floresta. Cabe ressaltar que áreas classificadas pelo TerraClass como “Regeneração com pasto” foram desconsideradas neste trabalho.

### 3. Resultados e Discussão

Na figura 3, observam-se os menores valores de albedo na área ocupada pela Flona Tapajós (tons de amarelo e azul). Nas áreas agropastoris (vermelho), o albedo apresenta valores mais elevados. As florestas por apresentarem tons mais escuros, refletem menos energia que áreas de pastagem e culturas agrícolas. Resultados de albedo na floresta tropical Amazônica foram apresentados por Culf et al., (1995) com valores que variam de 0,1225 a 0,134, respectivamente. Medições de albedo em áreas de pastagem na Amazônia foram feitas por Bastable et al., (1993) e Fisch et al., (1994) tendo-se obtido uma variação de 0,163 e 0,190. Estes valores corroboram com os resultados encontrados por Fisch et al. (1998) com 21,6% para área de pastagem e 12,5% na floresta. A Amazônia é uma das regiões do planeta onde a resposta da circulação atmosférica regional a mudanças do albedo superficial é mais intensa. Estudos de simulação utilizando diversos modelos mostram que a conversão da floresta tropical em pastagem causa uma redução na precipitação local; a qual é principalmente dependente da mudança no albedo da superfície.

No entorno da FLONA Tapajós são comuns os desflorestamentos que se iniciam, geralmente, pelo corte seletivo de madeira ou incêndios florestais e, posteriormente, a conversão total da floresta em pasto e, ou, agricultura. Após essas práticas, as áreas são abandonadas, criando um mosaico de cobertura vegetal em diferentes estádios sucessionais (SHIMABUKURO et al., 1998).

A evapotranspiração na área da Flona Tapajós e entorno (figura 4), obteve-se evapotranspiração diária média foi de  $3,17 \text{ mm.d}^{-1}$  enquanto que nas áreas de agrícolas, observa-se valores médios de  $1,88 \text{ mm.d}^{-1}$ . Estudos realizados com dados das torres de fluxo do Projeto LBA (Large Biosphere-Atmosphere) mostraram que a sazonalidade da evapotranspiração na Amazônia é controlada principalmente pela elevada disponibilidade de radiação com pouca influência das condições hídricas (Rocha et al., 2009). Tomasella et al. (2007) verificaram que mesmo em período com menor precipitação na Amazônia, as taxas de evapotranspiração mantêm-se alta devido ao conteúdo de água no solo. As mudanças de uso da terra acarretam alterações na superfície, com a redução da cobertura vegetal acarreta mudança no albedo, reduzindo a evapotranspiração, alterando os regimes de precipitação e, posteriormente podendo causar mudanças na temperatura e na quantidade de umidade do solo e, conseqüentemente nas condições ambientais.

Aguiar et al (2013) obtiveram a ET na Amazônia através do Modelo de Penman-Montheith, obtendo médias menores para o período chuvoso ( $124,8 \text{ mm.mês}^{-1}$ ) e maiores para o seco ( $145,7 \text{ mm.mês}^{-1}$ ), apresentando relação inversa ao regime de precipitação na região. Essa variação de um período para o outro pode estar relacionada com as mudanças das variáveis atmosféricas sobre o dossel da floresta, que responde de maneira diferente para evapotranspiração de acordo com a estação do ano.

As imagens adquiridas para cobrir a área de estudo, referem-se a julho de 2011, período seco na Amazônia. Valer ressaltar que a alta demanda da atmosfera, faz com que aumente a quantidade de vapor d'água na atmosfera, contribuindo para altas taxas evapotranspiratórias. Segundo Vendrame et al., (2000), a medida de evapotranspiração tende a variar de acordo com o modelo. A ET foi calculada a partir de três modelos diferentes (Penman-Monteith, Maia Alves e Hydra) com valores de  $3,6$ ,  $4,5$  e  $3,6 \text{ mm.d}^{-1}$ , que em escala mensal de  $108$ ,  $135$  e  $105 \text{ mm.mês}^{-1}$ , respectivamente na Reserva Jarú.

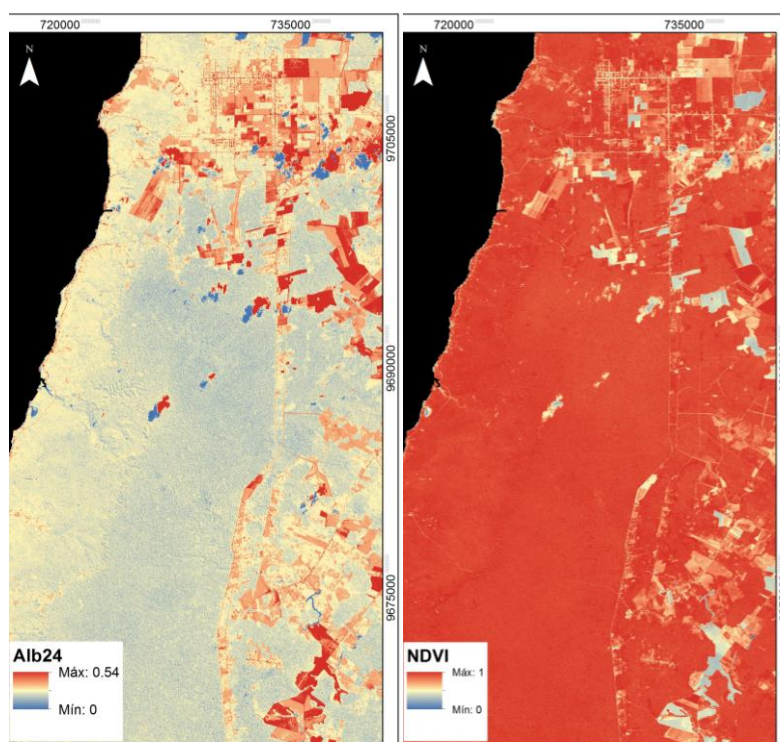


Figura 3. Distribuição espacial do albedo médio diário e do NDVI na região nordeste Flona Tapajós e entorno.



Segundo dados climáticos do INMET, a precipitação média na FLONA na estação seca (agosto a novembro) é de  $54,8 \text{ mm.mês}^{-1}$ . Na estação chuvosa (dezembro a julho), a precipitação média é de  $211,3 \text{ mm.mês}^{-1}$ .

Na Figura 4, observa-se a variabilidade da temperatura da superfície. Os maiores valores de temperatura da superfície (TS24), representado em tons de amarelo e vermelho, foram encontrados no entorno da floresta, em áreas com pressão ocupadas por atividade agricultura e pecuária. Este aumento da temperatura da superfície em áreas com ação antrópica, é decorrente da conversão de florestas em áreas agropastoris, podendo acarretar sérios problemas ambientais. Silva et al (2014) avaliaram o efeito da ação antrópica de um assentamento no entorno da Floresta Amazônia, utilizando imagens Landsat/TM e obtiveram os maiores valores de temperatura da superfície em áreas antropizadas com valores superiores a  $40^{\circ}\text{C}$ .

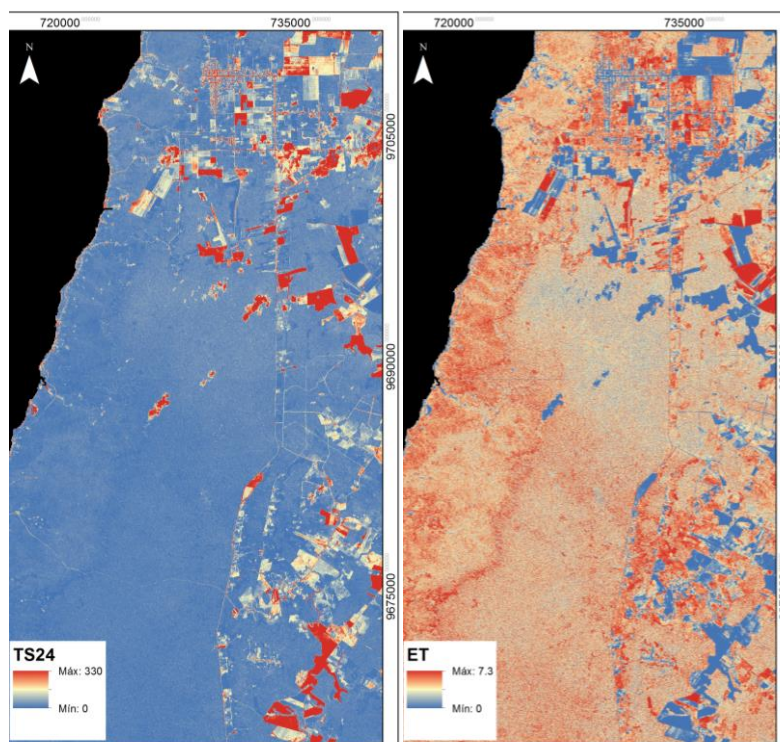


Figura 4. Distribuição espacial da temperatura da superfície média diária e da evapotranspiração, na região nordeste da Flona Tapajós e entorno.

A partir dos resultados obtidos, pode-se inferir que o modelo agrometeorológico espectral SAFER obteve-se resultados pertinentes com a bibliografia, mesmo com a utilização de imagens de alta resolução espacial e sem a utilização da banda termal, como o RapidEye, facilitando a discriminação dos alvos na superfície. Portanto, infere-se que o modelo pode ser utilizado para fins de monitoramento dos efeitos devido à mudança de uso do solo, como a pressão agrícola no entorno da FLONA.

#### 4. Conclusões

A partir da análise preliminar realizada área nordeste da Floresta Nacional do Tapajós, conclui-se que mesmo com baixa densidade de estações meteorológicas na Amazônia, foi possível avaliar a ação antrópica no entorno da FLONA, contribuindo para avaliações dos impactos da expansão agrícola nessa região.

Com a aplicação do modelo agrometeorológico espectral SAFER, obteve-se resultados satisfatórios na estimativa de parâmetros biofísicos como albedo, temperatura da superfície e evapotranspiração. Essa ferramenta pode auxiliar no monitoramento da dinâmica dos recursos naturais nas condições das alterações da cobertura vegetal causadas pelo avanço agrícola no entorno da FLONA, mesmo com imagens de alta resolução espacial como o RapidEye, que não possui a banda termal.

Propõe-se nas próximas etapas deste estudo, realizar a análise temporal dos parâmetros obtidos via sensoriamento remoto e analisar sazonalmente propondo um monitoramento da área ocupada pela Flona Tapajós e entorno.

## 5. Referências Bibliográficas

Aguiar, D. R.; Oliveira Junior, R. C.; Tapajós, R. P.; Bareto, W. M.; Beldine, T. P.; Mecanismos de controle para fluxos de vapor d'água na Flona Tapajós para o ano de 2002. **Revista Ciência e Natura**, Edição Especial, dez 2013, p. 142 – 147, 2013.

Allen, R.G.; Tasumi, M.; Trezza, R.; Kjaersgaard, J. Mapping evapotranspiration at high resolution, application manual for Landsat satellite imagery. Version 2.0.7. Kimberly: University of Idaho. 2010, p.248

Bastable, H.G., Shuttleworth, W.J., Dallarosa, R.L.G. Observations of climate albedo and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian Forest. **International Journal Climatology**, Chicester, v.13, p.78396, 1993.

BlackBridge Delivering the world, Satellite Imagery Product Specifications, Version 6.0, november 2013. Disponível em: <http://www.blackbridge.com/rapideye/>

Culf, A. D.; Fisch, G.; Hodnett, M. G. The albedo of Amazonian forest and ranch land. **Journal Climate**. p. 1544-1554, 1995.

Defries, R. S.; Belward, A. S. Global and regional land cover characterization from satellite data: an introduction to the Special Issue. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 6-7, p. 1083-1092, 2000.

Fisch, G; Marengo, J. A.; Nobre, C. A. Uma Revisão Geral Sobre o Clima da Amazonia. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2, p. 101-126, 1998.

Machado, W. B. Balanço de energia em áreas de floresta e de um campo agrícola no leste da Amazônia. 2012. 66 páginas. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2012.

Parotta, J.A.;Francis, J. K.; Almeida, R. R. Trees of Tapajós: a fotografic Field guide. General technical report. United States Departament of Agriculture, Riopiedras, Puerto Rico, 1995. II INOVAGRI International Meeting, 2014

Rocha, H. R. da; Goulden, M. L.; Miller, I. D.; Menton, M. C.; Pinto, L.; de Freitas, H. C.; Figueira, A. Seasonality of water and heat fluxes over a tropical Forest in eastern Amazonia. **Ecological Application**, v. 14, n. 4, 2004.

Shimabukuro, Y. E.; Rudorff, B. F. T. Fraction images derived from NOAA AVHRR data for global studies. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 17, p. 3191-3194, 2000.

Silva, I. W.; Delgado, R. C.; Souza, L. P.;Gois, G.; Oliveira Júnior, J. F.; Rodrigues, R. A. **Revista Geografia Acadêmica**, v.8, n.1, p. 29-37, 2014.

Teixeira, A. H. de C.; Scherer-Warren, M.; Hernandez, F.B.T.; Andrade, R.G.; Leivas, J.F. Large-Scale Water Productivity Assessments with MODIS Images in a Changing Semi-Arid Environment: A Brazilian Case Study. **Remote Sensing**, v. 5, p. 5783-5804, 2013a.

Teixeira, A. H. DE C.; Hernandez, F. B. T.; Lopes, H. L.; Schrer-Warren, M.; Bassoi, L.H. A Comparative Study of Techniques for Modeling the Spatiotemporal Distribution of Heat and Moisture Fluxes in Different Agroecosystems in Brazil. In: George G. Petropoulos. (Org.). Remote Sensing of Energy Fluxes and Soil Moisture Content. 1ed. Boca Raton, Florida: CRC Group, Taylor and Francis, 2013b, p. 169-191.

Teixeira, A. H. de C.; Scherer-Warren, M.; Hernandez, F.B.T.; Andrade, R.G.; Leivas, J.F. Large-Scale Water Productivity Assessments with MODIS Images in a Changing Semi-Arid Environment: A Brazilian Case Study. **Remote Sensing**, v. 5, p. 5783-5804, 2013.

Teixeira, A. H. de C.; Victoria, D. de C.; Andrade, R. G.; Leivas, J. F.; Bolfe, E. L.; Cruz, C. R. Coupling MODIS images and agrometeorological data for agricultural water productivity analyses in the Mato Grosso state, Brazil. **Proceedings of SPIE - International Society for Optical Engineering**, v. 9239, p. 92390W-1-92390W-14, 2014.

Tomasella, J.; Hodnett, M.G.; Cuartas, L.A.; Nobre, A.D.; WAaterloo, M.J.; Oliveira, S.M. The water balance of an Amazonian micro-catchment: the effect of interannual variability of rainfall on hydrological behaviour. **Hydrol. Process.**, v. 22, p. 2133-2147, 2007.

Vendrame, I.; Albuquerque, V. F.; Fisch, G. Influência da condutância estomática no cálculo da evapotranspiração em Rondônia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** v. 5, n. 2, p. 59-70, Abr/Jun 2000.