

Computação em nuvem e sensoriamento remoto nos estudos dos efeitos das mudanças climáticas na biodiversidade do semiárido brasileiro

John Elton de Brito Leite Cunha¹

Iana Alexandra Alves Rufino²

Lucila Karla Felix Lima de Brito³

Silvio Severino de Sousa Júnior⁴

Augusto José da Silva Rodrigues⁵

¹ Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Caixa Postal 505 –58429-900– Campina Grande - PB, Brasil

john.e.cunha@gmail.com, iana.alexandra@ufcg.edu.br, lflbrito@gmail.com,

silviojunior091@gmail.com, augustojrodrigues@gmail.com

Abstract. Nowadays we have been witnessing major losses in ecosystem services, caused by human activities. Those actions represent a serious threat to sustainable livelihoods. The natural sciences have sought ecosystems monitoring, especially by investigating the effects of climate change on biodiversity. However, the variety of environmental data applications require huge spatial scales that cannot be collected only through field-based methods. Remote sensing techniques and data is suitable to those needs and could help in land use/land cover changes detection in different scales (from local to continental landscapes). Thus, this article presents an intercontinental initiative: the European Union Brazil CloudConnect project (EUBrazilCC). The main goal is to provide a cloud infrastructure to use tools for multi-temporal analysis and trend analysis of huge remote sensing databases to understand the main current drivers of land use changes: human activities and climate changes. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm) algorithm has been processed for a long time series (more than 30 years of satellite images) covering the whole Brazilian semi-arid area. Additionally, web services for visualization, analysis and availability for decision makers and researchers will be used. It has been expected a massive use of those web gateway for end users, policy decision makers, researchers which could be a great contributing to the environmental sciences development.

Palavras-chave: image processing, multi-temporal analysis, processamento de imagens, análise multitemporal.

1. Introdução

Nos últimos anos têm sido observadas perdas de importantes serviços ecossistêmicos, resultantes do efeito antropogênico (FOLEY *et al.*, 2005; MEA, 2005; D'ODORICO *et al.*, 2013), representando uma séria ameaça para a subsistência sustentável. As ciências naturais têm buscado o monitoramento dos ecossistemas, especialmente, investigando os efeitos das mudanças climáticas e perdas de biodiversidade.

No entanto, a variedade de aplicações ambientais exigem dados de escalas espaciais amplas que não podem ser recolhidos apenas a métodos baseados em campo. Dados e técnicas de sensoriamento remoto atendem a essas necessidades, pois incluem identificação e detalhamento das características biofísicas de habitats de espécies, prevendo a distribuição e variabilidade espacial na riqueza de espécies, e detecção de mudanças naturais e de origem humana em escalas que vão desde paisagens locais a continentais (Pereira *et al.*, 2013).

Condições ambientais abióticas são então principais impulsionadores das mudanças na diversidade biológica, tornando o monitoramento dessas características extremamente relevantes para os cientistas ambientais (Wang *et al.*, 2010).

A ecologia tem tradicionalmente procurado informações relevantes a partir de metodologias baseadas em campo. Os dados de sensoriamento apresentam substancial contribuição para ecologia, biodiversidade e conservação (Kerr e Ostrovsky, 2003), mas apresentam ingredientes que dificultam a sua aplicação por este grupo de usuários.

As raízes de sensoriamento remoto ambiental encontram-se nas disciplinas de geografia e engenharia (Pettrorelli *et al.*, 2014). Sendo necessário na maioria das aplicações que seus

usuários conheçam sobre os fundamentos da cartografia, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), ferramentas computacionais e física atmosfera.

Neste sentido, este artigo apresenta as iniciativas do projeto *EU Brazil Cloud Connect* para difusão dos dados obtidos por sensores orbitais e ferramentas para análise multitemporal e análise de tendências de mudanças na superfície terrestre. O projeto *EU Brazil Cloud Connect* reúne aplicações e serviços para apoiar a investigação sobre as relações entre a biodiversidade e mudanças climáticas. Para tanto, serão utilizados ferramentas de *cloud computing* para o processamento do Algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm*) para uma série superior a 30 anos de imagens orbitais para todo semiárido brasileiro e serviços web para visualização, análise e disponibilização para tomadores de decisão e comunidade científica.

2. Área de estudo

No Brasil, o espaço geográfico mais vulnerável aos efeitos da desertificação e das mudanças climáticas é a região Semiárida (Figura 1). A insuficiência e irregularidade na distribuição de chuvas, a temperatura elevada e a forte taxa de evaporação são características climáticas que “projetam derivadas radicais para o mundo das águas, o mundo orgânico das caatingas e o mundo socioeconômico dos viventes dos sertões” (AB’SÁBER, 2003). Nessa região vivem aproximadamente 25 milhões de brasileiros, em uma área correspondendo a 969.589,4 km² ou 11% do território nacional (LIMA *et al.*, 2011), caracterizando uma das regiões semiáridas de maior densidade populacional do mundo.



Figura 1 – Localização e identificação da área de estudo.

Uma área utilizada para extração dos resultados preliminares, está localizada no Cariri Paraibano e pode ser observada através da descrição da Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição da área piloto estudada (Fonte: ***Monteiro/PB, INMET, 2013.)

Localização geográfica	X= 732106; Y=1521800
Área (Ha)	1 Ha
Bioma*	Caatinga
Clima***	Clima semiárido quente (<i>BSh</i>)
Precipitação média (mm)***	Estação seca (set-out-nov): 34 Estação chuvosa (fev-mar-abr): 338

A vegetação predominante no Semiárido brasileiro corresponde ao bioma Caatinga, a maior Floresta Tropical Sazonalmente Seca (SDTF – do inglês *Seasonally Dry Tropical Forest*) do mundo (Carvalho e Almeida, 2010). Entre as regiões brasileiras, as áreas de Caatinga são as que apresentam menor proteção, pois as unidades de conservação cobrem menos de 2% do território. Além disso, as áreas de Caatinga continuam passando por um extenso processo de alteração e deterioração ambiental provocado pelo uso insustentável dos seus recursos naturais, o que está levando à rápida perda de espécies únicas, à eliminação de processos ecológicos chave e à formação de extensos núcleos de desertificação em vários setores da região (LEAL *et al.*, 2006).

3. Balanço de energia à superfície

Cunha *et al.* (2013) afirmam que mudanças no regime pluviométrico podem interferir diretamente na resposta da cobertura vegetal e consequentemente nos componentes do ciclo hidrológico. Neste sentido, através de componentes do balanço de energia à superfície como a evapotranspiração, ou mesmo índices de biomassa vegetal, as tendências de mudança na cobertura do solo podem ser analisadas possibilitando a elaboração de indicadores de mudanças na biodiversidade de uma região.

O SEBAL (Bastiaansen, 1998) tem sido amplamente utilizado em áreas agrícolas (Allen *et al.*, 2007 e 2002; Teixeira *et al.*, 2009; Steele *et al.*, 2014), entretanto, o esforço computacional e o tempo de processamento ainda se apresentam como desafios para a aplicação deste algoritmo utilizando imagens de média resolução para grandes áreas como o semiárido brasileiro.

3. Metodologia do trabalho

A Figura 2 apresenta o fluxograma de processamento e serviços de análise para o projeto *EU Brazil Cloud Connect*. O fluxograma é dividido em duas partes: Processamento em segundo plano e processamento em Tempo Real. A etapa de processamento em segundo plano reúne as tarefas de aquisição das imagens e dados climáticos, processamento do algoritmo SEBAL, seleção e filtro das áreas com nuvens e repositório dos arquivos com os produtos provenientes do algoritmo SEBAL. A segunda etapa apresenta as tarefas de serviço paralelo de análise dos dados e Portal científico com serviços de visualização, análise e disponibilização das informações.

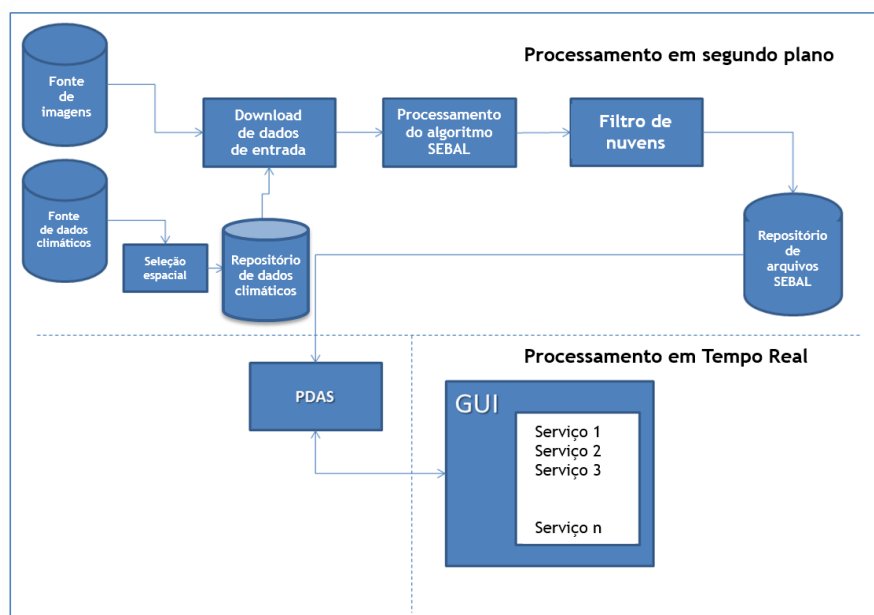


Figura 2 – Fluxograma de processamento e serviços de análise.

Nesta aplicação serão utilizadas as imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8, TERRA/MODIS e NOAA/AVHRR. Para cobrir todo semiárido brasileiro são necessárias 57 cenas do satélite Landsat e 4 tiles MODIS e AVHRR. As informações sobre o clima necessárias para a aplicação do algoritmo SEBAL serão selecionadas com base na localização das imagens de satélite e horário da passagem do sensor na região de interesse. Sendo necessário as informações sobre a velocidade e altura da medição do vento, temperatura ar e radiação de onda curta incidente para os dados passados (últimos 30 anos) e para as novas imagens disponíveis.

O processamento do algoritmo SEBAL será executado conforme procedimentos descritos em Bastiaanssen, 1998. No entanto, para processar o grande número de dados, serão utilizadas ferramentas de paralelização e computação nas nuvens.

O processamento em tempo real utilizará as informações advindas do processamento do algoritmo SEBAL. Nesta aplicação os usuários poderão manipular os dados em tempo real, produzindo mapas dos produtos SEBAL, gráficos com informações multitemporais dos dados SEBAL e variáveis climáticas, download dos produtos SEBAL para áreas de interesse e análise estatísticas dos dados.

3. Resultados preliminares

A Figura 3 apresenta os primeiros resultados obtidos no âmbito do projeto. O retângulo de orbita 215 e ponto 65 foi escolhido para a aplicação da ferramenta de Serviço Paralelo de Análises de Dados (PDAS).



Figura 3 – Detalhe do recorte utilizado para aplicação do PDAS.

Observa-se na Figura 4 os mapas com os valores de máxima, média e mínimo NDVI para uma série de 30 anos que reúne dados dos satélites Landsat 5, 7 e 8.

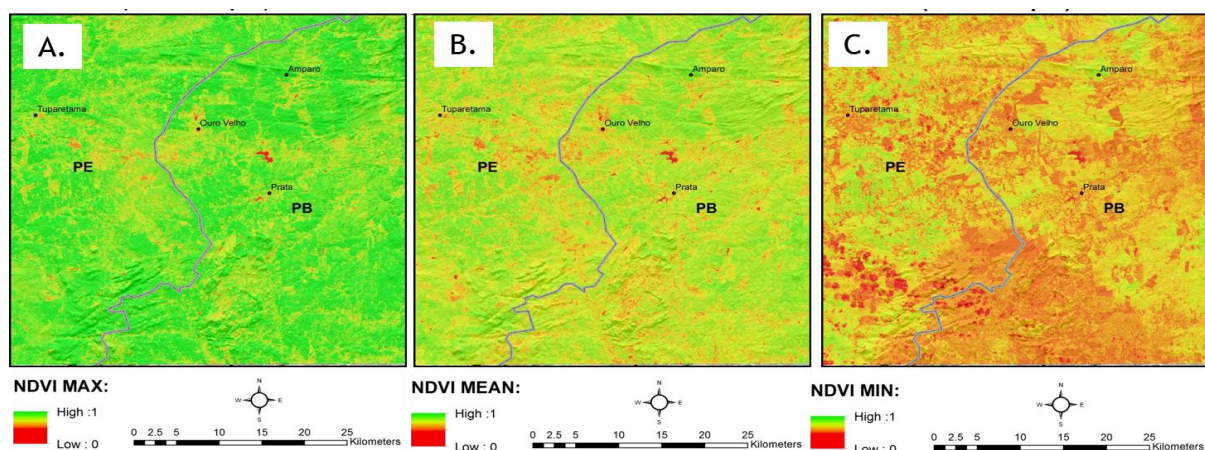


Figura 4 – NDVI para uma série de 30 anos em (A) Máximo, em (B) média e em (C) mínimo.

O tratamento estatístico de uma longa série de imagens permite a observação de tendências e identificação de mudanças na cobertura vegetal. Além disso, diferentes índices podem ser analisados de forma conjunta, utilizando o serviço de PDAS mesmo para grandes conjuntos de dados devido a capacidade de processamento disponibilizada pela computação em nuvem.

A cooperação internacional promovida pelo projeto envolve pesquisadores de diferentes instituições, o que possibilita um intenso compartilhamento de expertise na análise e discussão destes resultados.

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados gráficos de índice de área foliar por precipitação e temperatura de superfície por precipitação para dois anos consecutivos, no início da década de

2000, sendo o primeiro com chuvas abaixo da média e o segundo com chuvas acima da média. Os dados de índice de área foliar e temperatura de superfície foram obtidos dos produtos MOD 15A2 e MOD 11A2 e os dados de precipitação são de postos pluviométricos.

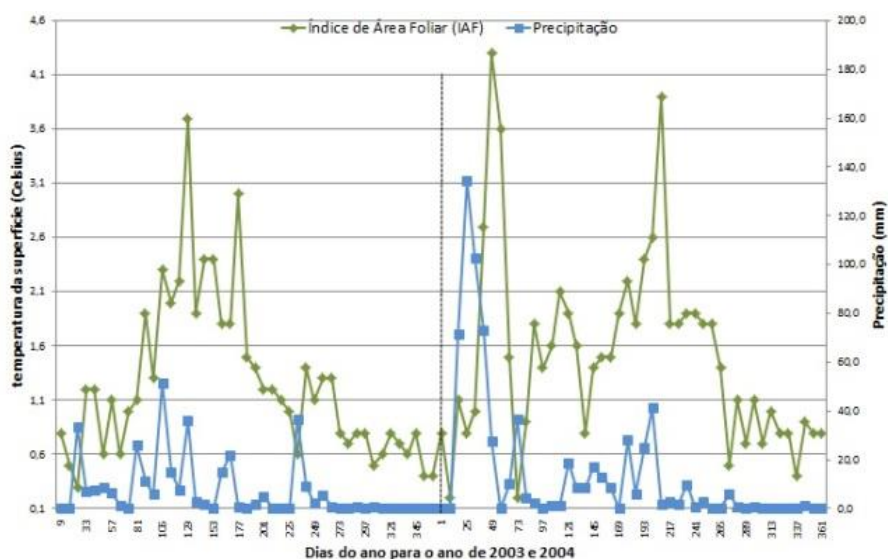


Figura 5 – Índice de Área Foliar e precipitação, nos anos de 2003 e 2004, para uma região de Caatinga densa, no Cariri Paraibano.

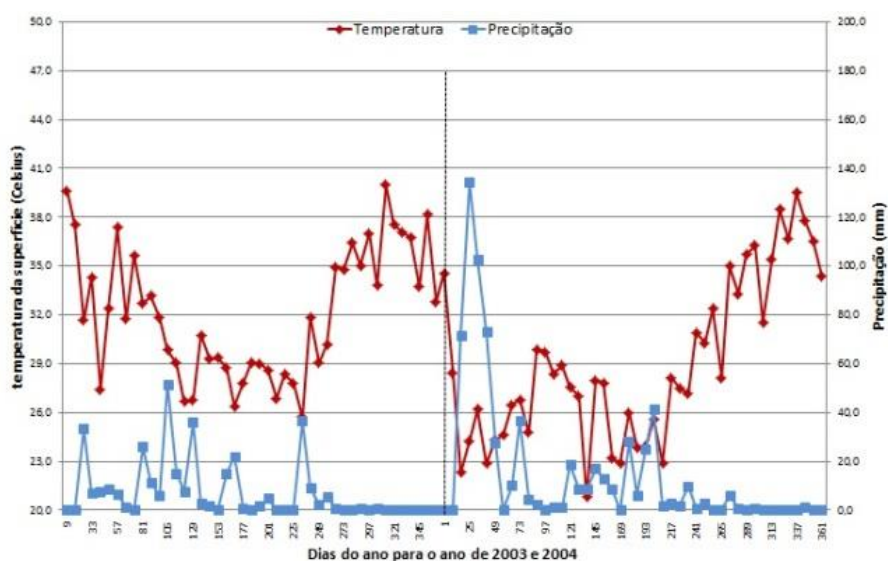


Figura 6 - Temperatura de superfície e precipitação, nos anos de 2003 e 2004, para uma região de Caatinga densa, no Cariri Paraibano.

Um segundo exemplo de aplicação, pode ser observado nas Figuras 7 e 8 que apresentam os mapas de NDVI e Evapotranspiração para uma bacia na região semiárida brasileira. Nesta aplicação foram extraídos os valores de NDVI e evapotranspiração para 12 pontos, apresentados nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

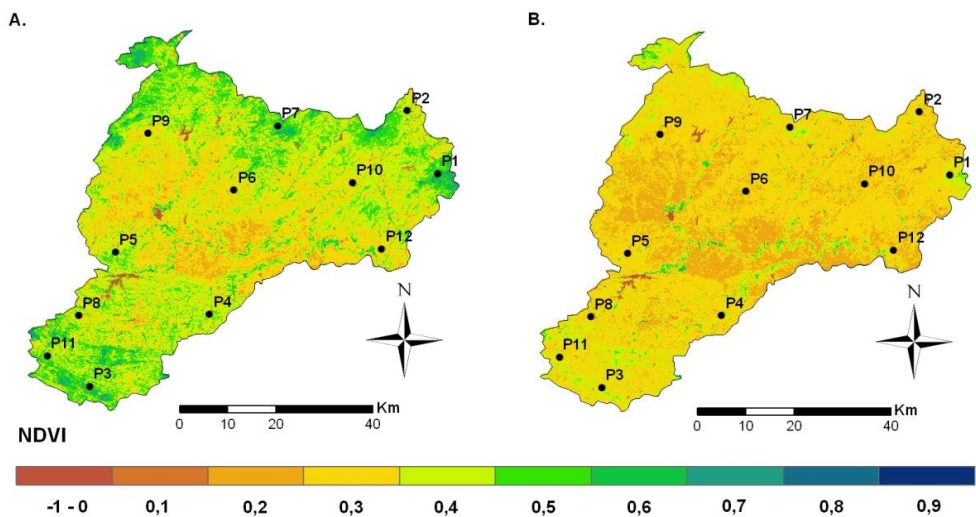


Figura 7 – NDVI para o período a estação chuvosa e seca numa bacia do semiárido brasileiro, localizada no Cariri Paraibano.

Tabela 2 – NDVI's extraídos de uma bacia no semiárido brasileiro

Pontos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
29/ago	0,624	0,435	0,501	0,380	0,456	0,199	0,495	0,342	0,235	0,203	0,449	0,369
1/nov	0,368	0,219	0,349	0,257	0,307	0,168	0,250	0,260	0,229	0,186	0,305	0,226
$\frac{NDVI_{ago} - NDVI_{nov}}{NDVI_{ago}}$	0,410	0,497	0,303	0,324	0,327	0,156	0,495	0,240	0,026	0,084	0,321	0,388

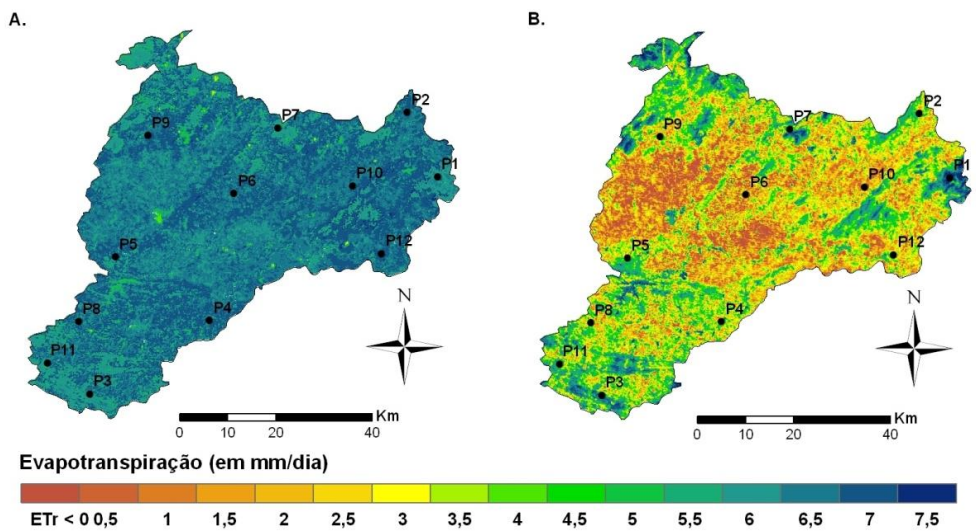


Figura 8 – Evapotranspiração para o período a estação chuvosa e seca numa bacia do semiárido brasileiro, no Cariri Paraibano

Funcionalidades similares às apresentadas estarão disponíveis em um único portal científico web, possibilitando que pesquisadores e tomadores de decisões realizem essas operações. Dessa forma, espera-se que usuários não familiarizados com sensoriamento remoto possam fazer uso desta valiosa ferramenta, contribuindo para o desenvolvimento das ciências ambientais, de políticas ambientais e da educação ambiental.

Tabela 3 - Evapotranspiração obtida de uma bacia no semiárido brasileiro, no Cariri Paraibano.

Pontos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Elevação (m)	709	350	477	284	319	327	420	310	350	288	358	228
$\lambda ET_{29/ago}$	6,1	6,9	6,8	5,6	5,3	6,1	6,9	5,6	6,6	6,1	6,6	6,8
$\lambda ET_{1/nov}$	7,0	3,6	6,0	5,5	2,9	1,6	3,8	1,0	2,2	1,5	3,4	3,0
$\frac{ET_{ago} - ET_{nov}}{ET_{ago}}$	-0,16	0,48	0,11	0,01	0,44	0,74	0,45	0,81	0,67	0,76	0,48	0,55

Agradecimentos

Ao MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia), à comissão Européia (European Union comission) e ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa. Ao CMCC (Euro-Mediterranean Center on Climate Change) pelo compartilhamento de ferramentas.

Referências Bibliográficas

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Atelié editorial, 2003.
- ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, ASCE 133, p. 380–394, 2007.
- ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.
- BASTIAANSEN, W.G.M., MENENTI, M., FEDDES, R.A.; HOLTSAG, A.A.M. “A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation”. **Journal of Hydrology**, v. 212–213, pp. 198–212, 1998.
- Carvalho, C.J.B., Almeida, E. A. B. **Biogeografia da América do Sul: padrões e processos**. São Paulo: Roca, 2010. 306p.
- D’ODORICO, Paolo et al. Global desertification: drivers and feedbacks. **Advances in Water Resources**, v. 51, p. 326–344, 2013.
- FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. **science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.
- KERR, Jeremy T.; OSTROVSKY, Marsha. From space to species: ecological applications for remote sensing. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 18, n. 6, p. 299–305, 2003.
- LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA J. M. C. Ecologia e conservação da caatinga: uma introdução ao desafio. **Associação Caatinga**. pp.13–17, 2006
- LIMA, R. C. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ-MARIN, A. M. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA-PB, 2011.
- MEA. Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-Being: Desertification Synthesis. Washington DC: World Resource Institute; 2005.
- PEREIRA, Henrique Miguel et al. Essential biodiversity variables. **Science**, v. 339, n. 6117, p. 277–278, 2013.
- PETTORELLI, Nathalie; SAFI, Kamran; TURNER, Woody. Satellite remote sensing, biodiversity research and conservation of the future. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 369, n. 1643, p. 20130190, 2014.
- STEELE, Dean D. et al. Spatial mapping of evapotranspiration over Devils Lake basin with SEBAL: application to flood mitigation via irrigation of agricultural crops. **Irrigation Science**, p. 1–15, 2014.
- TEIXEIRA, AH de C. et al. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil: Part A: Calibration and validation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n. 3, p. 462–476, 2009.
- WANG, Kai et al. Remote sensing of ecology, biodiversity and conservation: a review from the perspective of remote sensing specialists. **Sensors**, v. 10, n. 11, p. 9647–9667, 2010.