

CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA DAS PASTAGENS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERMELHO (GO), BIOMA CERRADO, BRASIL

*Characterization biophysics of pastures in watershed red river (GO), Biome
Cerrado, Brazil*

Pablo Santana Santos*
Laerte Guimarães Ferreira**
Ítalo Luiz Corrêa Lenzi***

***Universidade Federal da Bahia - UFBA / Salvador, Bahia**
pablo.srgeo@gmail.com

****Universidade Federal de Goiás - UFG / Goiânia, Goiás**
laerte@iesa.ufg.com

*****Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT / Cuiabá, Mato Grosso**
italo_lenzi@hotmail.com

RESUMO

A expansão da atividade agropecuária no cerrado brasileiro representa hoje mais da metade da área total deste bioma, onde a conversão das áreas naturais em pastagens cultivadas foi a principal dinâmica mais evidenciada. Tais transformações tendem a resultar em padrões espaciais distintos quanto ao comportamento biofísico das principais formações vegetais existentes, os quais podem ser identificados e discriminados através dos vários produtos de sensoriamento remoto disponíveis, e trabalhos de campo. O presente trabalho, ao utilizar a bacia hidrográfica do rio Vermelho como unidade experimental do bioma Cerrado, teve como objetivo principal realizar uma análise biofísica das pastagens, a partir de coletas de campo (biomassa e espectroscopia) e uma ampla base de dados de satélite. A partir de 1985, houve um expressivo avanço das pastagens cultivadas sobre as pastagens naturais e em 2006, as espécies exóticas representavam aproximadamente 91,3% do total das pastagens presentes na área de estudo. A distribuição das pastagens cultivadas e naturais está associada a fatores edafoclimáticos locais, como características de solo (profundidade/pedregosidade) e disponibilidade hídrica, os quais explicam a ocorrência da maioria das espécies forrageiras. Há uma correspondência entre a biomassa verde encontrada no período seco para as duas categorias de pastagens, ao contrário do observado no período chuvoso. Entretanto, tendo por base as imagens biofísicas sazonais de resolução espacial moderada (MODIS), não é possível separar entre pastagens nativas e cultivadas.

Palavras-chave: Pastagens. Avaliação Biofísica. Cerrado.

ABSTRACT

The agricultural expansion in the Brazilian cerrado represents nowadays more than half of the total biome area, where conversion of the natural vegetation to pasturelands is the main dynamics more evident. Such transformations tend to create distinct spatial patterns regarding the biophysical behavior of the main existent vegetation formations, which can be identified and discriminated through a variety of available remote sensing products, and field surveys. This paper, by using the watershed of the Red river as an experimental unit of the Cerrado biome, aimed to make a biophysical analysis of pastures, from field sampling (biomass and spectroscopy) and a broad base of satellite data. From 1985, there was a significant advance of cultivated pastures over the natural pastures and in 2006, the exotic species represented approximately 91.3% of the total pastures present in the study area. The distribution of natural and cultivated pastures seems to be related to local edafoclimatic factors, such as soil (depth/lithic content) and water availability, which explain the occurrence of most grass species. There is a correspondence between pasture natural, and pasture cultivated, green biomass during the dry season, as opposed to the wet season. However, based on the seasonal moderate spatial resolution MODIS images, it is not possible to separate between natural and cultivated pastures.

Keywords: Pastures. Biophysics Assessment. Cerrado.

1 INTRODUÇÃO

O cerrado brasileiro é a maior região neotropical das savanas existentes no mundo, cobrindo aproximadamente 45% de América do Sul (CASTRO et al., 1994). Entre os biomas brasileiros, apresenta uma considerável alteração da sua paisagem (NEPSTAD et al., 1997), impulsionado principalmente pela produção agrícola e agropecuária. A expansão da atividade agropecuária no cerrado brasileiro representa hoje mais da metade da cobertura e uso do solo deste bioma, onde as áreas de pastagens cultivadas e naturais são as principais formas de ocupação (SANO et al., 2008). Para Brossard e Barcellos (2005) a produção pecuária, particularmente a de gado de corte, passou rapidamente a utilizar o manejo de recursos forrageiros do cerrado arbóreo e herbáceo como fonte de alimento para o gado, o que consequentemente resultou na expansão desta atividade no bioma, em função das facilidades de implantação, sobretudo de ambiência.

Durante os últimos anos de estimativa, a determinação da biomassa por meio de medições de reflectância espectral e coleta de campo, tem mostrado resultados promissores para a caracterização biofísica de ambientes, sobretudo em pesquisas de enfoques biogeográficos (BÉGUÉS, 1993; CHRISTENSEN e GOUDRIAAN, 1993; JENSEN, 2009; ITANO e TOMIMATSU, 2011). A avaliação da biomassa e a reflectância espectral de cobertura, além de observar o crescimento de áreas produtivas (HILL et al., 1999), também influenciam no entendimento das diversas formas de ocupação, já que a paisagem é um “grande mosaico”, com a existência de trocas constantes entre os variados ecossistemas (KUMAR e SILVA, 1997).

A caracterização biofísica das pastagens podem ajudar na tomada decisões para avaliar a qualidade/comportamento destes ambientes de forma ampla (ZHAO et al., 2007). Os dados obtidos por sensoriamento remoto são de grande importância para complementar as análises de campo em regiões com grandes extensões territoriais (PAUL e MASCARENHAS, 1981). Durante vários anos de pesquisas, foram desenvolvidos métodos para extração de informações em produtos oriundos do sensoriamento remoto (LUCAS et al., 2007), o que permite identificar e analisar as principais formas de ocupação, frente aos registros históricos e as possibilidades de visão sinótica. Entretanto, para uma boa compreensão da utilidade desta ciência/ferramenta, deve-se levar em consideração a precisão e o significado físico em cada estimativa (NUMATA et al., 2007).

Em função da grande variabilidade de ambientes existentes no cerrado, tanto antrópicos quanto naturais, é consenso da comunidade científica que existem dificuldades expressivas para a caracterização ampla das principais representações da cobertura e uso da terra, frente às limitações encontradas. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo principal apresentar uma metodologia integrada de caracterização biofísica das pastagens, com a combinação de dados e métodos diferenciados, a partir de produtos temporais do sensoriamento remoto, técnicas de processamento digital de imagens e coletas de biomassa em campo, para auxiliar a caracterização ampla e descritiva das pastagens no bioma Cerrado, ao utilizar a Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV), como unidade experimental de análise.

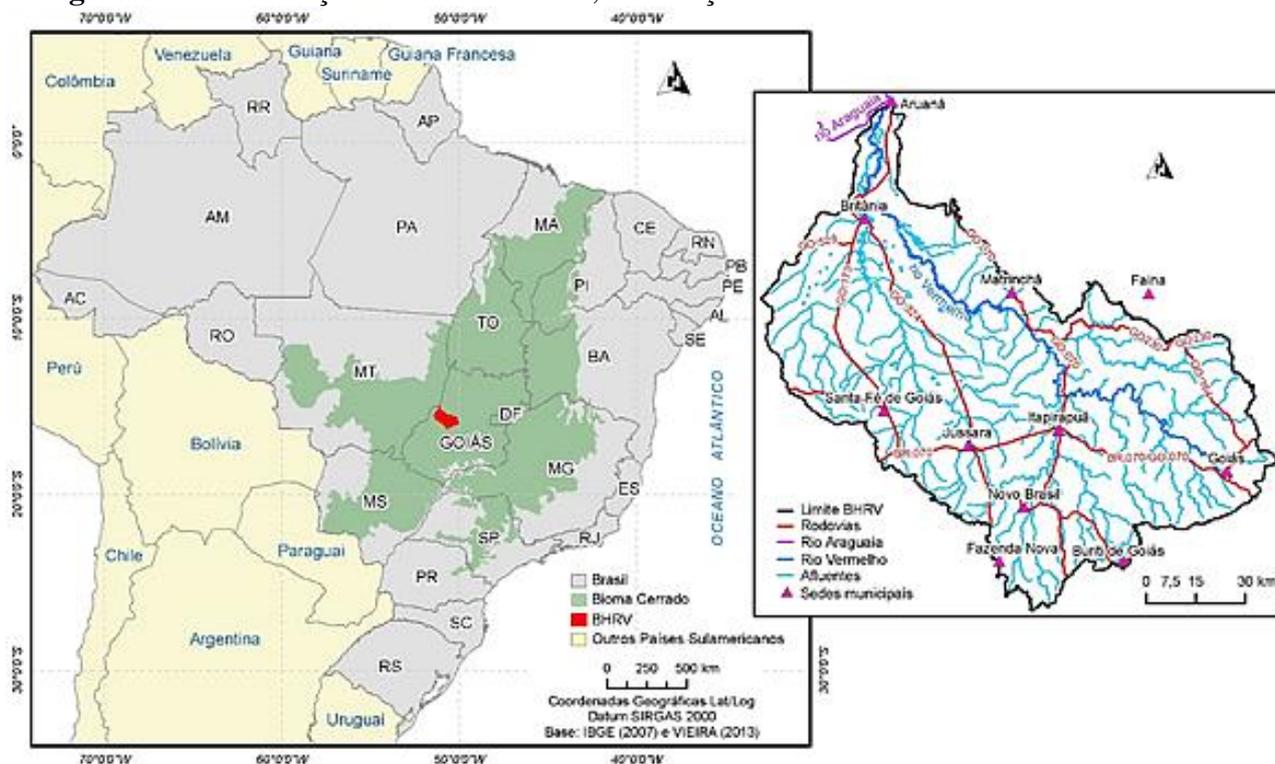
A BHRV é considerada uma unidade experimental do bioma Cerrado nesta pesquisa, onde as áreas de pastagens representam mais que 55% da cobertura e uso da terra atual (VIEIRA, 2013), com uma organização fundiária fragmentada em função da influência de fatores edafoclimáticos (SANTOS, 2014), além de apresentar uma grande diversidade de ambientes (DEL'ARCO et al., 1999).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A BHRV está geograficamente localizada nas coordenadas centrais 50° 48' 32"W e 15° 39' 15"S, retângulo envolvente 51° 27' 56"W / 14° 54' 45"S e 49° 59' 27"W / 16° 19' 05"S, situada na região centro-oeste do Estado de Goiás, Brasil (Figura 1). Sua extensão territorial é de aproximadamente 10.824 km², sendo que seus limites externos fazem interseção com os municípios

de Aruanã, Britânia, Matrinchã, Santa Fé de Goiás, Jussara, Itapirapuã, Novo Brasil, Fazenda Nova, Buriti de Goiás, Faina e Goiás.

Figura 01 – Localização da área de estudo, em relação ao estado de Goiás e ao bioma Cerrado

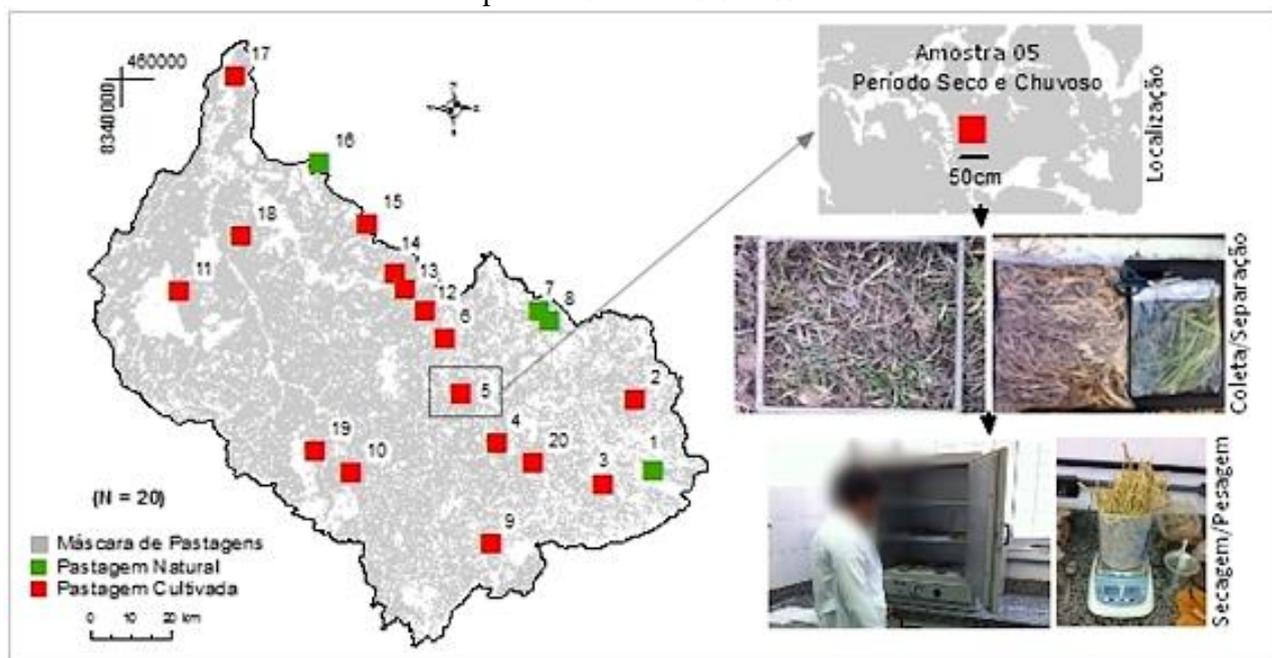


Encontra-se inserida nos domínios do bioma Cerrado, de modo que o processo de ocupação foi iniciado a partir do século XVIII com a “corrida do ouro” (CAVALVANTI et al., 2008). Atualmente, mais de 57% da cobertura e uso da terra está representada sob forma de pastagens (VIEIRA, 2013), conseqüentemente, tem na pecuária a principal atividade econômica.

Nas etapas metodológicas desta pesquisa, inicialmente foi realizado uma análise exploratória a partir dos censos agropecuários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1950, 1960, 1970, 1975, 1980, 1985, 1995 e 2006, para melhor caracterizar o processo de expansão das pastagens na BHRV. Tendo em vista que alguns fatores edafoclimáticos podem influenciar na distribuição das principais espécies de pastagens, comparativamente à sua distribuição espacial, foi estabelecido um modelo de ocorrências parametrizado com características de solo, oriundas do Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Araguaia, Trecho Barra do Garças/MT – Luis Alves/GO (DEL’ARCO et al., 1999), e disponibilidade hídrica local (*blue water*). Ao tentar relacionar a ocorrência das principais espécies de pastagens à comportamentos radiométricos encontrados nas imagens de satélites, buscou-se estabelecer padrões em imagens orbitais do satélite RapidEye/BlackBridge (2011), com resolução espacial nominal de 5m.

Para a caracterização biofísica das áreas de pastagens, a partir da análise da matéria seca coletada *in loco*, foram necessárias realizar coletas do material vegetal em dois períodos do ano: período seco (maio a setembro), e período chuvoso (outubro a abril). A coleta ocorreu em 20 (vinte) fazendas selecionadas. Os trabalhos de campo consistiram na coleta do material vegetal encontrado nas áreas de pastagens da BHRV (16 pastagens cultivadas e 04 pastagens naturais) até a superfície do solo, utilizando um quadrado (PVC) com 50cm de lado para demarcar a área de coleta, sendo os valores de matéria seca redimensionados e expressos em (g/m^2), bem como estratificados em biomassa verde e seca (Figura 2).

Figura 02 – Paineis amostral das 20 (vinte) áreas de pastagens (cultivadas e naturais) selecionadas para a coleta da biomassa



Em função da variabilidade de matéria seca existente dentro da própria área de pastagem, é importante salientar que o processo de amostragem nas 20 (vinte) áreas foi realizado com 3 (três) repetições, escolhendo-se a melhor referência da estimativa populacional. Em seguida, o material vegetal coletado foi encaminhado para a estufa, a uma temperatura constante de 65°C, até que o valor de sua massa permanecesse constante, caracterizando assim, a ausência de material aquoso.

Numa abordagem biofísica complementar, foram utilizadas assinaturas espectrais, por meio de um espectrorradiômetro, obtidas entre o período de 01 a 05 de outubro 2013. Apesar de adquiridas no mês de outubro, aqui caracterizado como o início da estação chuvosa, a coleta ocorreu antes das primeiras chuvas, portanto, o comportamento das respostas espectrais é característico do período seco. O espectrorradiômetro utilizado foi o *FieldSpec-3*, com amplitude espectral de 300nm a 2.500nm e resolução de 10nm. Todas as aquisições foram calibradas numa superfície lambertiana difusa, de tal forma a anular a influência da variação de intensidade solar entre as assinaturas espectrais das pastagens e a variação momentânea do fluxo radiante. É importante salientar que todas as medições ocorreram com três repetições, sendo considerados os valores médios espectrais. As estimativas espectrais correspondem a única estação sazonal, em função da disponibilidade do equipamento.

As mesmas 20 (vinte) áreas de amostragem também foram utilizadas, como referência espacial, para a caracterização biofísica sazonal das pastagens, a partir de medições radiométricas sobre os dados/produtos orbitais, entre o período de 2001 a 2011: Precipitação (P), Evapotranspiração (ET), Blue Water (BW) e EVI.

Os dados de precipitação foram disponibilizados através do programa *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana (NASA) em parceria com a Agência Japonesa de Pesquisa Espacial (JAXA), que tem como objetivo disponibilizar informações de chuvas (mm) ocorridas num período mínimo de 180 minutos, com resolução espacial de aproximadamente 27km (SIMPSON et al., 1988; KUMMEROW et al., 2000). Para auxiliar na caracterização da bacia hidrográfica de forma lógica e combinada, os dados do projeto TRMM foram adquiridos sobre a forma do produto 3B31, que representa acumulados mensais (COLLISCHONN et al., 2011), selecionados para o período de 2001 a 2011.

Às estimativas orbitais de evapotranspiração mensal, ressalta-se a importância desta variável, a qual quantifica o volume de água, sob forma gasosa, que é transferida para a atmosfera,

oriunda da cobertura vegetal em função do processo de transpiração, ou também por evaporação da água armazenada nos solos, rios e reservatórios.

Especificamente, optou-se por utilizar estimativas de evapotranspiração derivadas das imagens MODIS, disponibilizadas na forma do produto MOD16A2, com resolução espacial de 1km (MU et al., 2005). O critério de avaliação, com vistas à coerência na comparação das variáveis, foi usada a média mensal entre os meses correspondentes do período de 2001 a 2011.

A estimativa da quantidade de água disponível no ambiente, a exemplo da diferença entre precipitação e evapotranspiração, comumente designado de “*blue water*” (LATHUILLIÈRE et al., 2012), possibilita identificar áreas onde há maior disponibilidade hídrica, e também as regiões que sofrem com a escassez de água (déficit hídrico) em determinados períodos do ano. Neste estudo, tais estimativas foram obtidas pela diferença média (2001 a 2011), mês a mês, entre dados TRMM e MOD16A2, com vistas à geração de um balanço hídrico simplificado, sem considerar características edáficas, tais como capacidade de escoamento e infiltração dos solos.

Para estabelecer uma relação entre fatores climáticos (a exemplo da precipitação) e a variação de biomassa presente nos principais usos da terra, optou-se por utilizar o índice de vegetação EVI (*Enhanced Vegetation Index*), disponibilizado através do produto MOD13Q1, com resolução espacial de 250 metros. A escolha específica deste índice justifica-se devido a sua menor susceptibilidade a fatores externos, em particular às variações no substrato e contaminações atmosféricas (HUETE et al., 2002; WARDLOW et al., 2007). Considerando o caráter mensal das demais variáveis biofísicas, as imagens orbitais MOD13Q1, resultado da composição quinzenal de dados diários, foram convertidas em observações mensais médias (2001 a 2011).

Como um dos objetivos desta pesquisa é observar os efeitos da sazonalidade nas áreas de pastagens, as variáveis biofísicas orbitais supracitadas foram integradas e analisadas em dois períodos distintos: seco (maio a setembro) e chuvoso (outubro a abril).

Todas as variáveis biofísicas orbitais, foram adquiridas junto ao portal do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás (LAPIG / IESA / UFG – www.lapig.iesa.ufg.br).

Ao longo da execução do trabalho foram realizadas 06 (seis) campanhas de campo, para atender as etapas necessárias à caracterização biofísica, comumente, com duração média de 06 (seis) dias. As principais características destas campanhas estão detalhadas a seguir, na Tabela 1:

Tabela 1 – Datas e objetivos das (06) seis campanhas de campo realizadas durante o desenvolvimento da pesquisa

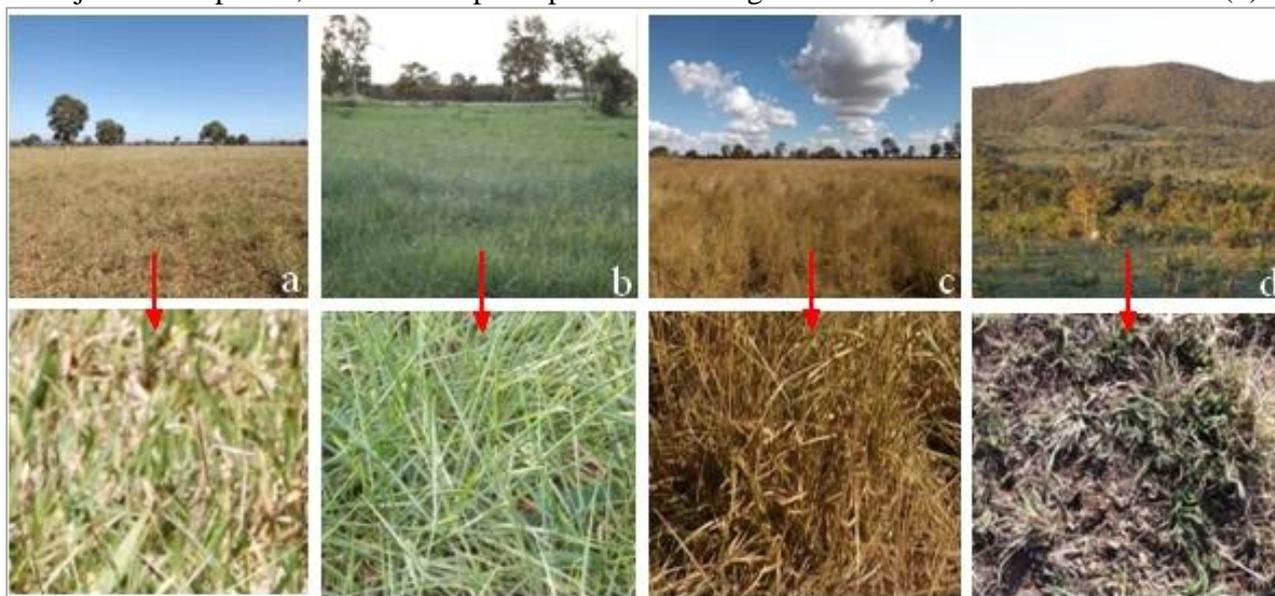
<u>Datas</u>	<u>Objetivos</u>
04 a 05 de Abril/2012	Primeiro contato com a BHRV. Observação da paisagem, com identificação rápida dos principais coberturas e usos da terra por meio de um perfil longitudinal na área de estudo.
25 a 30 de Junho/2013	Observação mais detalhada da paisagem, registros fotográficos e localização espacial das principais áreas de pastagens. Também nesta campanha foram realizados contatos com pecuaristas para a identificação de possíveis áreas de coleta de biomassa.
16 a 21 de Setembro/2013	Coleta de biomassa nas 20 áreas selecionadas de pastagens (painel amostral), para o período seco.
01 a 05 de Outubro/2013	Coleta das assinaturas espectrais, com o <i>Fieldspec-3</i> , nas 20 (vinte) áreas de pastagens, definidas na campanha de campo de 16 a 21 de Setembro/2013.
10 a 15 de Dezembro/2013	Coleta de biomassa nas mesmas 20 áreas selecionadas de pastagens, agora para a estação chuvosa.
18 a 20 de Abril/2014	Discussão, com equipe multidisciplinar, sobre os principais resultados alcançados na pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características gerais sobre as pastagens

As áreas de pastagens são representadas por espécies de porte herbáceo, utilizadas na pecuária extensiva, principal atividade econômica da BHRV. Devido a sua importância econômica, as pastagens são a principal cobertura e uso da terra, e representam aproximadamente 57% do uso total da bacia (VIEIRA, 2013). As pastagens encontradas na BHRV são divididas em dois grandes grupos: “pastagens cultivadas”, representadas por espécies exóticas africanas, i.e. *Brachiaria brizantha* (Brachiarião) (Figura 3a) encontrada em maior abundância; a *Brachiaria humidicola* (Figura 3b), introduzida em regiões mais úmidas; e *Andropogon gayanus* (Capim-Andropogon) (Figura 3c) com pouca representação, encontrada principalmente em áreas com solos pedregosos. Além das pastagens cultivadas que representam a grande maioria das forrageiras encontradas na BHRV, também há existência, porém em escala bem inferior, das “pastagens naturais”, aqui sem denominação de espécie em função do grande número encontrado de indivíduos diferentes que compõem esta categoria.

Figura 3 – Pastagens cultivadas, representadas por espécies exóticas, i.e. *Brachiaria brizantha* (a), *Brachiaria humidicola* (b), *Andropogon gayanus* (c), e pastagens naturais compostas por um conjunto de espécies, encontradas principalmente em regiões serranas, i.e. da Serra da Mesa (d)

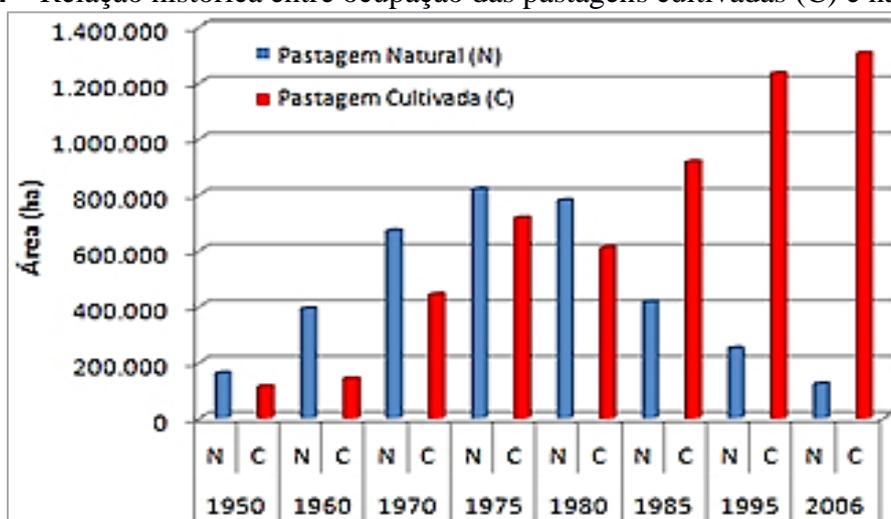


As pastagens naturais são mais adaptadas ao ambiente local, e localizam-se principalmente em áreas com relevo movimentado e de difícil acesso, a exemplo das intermediações da Serra Dourada e Serra da Mesa (Figura 3d). Com base nas 06 (seis) campanhas de campo realizadas, totalizando aproximadamente 11.500km percorridos de observação da paisagem, estima-se que as pastagens naturais representem menos que 1% do total de pastagens encontradas na BHRV. As áreas de pastagens naturais, apesar de serem representadas pela minoria das forrageiras, estas desempenham um papel muito importante na alimentação bovina, devido as suas características morfofisiológicas adaptadas à escassez de água, estas áreas são utilizadas como refúgio para o gado no período da seca (transumância), tendo em vista que nesta estação sazonal, elas permanecem com um considerável percentual de biomassa verde.

3.2 Expansão histórica das pastagens cultivadas sobre as naturais

Segundo os dados dos censos agropecuários de 1950 a 1995, percebe-se que de 1950 a 1975 as áreas de pastagens naturais (ha) eram superiores às pastagens cultivadas nos 11 (onze) municípios que fazem interseção com a BHRV (Aruanã, Buriti de Goiás, Britânia, Faina, Fazenda Nova, Goiás, Itapirapuã, Jussara, Matrinchã, Novo Brasil e Santa Fé de Goiás). A partir de 1985, houve um expressivo avanço das pastagens cultivadas sobre as pastagens naturais, e em 2006, as espécies exóticas representavam aproximadamente 91,3% do total das pastagens presentes nos municípios supracitados (Figura 4). Com base nas observações das campanhas de campo, percebe-se que, atualmente, a proporção das pastagens naturais é um pouco inferior aos registros encontrados no último censo agropecuário (2006), estima-se que mais de 99% das áreas de pastagens na BHRV são representadas por espécies exóticas (cultivadas).

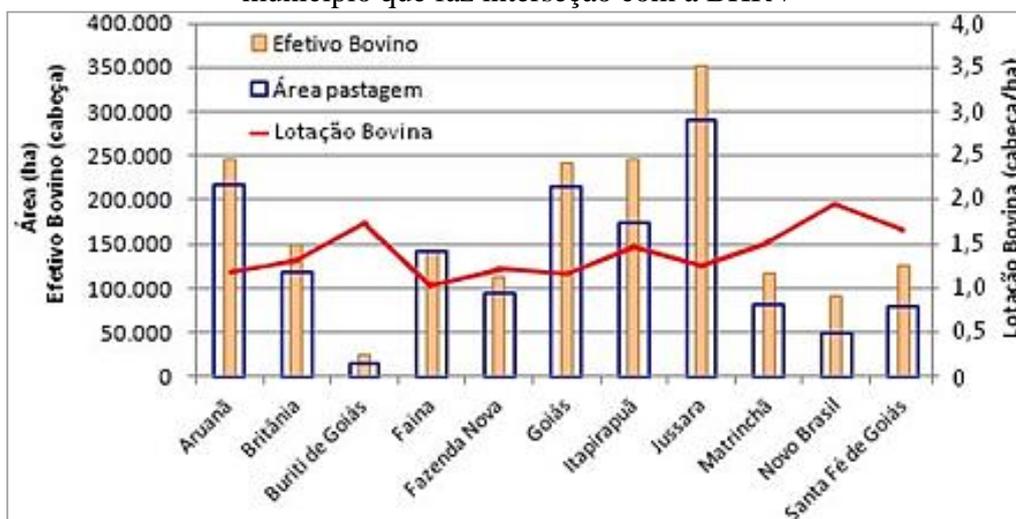
Figura 4 – Relação histórica entre ocupação das pastagens cultivadas (C) e naturais (N)



Fonte: Censos Agropecuários do IBGE (1950, 1960, 1970, 1975, 1980, 1985, 1995 e 2006).

Quanto à ocupação dessas áreas de pastagens (totais), no último levantamento do efetivo bovino nos municípios da região (IBGE, 2006), os municípios de Jussara (350.600), Aruanã (245.850), Itapirapuã (245.150) e Goiás (242.200) são os maiores produtores de gado da BHRV, representando 45% da produção total dos 11 municípios que compõem a BHRV, que é de 1.844.890 cabeças. A variação do efetivo bovino nos municípios está associada ao quantitativo de área de pastagem disponível, de modo que em linhas gerais, os municípios apresentam uma lotação bovina similar (média 1,2 cabeças/ha), tendo em vista a proporcionalidade entre o efetivo bovino e as áreas de pastagens disponíveis em cada município (Figura 5). Baseado nas observações das campanhas de campo, a produção bovina (efetivo bovino) não é bem distribuída ao longo das áreas disponíveis, portanto, apesar dos dados municipais apontarem uma homogeneidade na taxa de lotação, há variações significativas na distribuição do efetivo bovino nas duas regiões da BHRV. Percebe-se uma maior taxa de ocupação do rebanho bovino nos municípios de Aruanã, Britânia, Matrinchã, Jussara, e norte de Itapirapuã.

Figura 5 – Relação entre o efetivo bovino (2006) e as áreas de pastagens (2006) presentes em cada município que faz interseção com a BHRV

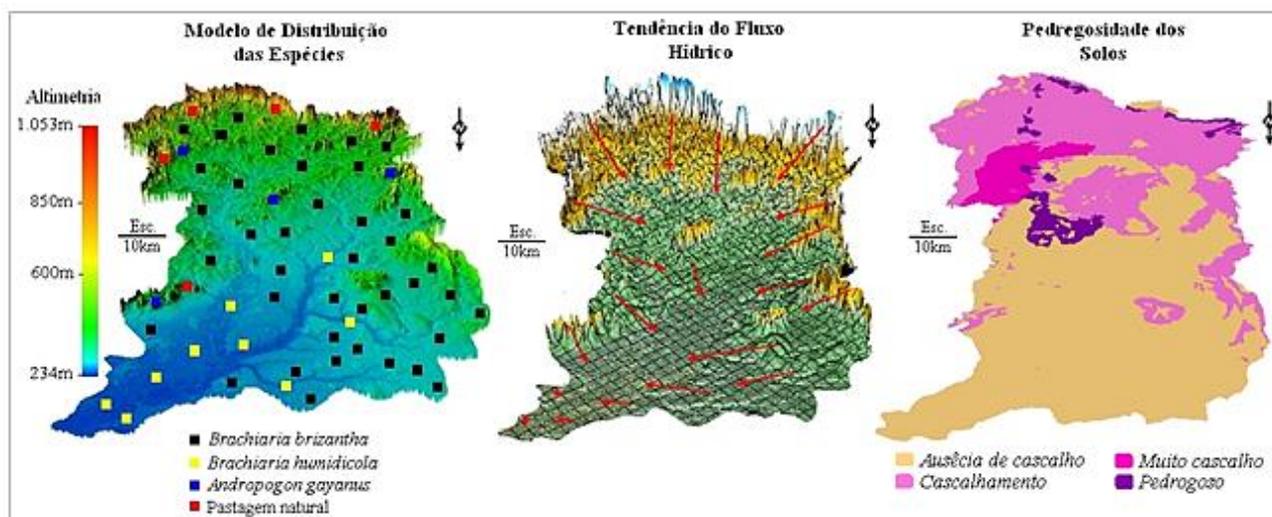


Fonte: Censo Agropecuário (2006).

3.3 Modelo de ocorrência das principais espécies

As principais espécies de pastagens cultivadas encontradas na BHRV são: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola* e *Andropogon gayanus*. Além das espécies exóticas também são encontradas as pastagens naturais, representadas por um conjunto variado de espécies emergentes. A ocorrência das pastagens cultivadas e naturais na BHRV apresenta um modelo de distribuição associado às características edafoclimáticas locais (Figura 06), principalmente no que diz respeito às condições de solo (profundidade/pedregosidade) e disponibilidade hídrica local, seja permanente ou intermitente. Estes dois fatores explicam boa parte da distribuição das espécies de pastagens que ocorrem na BHRV, entretanto, é importante salientar que existem algumas exceções, representadas por uma minoria que não estão condicionadas aos fatores supracitados, ou que foram implantadas sem observar a aptidão agrícola local.

Figura 6 – Modelo de distribuição das principais espécies de pastagens, onde as ocorrências estão associadas à fatores edafoclimáticos locais

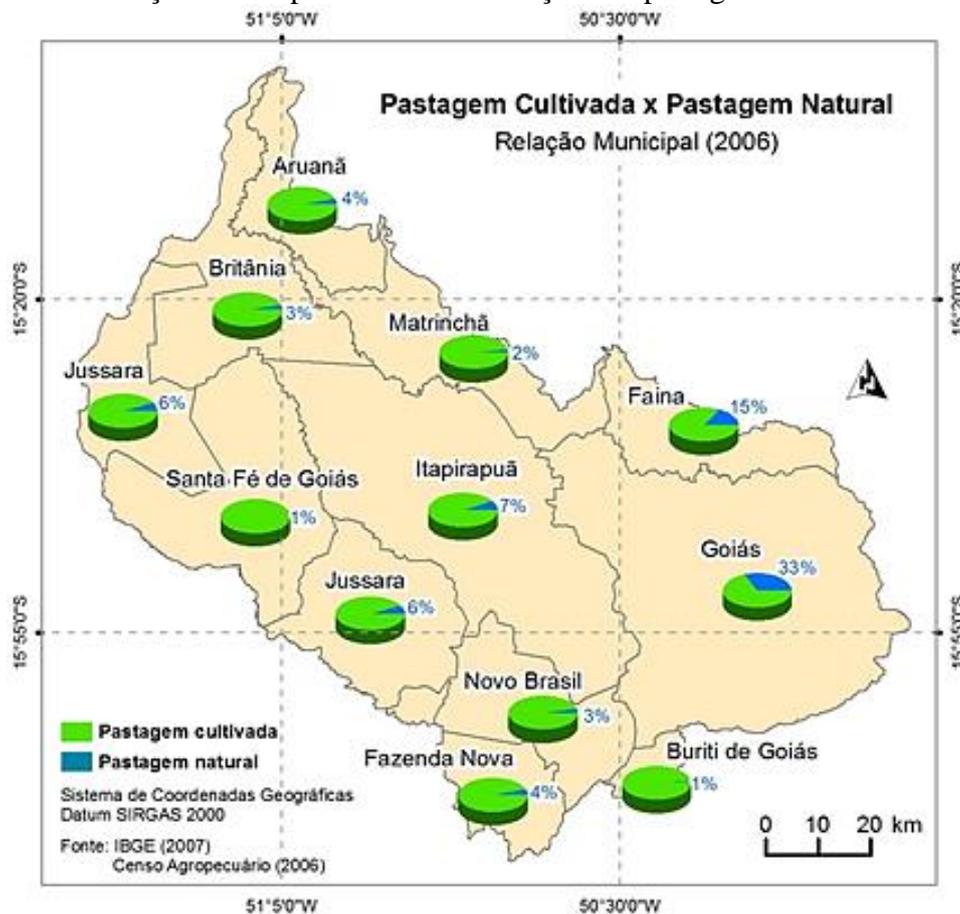


A *Brachiaria brizantha*, conhecida regionalmente como “Brachiarão”, é a espécie africana que ocorre em maior abundância na bacia, estima-se que das espécies exóticas implantadas, esta

representa 80% do total de pastagens da bacia. Esta espécie é bem adaptada a terreno seco, porém, exigem solos com boas características físicas, e encontram dificuldades em se estabelecerem em solos com pedregosidade aparente. A *Brachiaria humidicola*, conhecida como “Capim-Quicúia”, é comumente encontrada em solos relativamente úmidos, com constância de disponibilidade hídrica local, i. e. de áreas próximo a rios, córregos, e regiões de baixios, onde o lençol freático é superficial. A maior concentração desta espécie localiza-se nos municípios de Aruanã e Britânia, próximo a foz do rio Vermelho, às margens da GO-173, onde há um soerguimento substancial do lençol freático local (VIEIRA, 2013), formando assim, condições favoráveis e essenciais à implantação e desenvolvimento desta espécie. O *Andropogon gayanus*, conhecido como “Capim-Andropogon”, geralmente está presente em relevo mais acidentado, ou em condições de solos pedregosos, localizados principalmente nos municípios de Goiás, Faina e Buriti de Goiás. Das espécies exóticas citadas, esta é encontrada em menor proporção, com a ocorrência registrada em pouquíssimas áreas, algumas ainda de forma experimental.

As áreas com pastagens naturais também ocorrem em baixíssima proporção, e localizam-se principalmente próximo a Serra Dourada e Serra da Mesa, em regiões de difícil acesso, solos com característica de pedregosidade, relevo íngreme, com características similares a formação de “campo sujo” (IBGE, 1992), já que não são áreas manejadas, e contam com a presença de vegetação arbórea/arbustiva associada. Estima-se que as pastagens naturais tenham uma representação abaixo de 1% na BHRV, conforme indica a tendência apresentada nos últimos Censos Agropecuários, complementado pelas observações da paisagem realizadas nas campanhas de campo. Quanto à distribuição das pastagens naturais nos municípios que compõem a bacia, os municípios de Goiás e Faina apresentam os maiores percentuais de ocorrência em ordem decrescente, com aproximadamente 33% e 15%, respectivamente (Figura 7).

Figura 7 – Relação municipal entre a distribuição das pastagens naturais e cultivadas

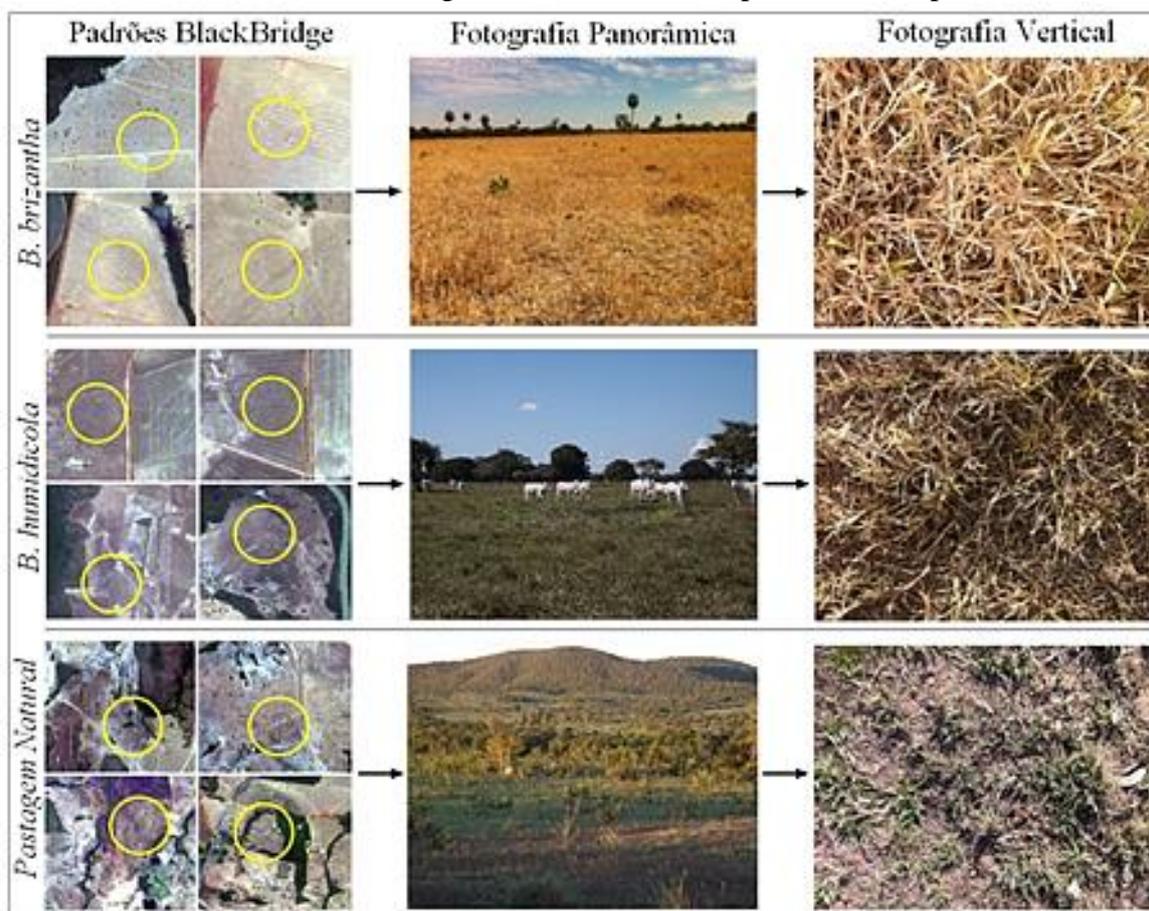


Fonte: Censo Agropecuário (2006).

3.4 Padrões encontrados nas imagens orbitais do *RapidEye/BlackBridge*

Os padrões visuais encontrados são baseados na composição colorida “cor verdadeira” 3R 2G 1B das imagens orbitais do satélite *RapidEye/BlackBridge* de 2011, com resolução espacial nominal de 5m. Tais padrões estão exemplificados com fotografias panorâmicas e verticais adquiridas nas campanhas de campo (Figura 8). A maioria das imagens *RapidEye/BlackBridge* foi obtida no período seco, estação considerada como “janela atmosférica” pela maioria dos sensores ópticos, com menor incidência de nuvens e boas condições de iluminação para a aquisição de imagens/produtos de satélite.

Figura 8 – Padrões de pastagens representados pelas imagens do satélite *RapidEye/BlackBridge* associados às fotografias obtidas nas campanhas de campo



Percebe-se que a espécie *Brachiaria humidicola*, nas imagens *RapidEye/BlackBridge*, apresenta-se em tons escuros, ou seja, há maior absorção da energia eletromagnética incidente, tendo em vista principalmente dois aspectos associados à interação da energia com a matéria: a presença de umidade constante no solo (exigência da espécie) em função da proximidade de rios/lagos e elevação do lençol freático, i. e. da região próxima à foz do rio Vermelho, formando assim, um ambiente de oxidação (Fe^{2+}), o que confere um aspecto escurecido ao solo; o outro aspecto é por apresentar um considerável percentual de biomassa verde mesmo no período seco, com absorção da energia eletromagnética principalmente da região espectral do azul e vermelho. Considera-se que a umidade no solo é um fator primordial para a identificação desta espécie nas imagens de satélite, já que em solos secos e bem drenados esta espécie tem dificuldades em se estabelecer, e dificilmente serão implantadas.

Já a *Brachiaria brizantha* (Brachiarão), espécie de maior ocorrência na BHRV, é característica por apresentar um brilho mais intenso na região espectral do visível (principalmente na região do azul e vermelho) quando comparado à espécie anterior, portanto, percebe-se claramente, um padrão homogêneo típico espectral de material vegetal seco, característico desta espécie no período seco, com a presença de pouquíssimas folhas verdes (biomassa ativa). Outro ponto a ser considerado, é que esta espécie apresenta, na maioria das pastagens encontradas, um bom percentual de biomassa total, cobrindo assim, praticamente toda a superfície do solo, portanto, aparentemente a resposta espectral desta espécie não tem influência significativa do *background* para regiões do espectro onde a interação da energia ocorre em contato superficial. Mesmo em algumas áreas, onde o adensamento de plantio é menor, espera-se menor absorção da energia na região do visível quando comparado a espécie *Brachiaria humidicola*, já que a *Brachiaria brizantha*, preferencialmente, é estabelecida em solos bem drenados, sem a presença de água aparente no horizonte superior, somando-se a drástica redução de biomassa verde que ocorre no período seco.

As pastagens naturais ocorrem em menor proporção, e são representadas por pequenas áreas (não apresenta padrão de pecuária extensiva), localizadas geralmente em regiões de difícil acesso, a exemplo das proximidades da Serra Dourada e Serra da Mesa. Estas áreas apresentam grande influência do *background* no seu comportamento espectral, pois em função de suas características intrínsecas, apresentam um baixo percentual de biomassa total, cobrindo no máximo 40% da superfície do solo no período seco, enquanto as pastagens cultivadas, na maioria dos pastos, chegam a cobrir 100% da área no mesmo período.

A influência do solo, somada a biomassa verde encontrada mesmo no período seco nas pastagens naturais, já que esta espécie é adaptada à escassez de água, fazem com que haja uma absorção considerável da energia eletromagnética na região do visível (Azul/440-510nm; Verde/520-590nm; Vermelho/630-690nm; *Red Edge*/690-730nm), apresentando-se em tons escuros nas imagens *RapidEye/BlackBridge*. Tal fato diferencia as pastagens naturais da espécie exótica *Brachiaria humidicola*, já que ambas apresentam-se em tons escuros em função da absorção da energia eletromagnética, é que as pastagens naturais tem a presença mais evidente da característica textural, formada pelo contraste entre as espécies forrageiras (herbáceas) somadas a existência de arbustos proveniente das comunidades de substituição, do próprio processo de regeneração natural, de modo que a absorção da energia eletromagnética é ainda mais intensa. Portanto, é comum nas áreas de pastagens naturais a presença de vegetação arbórea/arbustiva, o que confere um padrão de textura típico destas espécies, fato que comumente não ocorre com as outras espécies de pastagens cultivadas, tendo em vista que as espécies exóticas têm baixa resiliência à competição, consequentemente, há necessidade de maior manejo nas áreas de pastagens (ALCÂNTARA, 2009).

O *Andropogon gayanus* (Capim-Andropogon) é outra espécie exótica de pastagem cultivada que ocorre na BHRV, entretanto, a sua representação se dá em uma escala muito pequena, quando comparado às espécies exóticas supracitadas. Não foram apresentados exemplos de padrões desta espécie em função da sua escala de ocorrência, encontradas pequenas áreas ainda de forma experimental, além de não apresentar características espectrais diferenciadas. Nas imagens do satélite *RapidEye/BlackBridge*, esta espécie tem comportamento similar ao *Brachiaria brizantha*.

3.5 Relação sazonal da matéria seca a partir de coleta de campo

A relação sazonal da biomassa verde (ativa) e seca (baixa ou nula taxa fotossintética) foi estimada a partir da coleta do material vegetal nas 20 (vinte) amostras de pastagens supracitadas, em duas estações bem definidas da bacia: período seco (coleta de 16 a 21 de setembro) e período chuvoso (coleta de 10 a 15 de dezembro), ambas ocorreram no ano de 2013, com os seus valores (g/m^2), detalhados na Tabela 02.

Considerando os valores absolutos de matéria seca total, em g/m^2 , percebe-se que as pastagens cultivadas apresentam uma biomassa total (seca + verde) bem superior, tanto no período

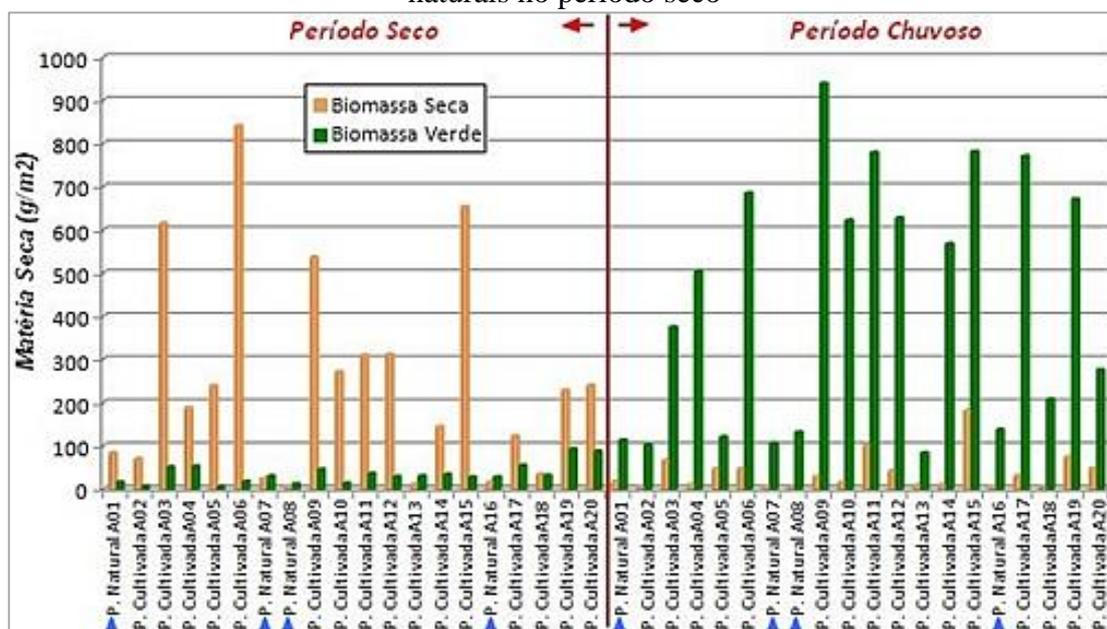
seco (cultivadas - média 336,6 g/m², naturais - média 50,9 g/m²), quanto no período chuvoso (cultivadas - média 549,3 g/m², naturais - média 147,0 g/m²), portanto, as pastagens cultivadas apresentam biomassa total bem superior às pastagens naturais (Figura 9). Apesar das características de adaptação à condição de escassez de água, as pastagens naturais não fornecem alimento suficiente para a taxa média de lotação animal encontrada na BHRV (1,2 cabeças/ha), sendo utilizada apenas como alternativa para o período da seca (transumância), devido a uma drástica redução da biomassa verde (ativa), que acomete as espécies exóticas neste período sazonal.

Tabela 02 – Valores sazonais de matéria seca, coletados para as 20 (vinte) amostras de pastagens

Matéria Seca (g/m ²)										
Biomassa	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10
(Verde)	14,4	5,6	49,6	51,6	4,4	16,0	28,4	10,4	44,0	12,0
(Seca)	82,0	68,4	613,6	186,4	238,0	839,2	22,4	5,2	535,6	270,0
Biomassa	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
(Verde)	34,8	27,2	28,4	32,4	26,0	26,0	53,2	30,0	91,2	86,4
(Seca)	308,0	310,0	10,0	142,8	652,4	14,8	120,8	32,4	227,6	238,4
Biomassa	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10
(Verde)	111,2	100,4	373,6	502,4	118,8	683,6	104,8	130,0	937,6	620,8
(Seca)	16,4	3,6	65,2	8,8	45,2	45,6	5,6	1,2	27,2	14,0
Biomassa	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
(Verde)	777,6	626,0	81,6	566,4	779,6	135,6	769,2	206,0	670,0	274,4
(Seca)	100,8	41,2	7,6	9,6	180,4	4,8	29,2	2,8	72,8	46,8
	Período Seco					Período Chuvoso				

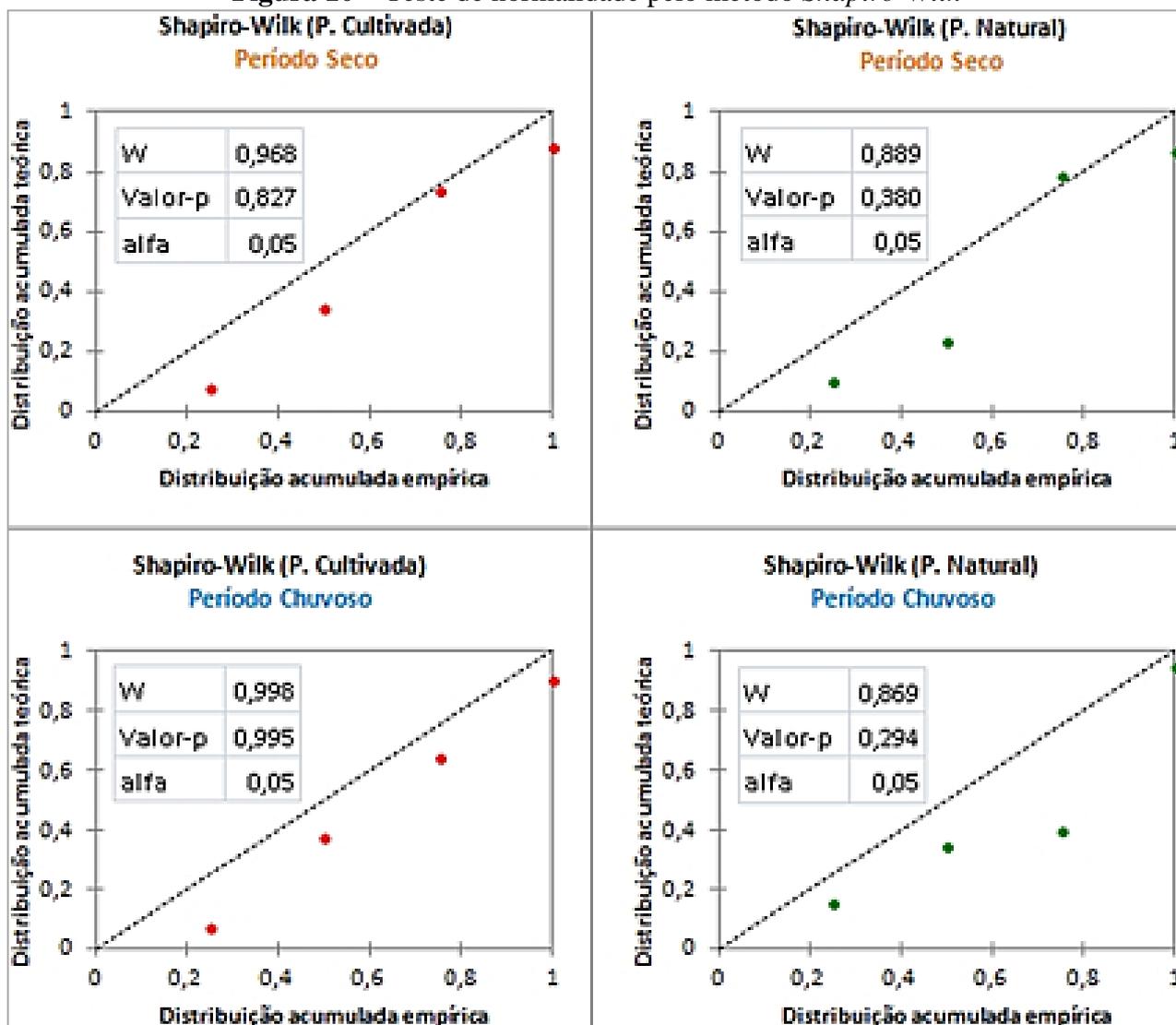
No período seco, apesar das áreas de pastagens naturais apresentarem um percentual bem maior de biomassa verde em sua composição, a sua biomassa total é bem menor quando comparado às pastagens cultivadas, que são representadas por espécies africanas, introduzidas principalmente pelo potencial em fornecer um volume considerável de biomassa para a alimentação animal. Diante a redução drástica de biomassa verde no período seco nas pastagens cultivadas, que são menos adaptadas às condições de estresse hídrico, percebe-se que há uma equivalência na estimativa da biomassa verde das pastagens cultivadas com as pastagens naturais nesta estação sazonal.

Figura 9 – Equivalência entre a matéria seca (biomassa verde) das áreas de pastagens cultivadas e naturais no período seco



As duas distribuições, tanto a do período seco quanto a do período chuvoso, admitem uma distribuição normal, segundo os resultados do Teste de *Shapiro-Wilk* (Figura 10), já que o Valor-p calculado é maior que o nível de significância, portanto, os dados sazonais de matéria seca admitem comparação paramétrica para as áreas de pastagens cultivadas e pastagens naturais, apoiando abordagens subsequentes do Teste de Equivalência (TOST), empregado abaixo para comparar a igualdade/diferença estatística nas duas distribuições.

Figura 10 – Teste de normalidade pelo método *Shapiro-Wilk*



A relação de igualdade estatística encontrada entre a biomassa verde (ativa) nas áreas de pastagens cultivadas e naturais no período seco é comprovado pelo Teste de Equivalência (TOST), cujo Valor-p 0,067 (limite inferior) encontrado é maior que o nível de significância adotado (Tabela 3), considerando a matéria seca coletada em campo.

Tabela 3 – Teste de Equivalência (TOST) que comprova a igualdade entre a biomassa verde (g/m^2) das pastagens cultivadas e naturais para o período seco

Teste de Equivalência-TOST / Biomassa Verde (Período Seco)						
Variável	N	D. F.	Mínimo	Máximo	Média	D. P.
P. Natural	4	0	10,400	28,400	19,800	8,754
P. Cultivada	4	0	16,000	51,600	35,400	15,726

Teste	Diferença	t	T (crítico)	GL	Alfa	Valor-p
Superior	-15,600	-1,733	1,943	6,000	0,050	0,933
Inferior	-15,600	-1,733	-1,943	6,000	0,050	0,067

Teste de Equivalência-TOST / Biomassa Verde (Período Chuvoso)						
Variável	N	D. F.	Mínimo	Máximo	Média	D. P.
P. Natural	4	0	1,200	16,400	7,657	6,552
P. Cultivada	4	0	206,000	937,600	582,400	307,942

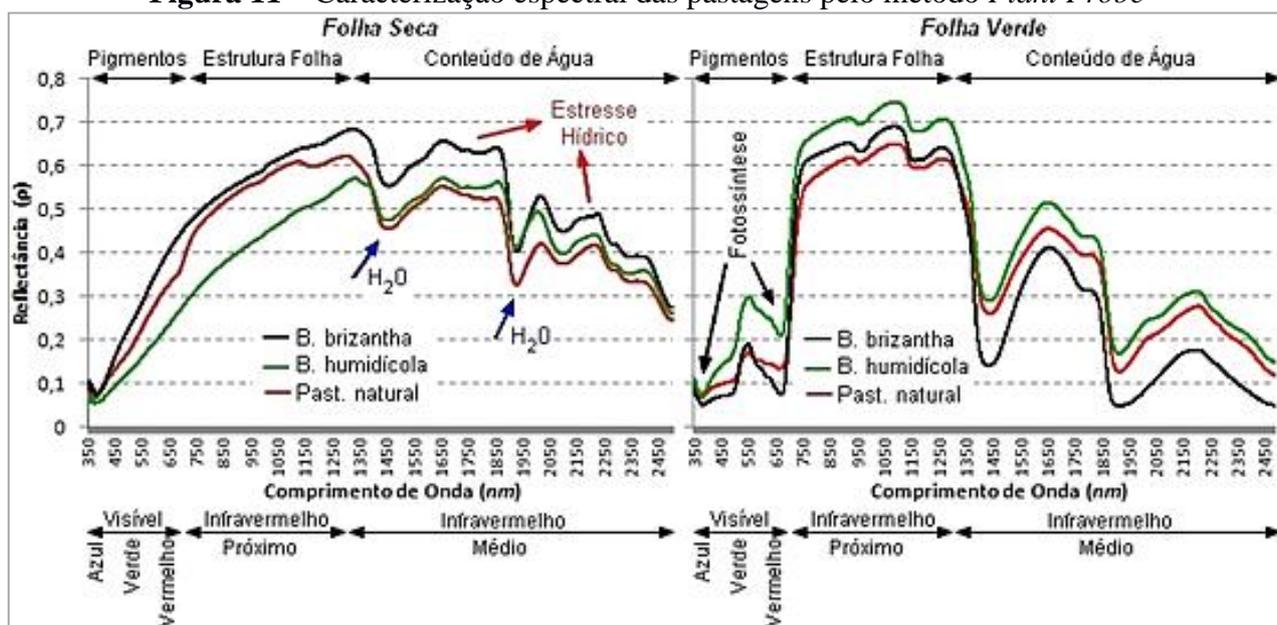
Teste	Diferença	t	T (crítico)	GL	Alfa	Valor-p
Superior	-575,400	-3,736	1,943	6,000	0,050	0,995
Inferior	-575,400	-3,736	-1,943	6,000	0,050	0,005

Tal fato pode explicar a dificuldade em separar estes dois grandes grupos de pastagens quando se utiliza imagens/produtos orbitais do período seco (SEYLER et al., 2002). Baseado na coleta da matéria seca recomenda-se que os trabalhos científicos que abordem a estimativa do vigor vegetativo das pastagens, priorizem o período chuvoso como referência (Valor-p < 0,05), já que a biomassa verde (ativa) das pastagens cultivadas é estatisticamente superior aos valores encontrados nas pastagens naturais.

3.6 Abordagem espectral complementar

Na análise espectral, do método *Plant Probe* (folhas secas), é percebido que o material vegetal da pastagem natural apresenta maior percentual de água em sua composição, tendo em vista os maiores valores de absorção encontrados nas duas regiões características do infravermelho-médio (1.450nm e 1.900nm). De forma natural, as folhas secas já caracterizam a presença de estresse hídrico nas pastagens, portanto, das espécies analisadas, a *Brachiaria brizantha* apresentou níveis de estresse hídrico mais acentuados, quando comparado à espécie *Brachiaria humidicola*, e às pastagens naturais, tendo em vista que os valores de reflectância foram elevados nas posições espectrais (1.750nm e 2.200nm), regiões que caracterizam este distúrbio fisiológico (Figura 11).

Figura 11 – Caracterização espectral das pastagens pelo método *Plant Probe*

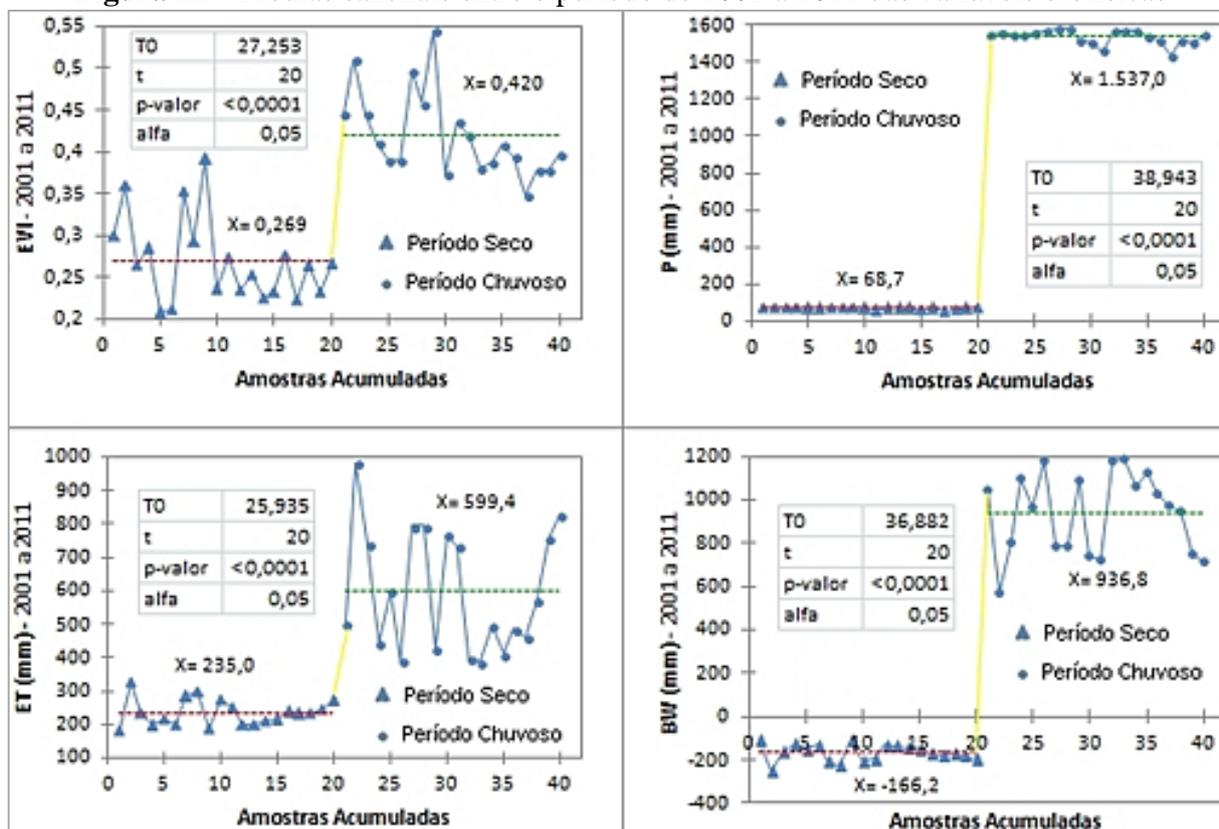


As folhas verdes encontradas nas áreas de pastagens, que por sinal no período seco representam uma minoria da biomassa total nas áreas amostradas (exceto as pastagens naturais), não apresentaram estresse hídrico aparente, já que as bandas de absorção estão profundas e bem definidas nas regiões espectrais específicas do infravermelho médio. No comportamento espectral das folhas verdes na região do visível, é percebido que a espécie *Brachiaria brizantha* apresenta maior absorção da energia nos comprimentos de ondas do azul, e esta absorção se intensifica na região do vermelho. Estas duas regiões espectrais, principalmente a região do vermelho, são regiões importantes para a geração e armazenamento de energia pela maioria das pastagens, cuja onda eletromagnética é absorvida de forma intensa pela clorofila, principal componente foliar responsável pela fotossíntese, e acúmulo de energia. Portanto, das espécies analisadas na região espectral do visível (folhas verdes), a espécie *Brachiaria brizantha* apresenta melhor eficiência na absorção de energia, conseqüentemente, esta espécie apresenta maior potencial fotossintético. Tal fato pode explicar o poder de rebrota (enchimento) desta espécie quando não está submetida a condições de estresse hídrico, devido ao seu potencial diferenciado de geração e armazenamento de energia, quando comparado às demais espécies analisadas.

3.7 Influência sazonal no comportamento das pastagens, baseado em dados orbitais

A Figura 12 representa os resultados obtidos para as 20 (vinte) áreas de pastagens, com base na avaliação das informações biofísicas orbitais: Índice de Vegetação (EVI), Precipitação (P), Evapotranspiração (ET) e *Blue Water* (BW), para as duas estações: seca (maio a setembro), e chuvosa (outubro a abril), representadas pelas médias sazonais observadas entre o período de 2001 a 2011. É importante salientar que as 20 (vinte) áreas selecionadas correspondem às mesmas áreas utilizadas para a coleta da biomassa utilizadas na determinação da matéria seca em campo, e que as áreas de pastagens previamente selecionadas, já são formadas há mais de 10 anos, sem passar por qualquer “reforma” neste período.

Figura 12 – Médias sazonais entre o período de 2001 a 2011 das variáveis biofísicas



A distribuição da Precipitação (P) nas áreas de pastagens é mais homogênea no período seco, enquanto no período chuvoso há uma maior variabilidade na descarga hídrica. Há boa distribuição da Precipitação no período chuvoso, com valores variando de 1.400mm a 1.600mm, e média de descarga hídrica de aproximadamente 1.537mm, valores consideráveis e necessários para o desenvolvimento das principais forrageiras, tanto as de origens naturais, quanto às espécies introduzidas.

Em função do baixo índice pluviométrico no período seco, as pastagens apresentam uma queda significativa nos valores de Evapotranspiração (ET), com média em torno de 235,0mm, provavelmente, esta queda está associada a dois aspectos: menor capacidade de armazenamento da água nos solos (evaporação), e sistema de defesa das forrageiras, com o fechamento dos estômatos para evitar perda de água para atmosfera (transpiração), já que neste período há um aumento significativo da temperatura superficial. No período chuvoso, os valores de Evapotranspiração são maiores (média de 599,4mm) e apresentam uma variabilidade considerável, que provavelmente está relacionado com o potencial de cada espécie transpirar, além da capacidade dos solos na retenção da água, já que neste período a descarga hídrica é abundante.

Os valores de EVI expressam o vigor vegetativo das diferentes formas de cobertura e uso da terra, e estão relacionados intimamente com a biomassa fotossintetizante ativa (ALMEIDA et al., 2008). Espera-se que quanto maior o vigor vegetativo, maior a biomassa capaz de realizar fotossíntese (ativa), portanto, quando há uma redução significativa na biomassa ativa, em função de algum tipo de estresse (i.e. estresse hídrico), espera-se que haja uma redução significativa nos valores estimados de EVI.

Na BHRV as áreas de pastagens selecionadas para análise, representadas por médias sazonais entre o período de 2001 a 2011, apresentaram uma redução significativa (a 5%) nos valores de EVI para o período seco, tendo em vista que a média reduziu de 0,420 para 0,269, do período chuvoso para o período seco, já que o Valor-p calculado foi menor que o nível de significância adotado, portanto, houve uma redução sazonal de 35,9% nos valores de EVI para as 20 (vinte) áreas de pastagens amostradas. Esta redução significativa que ocorreu no período seco, certamente deverá influenciar no balanço da quantidade de biomassa fotossintetizante ativa. Com base nas análises dos valores de EVI, em linhas gerais, espera-se que no período seco haja uma maior quantidade de biomassa em senescência, enquanto no período chuvoso este cenário se inverta. Através da quantificação da biomassa ativa e biomassa seca nas áreas de pastagens, a partir de campanhas de campo, espera-se estabelecer uma relação mais próxima entre a biomassa destas pastagens com os valores de EVI estimados por satélite, nas duas estações climáticas da BHRV.

Todas as áreas amostradas de pastagens no período seco estão sob déficit hídrico, com valores médios negativos de disponibilidade hídrica em torno de -166,2mm, representados pela variável biofísica *Blue Water* (BW). Tal fato influencia na variação significativa que ocorreu da biomassa ativa nas áreas de pastagens entre o período seco e chuvoso. Ao observar a relação entre disponibilidade hídrica (BW) e Precipitação (P), percebe-se que os valores de BW apresentam uma variabilidade considerável no período chuvoso, apesar da Precipitação (P) se apresentar de forma homogênea. Tal fato ocorre em função da considerável contribuição dos valores de Evapotranspiração (ET) na estimativa do cálculo de disponibilidade hídrica. Visivelmente, as variáveis biofísicas supracitadas apresentam comportamentos distintos entre o período seco e chuvoso, já que o Valor-p calculado foi menor que o nível de significância adotado, ou seja, a sazonalidade climática certamente tem influência direta na alteração do vigor vegetativo (EVI) das áreas de pastagens.

Existem diversos fatores que podem influenciar nos valores de biomassa ativa nas áreas de pastagens, além dos que estão diretamente associados à questão sazonal, i.e. diferença entre espécies, condições físicas, fertilidade dos solos, ataque de pragas, entre outros. Entretanto, as variáveis biofísicas que estão associadas às questões sazonais, ora apresentadas (Precipitação, Evapotranspiração e *Blue Water*), tem um papel importante para explicar a variação de biomassa nas áreas de pastagens, tendo em vista os resultados dos coeficientes de determinação apresentados pela

regressão linear. Entre as variáveis biofísicas listadas, a Precipitação ($R^2=0,706$) é a principal variável que mais influência nos valores de biomassa das pastagens na BHRV.

3.8 Comparação biofísica orbital entre as pastagens cultivadas e naturais

Com base na avaliação da Tabela 4, apesar das variáveis orbitais apresentarem uma maior diferença biofísica entre as pastagens cultivadas e naturais no período chuvoso (15,449), esta diferença não foi suficiente para alcançar significância estatística, já que o Valor-p calculado foi maior que o nível de significância adotado, para os dois períodos sazonais. Portanto, do ponto de vista biofísico orbital, as pastagens cultivadas e naturais são estatisticamente iguais. Esperava-se, que pelo menos os valores de EVI, índice de vegetação que está relacionado diretamente com o vigor vegetativo das pastagens, fossem estatisticamente diferentes para as pastagens cultivadas e naturais no período chuvoso, já que os resultados de matéria seca em campo (g/m^2) comprovam que o volume de biomassa verde (ativa) nas pastagens cultivadas é bem superior ao encontrado nas pastagens naturais, neste período sazonal.

Tabela 4 – Comparação sazonal entre o comportamento biofísico das pastagens cultivadas e naturais, a partir de produtos biofísicos orbitais (média 2001 a 2011)

Média (2001 a 2011)	Seco (maio a setembro)		Chuvoso (outubro a abril)	
	Pastagem Natural (valores médios)	Pastagem Cultivada (valores médios)	Pastagem Natural (valores médios)	Pastagem Cultivada (valores médios)
EVI	0,30755575	0,260502	0,4530575	0,412603875
BW	-166,938639	-163,3392081	928,0681913	943,3423081
P	73,204546	67,78977075	1562,681824	1532,357963
ET	240,1431883	231,2028475	634,6136473	587,9091014
<i>Test Student</i>	Diferença	2,701	Diferença	15,449
	t (Valor observado)	0,023	t (Valor observado)	0,034
	t (Valor crítico)	2,448	t (Valor crítico)	2,448
	GL	6	GL	6
	p-valor (bilateral)	0,982	p-valor (bilateral)	0,974
	alfa	0,05	alfa	0,05

Um fato importante, e que deve ser observado, principalmente pelas respostas biofísicas orbitais do EVI e ET, é que as pastagens cultivadas apresentaram valores médios relativamente inferiores aos encontrados nas pastagens naturais, relativos por não alcançarem significância estatística. Entretanto, os dados de matéria seca coletados em campo apontam uma inversão nos resultados, principalmente no período chuvoso, com superioridade bem evidente nos valores de matéria seca (biomassa verde) das pastagens cultivadas sobre as pastagens naturais. A única alternativa mais consistente para explicar tal fato nas estimativas orbitais, é que as pastagens cultivadas geralmente são melhores manejadas, sem a influência considerável de espécies arbóreas/arbustivas que elevam os valores de EVI e ET, enquanto nas pastagens naturais a presença destas espécies é evidenciada constantemente, chegando a ter características associativas de “campo sujo”. Portanto, presume-se que nas estimativas orbitais, que são de baixa resolução espacial (< 250m) os valores estimados de EVI e ET estão sofrendo influência da vegetação arbórea/arbustiva, que ocorre associado nas áreas de pastagens naturais, oriunda do processo de regeneração natural, já que estas áreas não são manejadas por muitas décadas.

CONCLUSÕES

Com base nos registros dos censos agropecuários, a partir de 1985 as espécies exóticas africanas passaram a predominar as pastagens presentes na BHRV, superando a área representada por pastagens naturais. Numa tendência crescente, atualmente, as pastagens cultivadas representam mais de 99% dos pastos formados na bacia, utilizados para a pecuária extensiva. Representadas por uma minoria (<1%) as pastagens naturais estão localizadas em áreas de difícil acesso, principalmente nas proximidades da Serra Dourada e Serra da Mesa, município de Goiás. É encontrada na bacia tanto a pecuária leiteira como a pecuária de corte, onde os municípios de Aruanã, Britânia, Matrinchã, Jussara e norte de Itapirapuã apresentaram taxas de lotação bovina superiores a 1,2 cabeças/ha.

A distribuição das espécies cultivadas e naturais que compõem as pastagens da BHRV está associada a fatores edafoclimáticos locais, de maneira que as características relacionadas ao solo (profundidade/pedregosidade) e a direção de escoamento/acúmulo do fluxo hídrico explica a ocorrência da maioria das espécies. Portanto, as características de solo e disponibilidade hídrica são fatores importantes a serem considerados na diferenciação das espécies. Neste sentido, a relação dessas espécies (exóticas e naturais), associadas aos fatores edafoclimáticos locais, condicionam um padrão no comportamento das imagens orbitais ópticas, i. e. das imagens do satélite *RapidEye/BlackBridge*.

Baseado no comportamento espectral das espécies no período seco, as pastagens naturais apresentaram maior influência do solo em sua resposta espectral. Nas folhas da espécie exótica *Brachiaria brizantha* foram encontrados os maiores níveis de estresse hídrico, por outro lado, quando há disponibilidade hídrica abundante (período chuvoso), esta espécie apresenta maior eficiência no aproveitamento da energia eletromagnética na região do azul e vermelho, regiões espectrais importantes, utilizadas na fotossíntese.

Com base na determinação de matéria seca em campo nas áreas de pastagens, é possível afirmar que as espécies de pastagens naturais são mais adaptadas à escassez de água, pois mesmo no período seco, apresentaram um considerável percentual de biomassa verde (média 50,3%). Entretanto, percebe-se que a sua biomassa total é bem inferior às encontradas nas espécies exóticas, de modo que, apesar das espécies naturais apresentarem maior adaptação ao período seco, a sua biomassa não é suficiente para alimentar o rebanho bovino local. No período seco há uma correspondência entre a biomassa verde encontrada nas espécies cultivadas e naturais. Tal fato explica a dificuldade em separar estes dois grupos de pastagens neste período sazonal. Já no período chuvoso, há uma diferença significativa entre os dois grupos de pastagens, pois a biomassa verde encontrada nas espécies cultivadas é bem superior às encontradas nas pastagens naturais. Tal fato justifica a sua implantação e utilização na pecuária extensiva até os dias atuais.

Os dados biofísicos orbitais (EVI, Precipitação, Evapotranspiração e *Blue Water*), a partir da avaliação de médias sazonais entre o período de 2001 a 2002, evidenciaram que há uma diferença estatística no comportamento biofísico das pastagens entre o período seco e chuvoso, sendo este último, o período sazonal que apresentou maior variabilidade nas áreas de pastagens da BHRV. Quando esta comparação ocorre no sentido de distinguir as pastagens cultivadas das paisagens naturais, apesar dos valores biofísicos se distanciarem no período chuvoso, estes não alcançaram significância estatística, ou seja, nos períodos sazonais analisados as pastagens cultivadas e naturais apresentaram comportamentos similares, a partir das estimativas das imagens/produtos orbitais. Esperava-se, que valores de EVI e ET fossem superiores nas áreas de pastagens cultivadas para o período chuvoso, entretanto, os maiores valores foram encontrados nas pastagens naturais, mesmo não alcançando significância estatística.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, P. B. **Plantas forrageiras: gramíneas & leguminosas**. São Paulo: Nobel, 2009. 162p.
- ALMEIDA, A. Q.; SILVA, G. F.; PEZZOPANE, J. E. M.; RIBEIRO, C. A. D. Use of Enhanced Vegetation Index (EVI) in the analysis of vegetation dynamics of the Sooretama biological reservation, ES. **Revista Árvore**, v. 32, n. 6, p. 1099-1107, 2008.
- BÉGUÉS, A. Leaf Area Index, Intercepted Photosynthetically Active Radiation, and Spectral Vegetation Indices: A Sensitivity Analysis for Regular-Clumped Canopies. **Remote Sensing of Environment**, v. 46, p. 45-49, 1993.
- BROSSARD, M; BARCELLOS, A. O. Conversão do cerrado em pastagens cultivadas e funcionamento de latossolos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 153-168, 2005.
- CASTRO, L. H. R.; MOREIRA, A. N.; ASSAD, E. D. Definição e regionalização dos padrões pluviométricos dos cerrados brasileiros. In: ASSAD, E.D. (coord.) **Chuvvas no cerrado: análise e espacialização**. Brasília: Embrapa, CPAC, 1994, p.13-23.
- CAVALCANTI, M. A.; LOPES, L. M.; CELESTINO, M. N. Contribuição ao entendimento do fenômeno das enchentes do rio Vermelho na cidade de Goiás, GO. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 28, n. 1, p. 167-186, 2008.
- CHRISTENSEN, S.; GOUDRIAAN, J. Deriving Light Interception and Biomass from Spectral Reflectance Ratio. **Remote Sensing of Environment**, v. 43, p. 87-95, 1993.
- COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 1, p. 93-99, 2011.
- DEL'ARCO, J. O.; RIOS, A.; DAMBRÓS, L.; TARAPANOFF, I.; ASS, N. **Diagnóstico ambiental da bacia do rio Araguaia-Trecho Barra do Garças (MT) - Luis Alves (GO)**. AHITAR/IBGE. Goiânia, Brazil, 1999.
- HILL, M. J. et al. Pasture Land Cover in Eastern Australia from NOAA-AVHRR NDVI and Classified Landsat TM. **Remote Sensing of Environment**, v. 67, n. 1, p. 32-50, 1999.
- HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1, p. 195-213, 2002.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censos agropecuários (1950, 1960, 1970, 1975, 1980, 1985, 1995 e 2006)**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 06 jan. 2013.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro-RJ. Brasil, 1992, 92p.

ITANO, S.; TOMIMATSU, H. Reflectance spectra for monitoring green herbage mass in Zoysia-dominated pastures. **Grassland Science**, v. 57, p. 9–17, 2011.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. [S.l.]: Jonh R. Jensen: tradução José Carlos Neves Epiphanyo (Coord.) - São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 598 p.

KUMAR, R.; SILVA, L. F. Separability of Agricultural Cover Types by Remote Sensing in the Visible and Infrared Wavelength Regions. **IEEE Transactions On Geoscience Electronics**, v. GE-15, n. 1, p. 42-49, January 1977.

KUMMEROW, C.; SIMPSON, J.; THIELE, O.; BARNES, W.; CHANG, A. T. C.; STOCKER, E.; NAKAMURA, K. The status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit. **Journal of Applied Meteorology**, v. 39, n. 12, p. 1965-1982, 2000.

LATHUILLIÈRE, M. J.; JOHNSON, M. S.; DONNER, S. D. Water use by terrestrial ecosystems: temporal variability in rainforest and agricultural contributions to evapotranspiration in Mato Grosso, Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 7, n. 2, p. 25-32, 2012.

LUCAS, R.; ROWLANDS, A.; BROWN, A.; KEYWORTH, S.; BUNTING, P. Rule-based classification of multi-temporal satellite imagery for habitat and agricultural land cover mapping. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 62, p. 165–185, 2007.

MU, Q.; ZHAO, M.; RUNNING, S. W. Brief Introduction to MODIS Evapotranspiration Data Set (MOD16). **Water Resources Research**, v. 45, p. 0-3, 2005.

NEPSTAD, D.; KLINK, C. A.; UHL, C.; VIEIRA, I. C.; LEFEBEVRE, P.; PEDLWSKI, M.; MATRICARDI, E.; NEGREIROS, G.; BROWN, I. F.; AMARAL, E.; HOMMA, A.; WALKER, R. Land use in Amazonia and the Cerrado of Brazil. **Ciência e Cultura**, v. 49, p. 73 – 86, Jul 1997.

NUMATA, I.; ROBERTS, D. A.; CHADWICK, O. A.; SCHIMEL, J.; SAMPAIO, F. R.; LEONIDAS, F. C.; SOARES, J. V. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 109, n. 3, p. 314–327, 2007.

PAUL, C. K.; MASCARENHAS, A. C. Remote Sensing in Development. **Science**, v. 214, n. 9, p. 139-145, 1981.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SANTOS, P. S. **Caracterização e mapeamento biofísico ambiental da bacia hidrográfica do rio Vermelho a partir de dados remotamente sensoriados**. 2014. 157 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Goiás. 2014.

SEYLER, F.; CHAPLOT, V.; MULLER, F.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; BALLESTER, V.; CERRI, C. C. Pasture mapping by classification of Landsat TM images. Analysis of the spectral behaviour of the pasture class in a real medium-scale environment: the case of the Piracicaba Catchment (12 400 km², Brazil). **Internationa Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 23, p. 4985–5004, 2002.

SIMPSON, J.; ADLER, R.; NORTH, G. A proposed tropical rainfall measuring mission (TRMM) satellite. **American Meteorological Society**, v. 69, n. 3, p. 278-295, 1988.

VIEIRA, P. A. **Dinâmica de Ocupação, vulnerabilidades e cenários para a bacia hidrográfica do rio Vermelho**. Goiás, 2013. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

WARDLOW, B. D.; EGBERT, S. L.; KASTENS, J. H. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the US Central Great Plains. **Remote Sensing of Environment**, v. 108, n. 3, p. 290-310, 2007.

ZHAO, D.; STARKS, P. J.; BROWN, M. A.; PHILLIPS, W. A.; COLEMAN, S. W. Assessment of forage biomass and quality parameters of bermudagrass using proximal sensing of pasture canopy reflectance. **Grassland Science**, v. 53, p. 39-49, 2007.

Data de submissão: 07.02.2017

Data de aceite: 27.03.2018

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.