



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/12.10.18.01-RPQ

**VARIABILIDADE SAZONAL E ESPACIAL DE TIPOS
FUNCIONAIS DE PLANTAS PARA MODELAGEM DE
BIOSFERA NA REGIÃO DE TRANSIÇÃO
AMAZÔNIA-CERRADO**

Renata Galvão Neves da Silva
Jorge Alberto Bustamante Becerra

URL do documento original:
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3KP36L8>>

INPE
São José dos Campos
2015

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):

Presidente:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Amauri Silva Montes - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espaciais (ETE)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas
(CEA)

Dr. Joaquim José Barroso de Castro - Centro de Tecnologias Espaciais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
(CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação
(SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/12.10.18.01-RPQ

**VARIABILIDADE SAZONAL E ESPACIAL DE TIPOS
FUNCIONAIS DE PLANTAS PARA MODELAGEM DE
BIOSFERA NA REGIÃO DE TRANSIÇÃO
AMAZÔNIA-CERRADO**

Renata Galvão Neves da Silva
Jorge Alberto Bustamante Becerra

URL do documento original:
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3KP36L8>>

INPE
São José dos Campos
2015



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

SUMÁRIO

1-Introdução.....	1
1.1- Objetivo geral	2
1.2- Objetivos específicos	2
2-Revisão bibliográfica.....	3
2.1-Transição Amazônia-Cerrado	3
2.2-Fatores que influenciam no desenvolvimento da vegetação	4
3-Materiais e métodos	5
3.1-Área de estudo	5
3.1-Materiais	6
3.2-Metodologia.....	7
3.3.1-Definição das amostras	7
3.3.2-Sazonalidade da vegetação e precipitação	8
3.3.3-Separação dos estratos da vegetação	9
4-Resultados e discussão	10
4.1-Vegetação e precipitação	11
4.2-Comparação entre os 3 grupos (estratos de vegetação).....	12
4.2.1-Anomalias e variabilidade interanual	14
4.2.2-Correlações e análises de agrupamento	16
4.3-Análise da precipitação entre os grupos (estratos de vegetação).....	19
5-Conclusões	20
6-Considerações finais.....	20
7-Referências bibliográficas	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – representação geral da área de estudo: transição entre os biomas Amazônia-Cerrado. FONTE: Ministério do Meio Ambiente (MMA).	6
Figura 2 - Mapa dos biomas Amazônia e Cerrado, destacando as unidades de conservação onde foram selecionadas as respectivas amostras, sendo: A) Pes do Cantão, B) Parna do Araguaia, C) Pes do Araguaia, D) Rebio Nascente Serra do Cachimbo, E) Esec Rio Ronuro, F) Pes Cristalino, G) Pes do Xingu e H) Esec de Iquê. *Pes: parque estadual; Parna: parque nacional; rebio: reserva biológica; Esec: estação ecológica.....	7
Figura 3: exemplo do ajuste feito no TIMESAT para a série temporal da vegetação (EVI) da Amostra 5, com os ciclos de crescimento definidos.	9
Figura 4: boxplots das métricas máximo, amplitude e integral-L da vegetação e precipitação para as 20 amostras analisadas referentes ao período de 2000 a 2013.....	11
Figura 5: variação da métrica máximo entre os 3 grupos (estratos) com os 13 ciclos (anos) de crescimento agrupados.	12
Figura 6: variação da métrica amplitude entre os 3 grupos (estratos) com os 13 ciclos (anos) de crescimento agrupados.	13
Figura 7: variação da métrica integral-L entre os 3 grupos (estratos) com os 13 ciclos (anos) de crescimento agrupados.	14
Figura 8: gráfico representando a variabilidade interanual entre os grupos nos ciclos de crescimento na métrica máximo, sendo que as linhas azul e vermelha indicam a faixa de variação normal.	15
Figura 9: gráfico representando a variabilidade interanual entre os grupos nos ciclos de crescimento na métrica amplitude, sendo que as linhas azul e vermelha indicam a faixa de variação normal.	15
Figura 10: gráfico representando a variabilidade interanual entre os grupos nos ciclos de crescimento na métrica amplitude, sendo que as linhas azul e vermelha indicam a faixa de variação normal.	16
Figura 11: análise de agrupamento multivariada (cluster) para o grupo 1 e seus respectivos valores.	18
Figura 12: análise de agrupamento multivariada (cluster) para o grupo 2 e seus respectivos valores.	19
Figura 13: análise de agrupamento multivariada (cluster) para o grupo 3 e seus respectivos valores.	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: limiares utilizados para definição dos grupos (estratos), onde QI=quartil inferior e QS=quartil superior.	10
Tabela 2: resumo com o parâmetro para a estratificação dos grupos.....	10
Tabela 3: correlação entre a vegetação e precipitação.	12
Tabela 4: média e desvio padrão entre os 3 grupos para as métricas máximo, amplitude e integral-L.....	14
Tabela 5: correlação das métricas entre os grupos por ciclo de crescimento, destacando em negrito as correlações significativas.....	17
Tabela 6: correlação de Spearman entre as métricas extraídas da vegetação e precipitação.	19

RESUMO

Regiões de transição como a Amazônia e Cerrado são fundamentais para a compreensão da influência de variáveis ambientais na distribuição dos principais tipos de vegetação que compõem os diferentes biomas ao longo do tempo. O objetivo geral do trabalho foi analisar a dinâmica sazonal da vegetação por meio de dados de sensoriamento remoto, caracterizando os estratos de vegetação neste ecótono e sua relação com fator ambiental, tal como precipitação na região de transição Amazônia-Cerrado. Foram distribuídas 20 amostras, contendo 100 pixels cada uma, ao longo do ecótono Amazônia-Cerrado, dentro de unidades de conservação, onde através do índice de vegetação (EVI) do produto MOD13A2 (resolução espacial de 1Km) e da precipitação do produto 3B43 (TRMM), para o período de 2000 a 2013, foram analisadas a sazonalidade e dinâmica temporal da vegetação e precipitação. Com ajustes realizados no software TIMESAT para a série temporal, foram extraídas para as 20 amostras as métricas máximo, amplitude e integral-L, na qual através da métrica máximo do índice de vegetação, por meio de cálculos para definição dos limiares anuais, foi feita a estratificação da vegetação em três grupos. Foram realizadas também análises de correlações e de agrupamento entre os grupos. A vegetação e a precipitação nas 20 amostras apresentaram forte correlação entre os valores de máximo (0,86). Entre os três grupos, o valor da mediana da métrica amplitude, que indica o grau de sazonalidade, foi maior no grupo 1, com 1889,7, e oscilou pouco entre os grupos 2 e 3, com valores 1526,6 e 1543,8, respectivamente. A métrica integral-L, que mede o acumulado do índice de vegetação nos ciclos de crescimento, teve valores de medianas relativamente aproximados nos grupos 1 (86808) e 2 (83379,2), e no grupo 3 os valores mais baixos (57655,6). As anomalias interanuais entre os três grupos e métricas analisadas mostrou-se com alto grau de variabilidade, sendo que apenas alguns anos estiveram contidos dentro da faixa de variação normal (5% positivo e negativo). As análises de correlações entre as métricas analisadas (máximo, amplitude e integral-L) e entre os anos (ciclos de crescimento), indicam que os grupos são bem heterogêneos e que não apresentam uma relação linear entre as variáveis, onde foi observado que o grupo 3 teve uma correlação negativa significativa entre a amplitude e máximo, e uma correlação positiva significativa entre máximo e integral ao longo dos ciclos. De acordo com os resultados analisados no trabalho, a vegetação na região de transição Amazônia-Cerrado mostrou uma grande heterogeneidade (variabilidade) em sua composição.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, EVI, sazonalidade da vegetação, Amazônia-Cerrado.

1-INTRODUÇÃO

A transição entre os dois maiores biomas brasileiros, Amazônia e Cerrado, representa uma cobertura territorial de 129.000 km², com mais de 6% da área florestal total do Brasil (Ibge, 1997). Regiões de transição como a Amazônia e Cerrado são fundamentais para a compreensão da influência de variáveis ambientais na distribuição dos principais tipos de vegetação que compõem os diferentes biomas ao longo do tempo. Assim, avaliar o funcionamento e comportamento das fitofisionomias existentes nestas áreas contribui com informações que permitem uma previsibilidade, vulnerabilidade e adaptabilidade, diante de questões como mudanças climáticas e mudanças de uso da terra (Tannus, 2004).

Os biomas terrestres não possuem uma separação nítida entre si, apresenta em sua interface uma zona transicional denominada ecótono. Nesta zona de transição, as duas vegetações coexistem, sobre as mesmas condições climáticas, dentro de um intenso regime de competição, formando um gradiente entre os biomas. O sucesso de um bioma em detrimento do outro será determinado por condições microclimáticas, pela variação do relevo e pelas propriedades do solo (Walter, 1970, apud Tannus 2004).

Nas últimas décadas, o sensoriamento remoto tornou-se uma importante fonte de informações para monitorar os recursos naturais da Terra, devido à possibilidade de se adquirir dados sobre grandes extensões geográficas, e assim, os processos que ocorrem nestas áreas podem ser mais bem compreendidos a partir destes monitoramentos (Anderson et al., 2005).

Os efeitos sazonais da vegetação podem ser observados pelas alterações na biomassa foliar, podendo ser monitorados utilizando-se índices de vegetação derivados de dados obtidos por sensores remotos que verificam a dinâmica da vegetação ao realçar a resposta da vegetação fotossinteticamente ativa em relação aos demais alvos da superfície terrestre (Espig et al., 2006). Para observação remota da estrutura e arquitetura da vegetação, bem como sua distribuição espacial e temporal, foram desenvolvidos índices de vegetação sensíveis a estas variações. Dentre os produtos disponibilizados pelo sensor Modis (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), destaca-se o Índice de Vegetação Melhorado (*Enhanced Vegetation Index*, EVI), proposto por Huete et al., (1999).

A classificação de tipos funcionais de plantas (TFP) foi proposta no início da década dos anos 90 como uma ferramenta para modelar a vegetação dinâmica e o

funcionamento de ecossistemas (especialmente ciclos biogeoquímicos) em relação ao clima e ao CO².

O modelo de superfície INLAND foi desenvolvido por pesquisadores brasileiros como parte integrante do desenvolvimento do Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global- (MBSCG) a partir do código fonte do modelo IBIS (Integrated Biosphere Simulator), que é um modelo computacional de última geração, que simula de maneira integrada diferentes processos biogeofísicos e biogeoquímicos de interação entre a biosfera e o clima (Foley et al., 1996, Kucharik et al., 2000). Em geral, os mapas de vegetação natural utilizados em modelos climáticos não representam essas regiões de transição, sendo fundamental o estudo nesta região. Para representar a vegetação o modelo utiliza um conjunto de 12 tipos funcionais de plantas, que agrupados caracterizam uma classe de vegetação (bioma). Contudo, a caracterização de algumas classes de vegetação ainda não é bem representada, como acontece com o bioma sul-americano savana (que corresponde ao cerrado brasileiro) e a caatinga, pois o módulo de vegetação implementado no modelo INLAND é baseado no código fonte do IBIS que tem como prioridade uma melhor representatividade de regiões de clima temperado, possivelmente negligenciando a representação adequada de processos tipicamente tropicais. O desenvolvimento deste modelo permite a discussão dos efeitos da alteração da cobertura vegetal sobre os processos climáticos regionais, priorizando a evolução dinâmica dos processos que acontecem em diferentes escalas de tempo (Vilani et al., 2006).

1.1-OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho foi analisar a dinâmica sazonal da vegetação por meio de dados de sensoriamento remoto, caracterizando os estratos de vegetação neste ecótono e sua relação com fator ambiental, tal como precipitação, contribuindo com o conhecimento no balanço de carbono e água na região de transição Amazônia-Cerrado.

1.2-OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Caracterizar os principais tipos de vegetação na região de transição Amazônia-Cerrado através de técnicas de análises de séries temporais de dados de sensoriamento remoto.

- b) Estratificar a vegetação da região de transição Amazônia-Cerrado em três grupos (estratos de vegetação): arbóreas perenifólias, arbóreas semi-decíduas e arbóreas-arbustivas decíduas e gramíneas.
- c) Analisar a sazonalidade e dinâmica da vegetação e precipitação da transição Amazônia-Cerrado nos grupos de acordo com as métricas amplitude, máximo e integral-L.

2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1-Transição Amazônia-Cerrado

Amazônia

A Amazônia está localizada ao norte da América do Sul, ocupando uma área total de mais de 6,5 milhões de quilômetros quadrados, em parte de territórios de nove países: Brasil, Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia, Equador, Suriname, Guiana e Guiana Francesa. Cerca de 85% da Amazônia localiza-se em terras brasileiras, ocupando mais de 5 milhões de quilômetros quadrados, aproximadamente 61% da área do país.

Administrativamente, a Amazônia brasileira é designada por Amazônia Legal, sendo composta pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, além de parte dos estados de Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, totalizando 762 municípios (Lentini et al., 2003). A maior parte (64%) da cobertura vegetal da Amazônica Legal é florestal. Os cerrados e campos representam conjuntamente 25% enquanto cerca de 12% da Amazônia está alterada pela ação antrópica (a maioria, área desmatada).

O Mato Grosso apresenta extensa área de transição entre o clima equatorial úmido e o clima tropical (Ivanauskas, 2002). Compreende praticamente toda a borda sul da floresta Amazônica, expandindo-se da área da bacia do Xingu. Nesta região o gradiente climático é acompanhado pelo gradiente vegetacional, criando de igual modo um ecótono que dificulta e gera controvérsias sobre a classificação das formações vegetais ali existentes (Ratter apud Ackerly, 1989).

Cerrado

No interior do Brasil, mais concretamente nos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul existem extensas formações de chapadões, cobertas por vegetação de pequenas árvores retorcidas, dispersas no meio de um tapete de gramínea, o Cerrado (savana).

No Cerrado, a vegetação é basicamente arbórea-arbustiva de caráter lenhosa e herbácea - subarbustiva, formada por gramíneas e outras ervas. A fisionomia deste ecossistema varia de acordo com a estação do ano. As plantas do estrato herbáceo subarbustivo, de modo geral, apresentam raízes superficiais logo nos primeiros 10- 20 cm de solo. Durante o inverno ocorre o estresse hídrico após alguns dias do fim das chuvas o que acaba provocando o dessecamento e a morte de suas partes aéreas, enquanto que nas plantas do estrato arbóreo-arbustivo, a manifestação do estresse não é tão repentina por serem dotadas de raízes pivotantes, profundas, que exploram camadas que conservam umidade por mais tempo. Portanto, durante os meses quentes de verão, quando as chuvas se concentram e os dias são mais longos, a vegetação permanece verde. No inverno, ao contrário, o capim inicia a senescência e seca; quase todas as árvores e arbustos por sua vez, trocam a folhagem senescente por outra totalmente nova (Coutinho apud Bambi, 2007).

O cerrado engloba regiões climáticas heterogêneas, sendo que a maior parte se enquadra no tipo climático Aw da classificação de Köppen. Na maior parte das áreas, 80% das chuvas concentram-se no período de novembro a março, ocorrendo um período pronunciado de seca, geralmente a partir da segunda quinzena de maio a segunda quinzena de setembro (Carvalho, 2001).

2.2-Fatores que influenciam no desenvolvimento da vegetação

A produtividade anual das florestas é diretamente dependente dos fatores climáticos sem, no entanto, ignorar a importância da disponibilidade dos nutrientes, da altitude, da fertilidade, e da umidade do solo, principais variáveis para mudanças no ambiente, além dos fatores como a luz e temperatura que afetam o crescimento das plantas (Fernandes, 2005).

As ações decorrentes das atividades econômicas e indústrias vêm sistematicamente provocando alterações na biosfera, o que resulta na perda da biodiversidade, na contaminação dos mananciais e os prováveis distúrbios climáticos com o aumento da concentração CO₂ na atmosfera.

A manutenção das florestas naturais pode influenciar na distribuição do carbono nos diferentes componentes do material orgânico do ecossistema, tais como solo, serapilheira, raízes, biomassa e a ciclagem biogeoquímica de nutrientes, que somente se estabiliza quando a floresta atinge a maturidade. Portanto, atividades antrópicas que impedem a estabilidade da floresta, dificultam a ciclagem de nutrientes por causa da baixa produção da serapilheira no início do estabelecimento de uma floresta.

A existência de poucos estudos em ecossistemas tropicais ameaçados e especialmente em ecossistemas de transição tem levado muitos pesquisadores a realizarem estudos nesses ecossistemas para melhor se entender os seus limites de tolerância a fim de minimizar os impactos de modo a conciliar as atividades humanas com a preservação desses ecossistemas. Os trabalhos científicos geraram dados que podem contribuir para o desenvolvimento de uma região sem destruir o patrimônio natural.

3-MATERIAIS E MÉTODOS

3.1-Área de estudo

A região de transição Amazônia e Cerrado representa 4,85% do país (Filho, 2006), e é uma das regiões que mais sofre com a ação humana, devido ao seu grande potencial econômico, situação hoje agravada pelo avanço da fronteira agrícola, que resultou em dramática fragmentação de seus últimos remanescentes, especialmente, em Mato Grosso (Marimon et al., 2014).

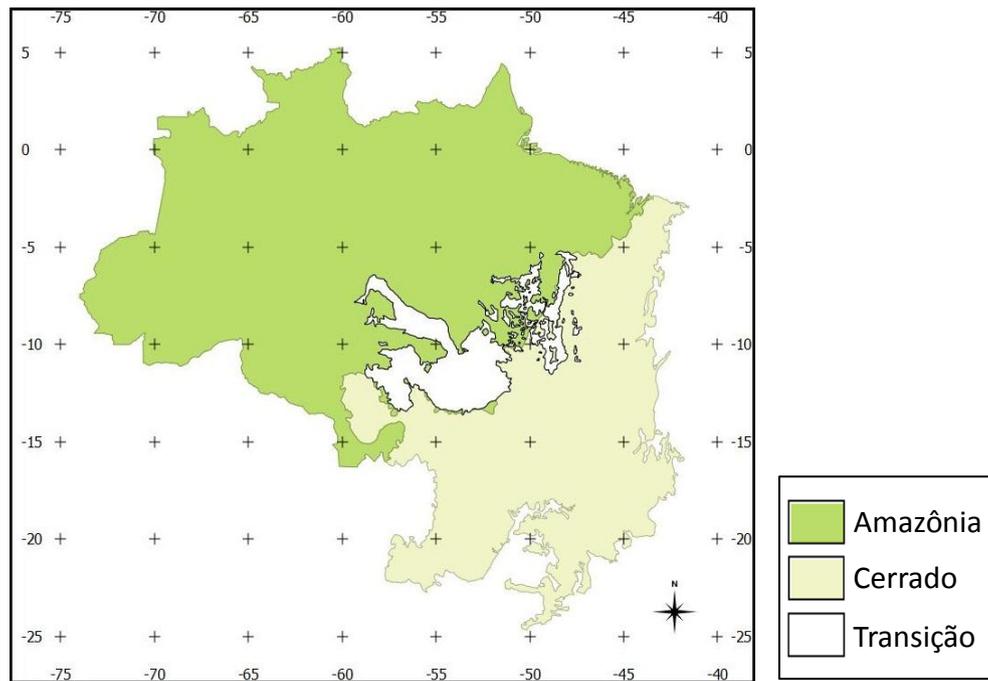


Figura 1 – representação geral da área de estudo: transição entre os biomas Amazônia-Cerrado. FONTE: Ministério do Meio Ambiente (MMA).

O cerrado é um bioma que apresenta uma elevada complexidade em sua formação vegetal, apresentando um mosaico de fitofisionomias, desde formações campestres (campo limpo), savânicas (campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*) até formações florestais (cerradão), florestas decíduas e matas de galeria. Possui clima estacional, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso, classificado como (AW), segundo KÖPPEN (tropical chuvoso).

A Amazônia pode ser classificada como Floresta Tropical, Floresta Ombrófila ou Floresta Pluvial Perenifólia, caracterizada por pouca variação sazonal, elevadas taxas de precipitação e umidade relativa, composta por 83,78% de formações florestais que variam de florestas decíduas a florestas ombrófilas densas e abertas (Filho, 2006), e com precipitações médias de aproximadamente 2300 mm.

3.2-Materiais

- Artigos bibliográficos referentes à região de transição Amazônia-Cerrado.
- Base de dados de índices de vegetação (EVI) obtidos do sensor MODIS/TERRA, a partir do produto MOD13A2 para o período de 2000 a 2013 com resolução espacial de 1 km e temporal de 16 dias (23 períodos por ano).

- Base de dados de precipitação obtidos do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) 3B43 disponibilizados no site da NASA, para o período de 2000 a 2013.

3.3-Metodologia

3.3.1-Definição das amostras

As amostras foram distribuídas dentro de unidades de conservação (UCs) de proteção integral, por serem regiões que sofrem menor interferência antrópica, representando assim melhor o ecótono Amazônia-Cerrado. Foram estabelecidas 20 amostras com áreas de 10X10 km (ou seja, 100 pixels) para cada uma, das quais localizam-se dentro das seguintes UCs: Parque Estadual do Cantão, Parque Nacional do Araguaia, Parque Estadual do Araguaia, Reserva Biológica Nascente Serra do Cachimbo, Estação Ecológica Rio Ronuro, Parque Estadual do Cristalino, Parque Estadual do Xingu e Estação Ecológica de Iquê (Figura 2).

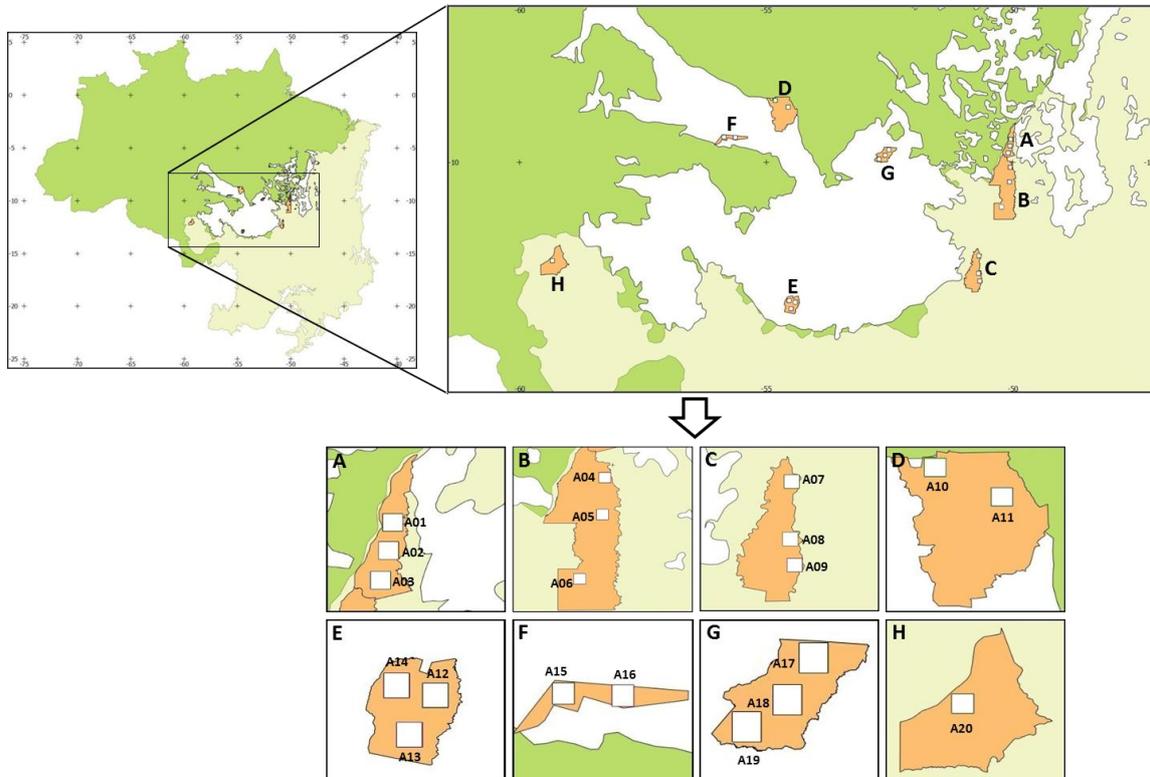


Figura 2 - Mapa dos biomas Amazônia e Cerrado, destacando as unidades de conservação onde foram selecionadas as respectivas amostras, sendo: A) Pes do Cantão, B) Parna do Araguaia, C) Pes do Araguaia, D) Rebio Nascente Serra do Cachimbo, E) Esec Rio Ronuro, F) Pes Cristalino, G) Pes do

Xingu e H) Esec de Iquê. *Pes: parque estadual; Parna: parque nacional; rebio: reserva biológica; Esec: estação ecológica.

3.3.2-Sazonalidade da vegetação e precipitação

Para analisar a sazonalidade e dinâmica temporal da vegetação na região de transição foram utilizadas séries temporais de dados EVI (*Enhanced Vegetation Index*) para o período de 2000 a 2013, onde estes dados temporais foram ajustados a funções polinomiais, seguindo algoritmos propostos por Eklundh e Jonsson (2011), que auxiliam a definir de melhor maneira padrões de sazonalidade dos principais tipos funcionais de plantas na transição Amazônia-Cerrado. O método consiste em ajustar funções localmente a cada conjunto de pontos da série temporal do índice de vegetação, proporcionando melhor representação dos máximos e mínimos (Figura 3). A partir destes padrões foram extraídas as principais métricas de sazonalidade da vegetação para o período proposto.

Este procedimento também foi aplicado aos dados de precipitação para correlacionar a dinâmica sazonal e interanual da precipitação com a vegetação, onde foram extraídas as seguintes métricas das 20 amostras determinadas: amplitude (indica a sazonalidade da vegetação/precipitação), máximo (representa o pico do índice da vegetação/precipitação) e integral-L (integração dos valores acumulados de EVI/mm ao longo do ciclo).

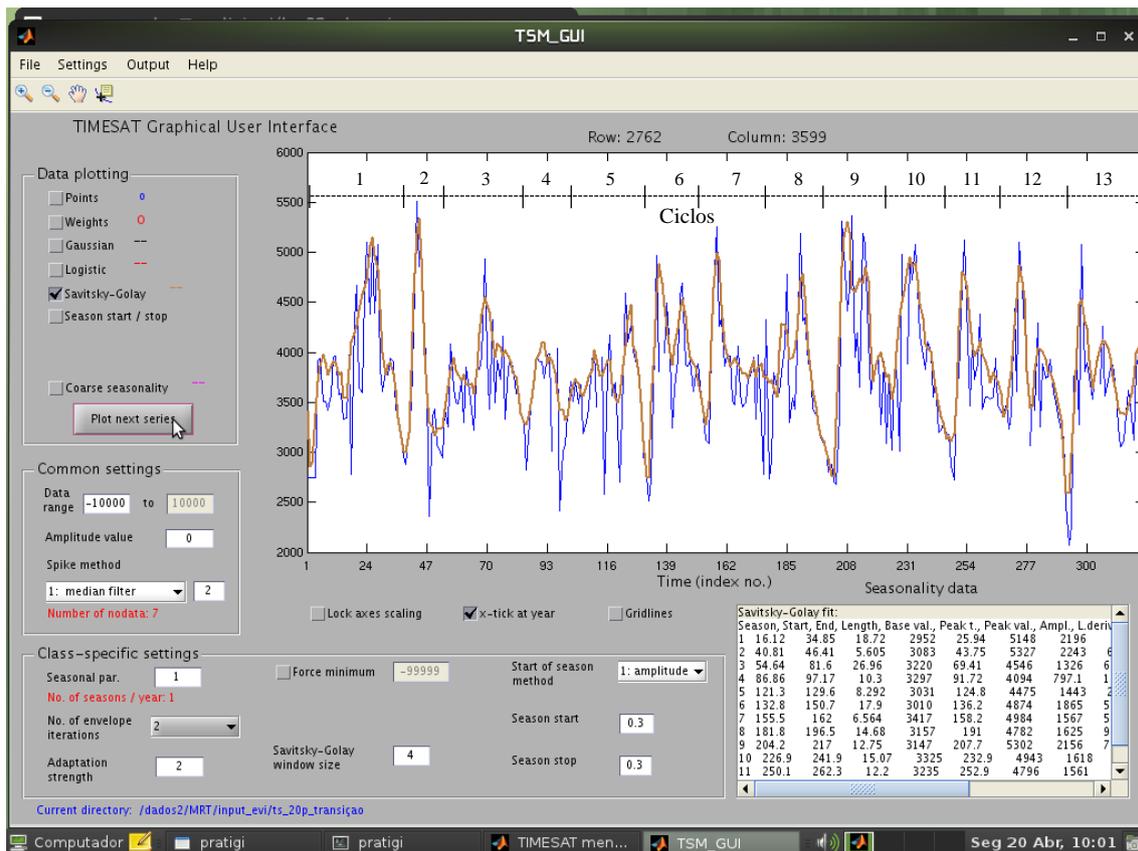


Figura 3: exemplo do ajuste feito no TIMESAT para a série temporal da vegetação (EVI) da Amostra 5, com os ciclos de crescimento definidos.

3.3.3-Separação dos estratos da vegetação

A partir das métricas fenológicas ajustadas e extraídas do TIMESAT, foi organizado um banco de dados da série temporal para as 20 amostras com suas respectivas métricas.

Para realizar a classificação da vegetação foram definidos limiares anuais a partir das médias das amostras com o quartil inferior (QI) e quartil superior (QS) da métrica máximo do índice da vegetação para a separação em 3 grupos (estratos), onde os valores obtidos encontram-se discriminados na Tabela 1.

Tabela 1: limiares utilizados para definição dos grupos (estratos), onde QI=quartil inferior e QS=quartil superior.

ANOS	QI	QS
ANO 1	5622,0	6256,2
ANO 2	5529,6	6125,5
ANO 3	5453,5	6134,4
ANO 4	5388,0	5978,7
ANO 5	5587,2	6165,0
ANO 6	5660,6	6233,5
ANO 7	5647,7	6358,1
ANO 8	5602,7	6172,8
ANO 9	5672,5	6253,9
ANO 10	5479,1	6066,8
ANO 11	5483,0	6115,0
ANO 12	5486,7	6155,9
ANO 13	5319,8	5928,1

Os 3 grupos foram estratificados da seguinte maneira: grupo 1) valores maiores que a média do QS; grupo 2) valores intermediários ao QI e QS; e grupo 3) valores menores que a média do QI (Tabela 2). Neste contexto, o grupo 1 representa as arbóreas perenifólias, o grupo 2 está representado por uma vegetação intermediária, como plantas dominada por arbóreas semi-decíduas (ou seja, perdem parte de suas folhas em determinado momento do ano), e por conseguinte o grupo 3, o qual é caracterizado por uma vegetação arbórea- arbustiva decídua (de porte mais baixo) e gramíneas.

Tabela 2: resumo com o parâmetro para a estratificação dos grupos

Parâmetro usado para delimitar os 3 grupos	
GRUPO 1	Valores > QS
GRUPO 2	Valores intermediários ao QS e QI
GRUPO 3	Valores < QI

Na etapa seguinte foram realizadas análises de correlação de Spearman entre a vegetação e precipitação, e entre as métricas máximo, amplitude e integral-L para cada ciclo de crescimento (ano). A partir das correlações com maior significância, foi realizada a análise de agrupamento multivariada (cluster), utilizando o algoritmo weighted pair-group (WPG) e a distância euclidiana como medida.

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Vegetação e precipitação

Antes de realizar a estratificação da vegetação, foi observada a dinâmica do comportamento entre as 20 amostras para as métricas máximo, amplitude, e integral-L da vegetação e da precipitação na região de transição Amazônia-cerrado (Figura 4).

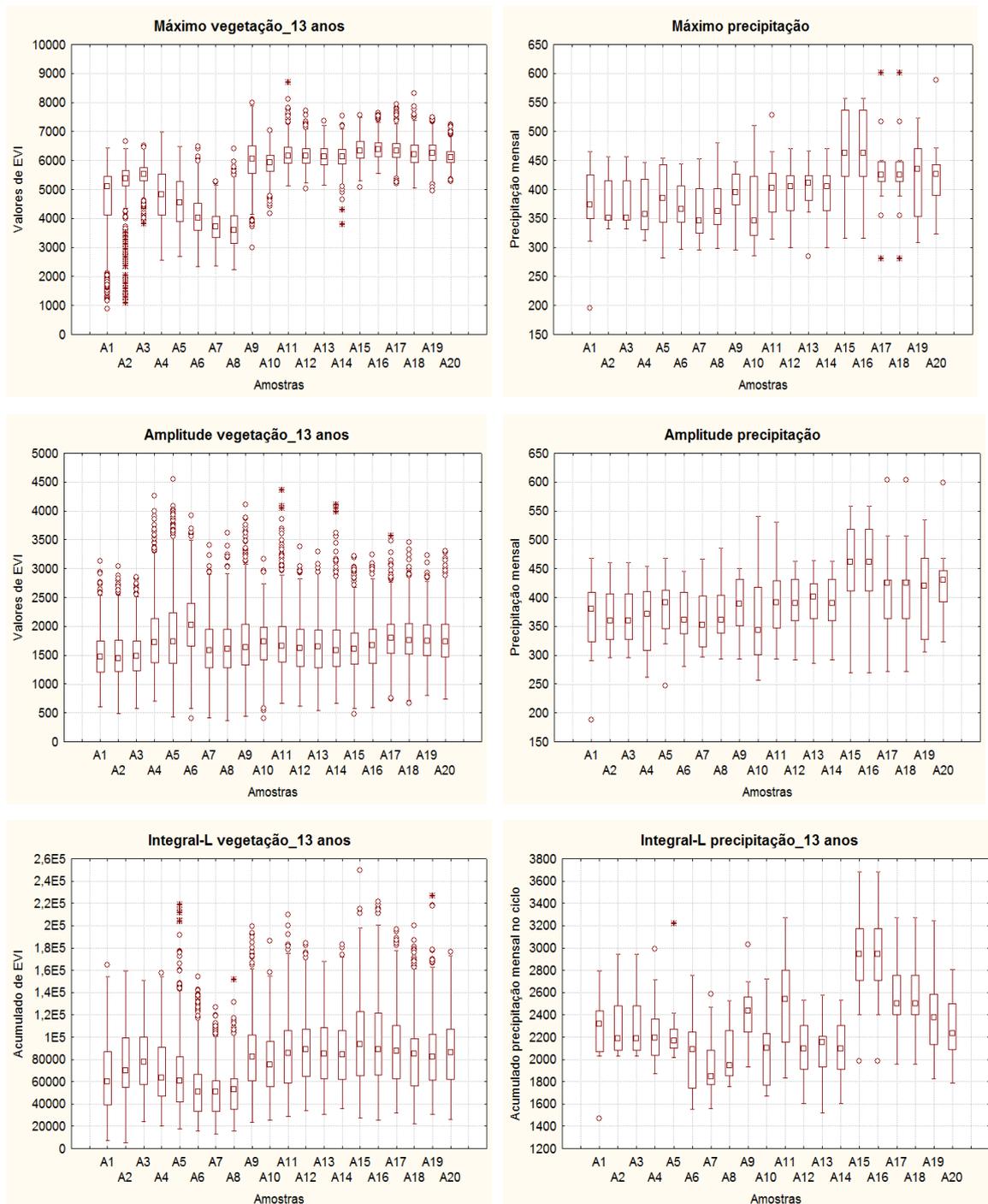


Figura 4: boxplots das métricas máximo, amplitude e integral-L da vegetação e precipitação para as 20 amostras analisadas referentes ao período de 2000 a 2013.

Na Tabela 3, através da correlação de Spearman, os valores indicam a ocorrência de uma forte correlação entre a vegetação e precipitação, principalmente quanto ao pico máximo atingido pela vegetação e o pico máximo da precipitação (0,86).

Tabela 3: correlação entre a vegetação e precipitação.

CORRELAÇÃO SPEARMAN			
VEGxPREC	MÁXIMO	AMPLITUDE	INTEGRAL-L
	0,86	0,45	0,59

4.2-Comparação entre os 3 grupos (estratos de vegetação)

Para a comparação entre os três grupos (estratos) as amostras pertencentes a cada um foram agrupadas juntamente com os ciclos de crescimento (13 anos), permitindo assim a comparação entre eles para as métricas analisadas: máximo, amplitude e integral-L.

A classificação da vegetação em estratos, como já citado, foi realizada a partir dos valores da métrica máximo do índice da vegetação, o que pode ser verificado graficamente na Figura 5. A mediana do grupo 1 foi de 6443,3, do grupo 2 de 5984,7 e do grupo 3 de 4412,1, mostrado na Tabela 4.

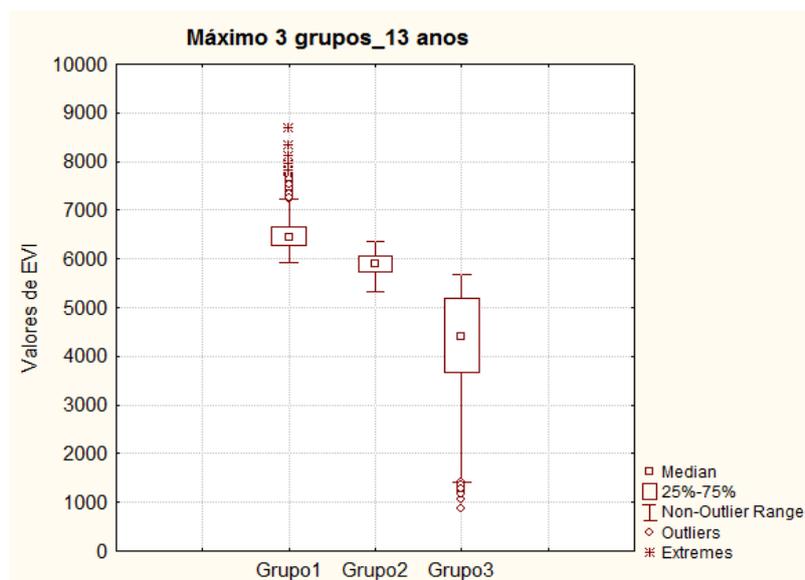


Figura 5: variação da métrica máximo entre os 3 grupos (estratos) com os 13 ciclos (anos) de crescimento agrupados.

A amplitude da vegetação indica a sazonalidade presente naquela região. Como podemos observar na Figura 6, o grupo 3 mostrou maiores valores máximo (4551,2) e mínimo (365,6) na amplitude no agrupamento dos ciclos de crescimento em relação ao grupo 1 e 2, reforçando que o mesmo é representado por vegetação com uma sazonalidade mais acentuada, que perdem totalmente suas folhas no período de seca (plantas decíduas) e num segundo momento onde as condições são favoráveis (período chuvoso) elas se renovam.

As medianas tiveram um valor maior no grupo 1, com 1889,7, e oscilou pouco entre os grupos 2 e 3, com valores 1526,6 e 1543,8, respectivamente (Tabela 4).

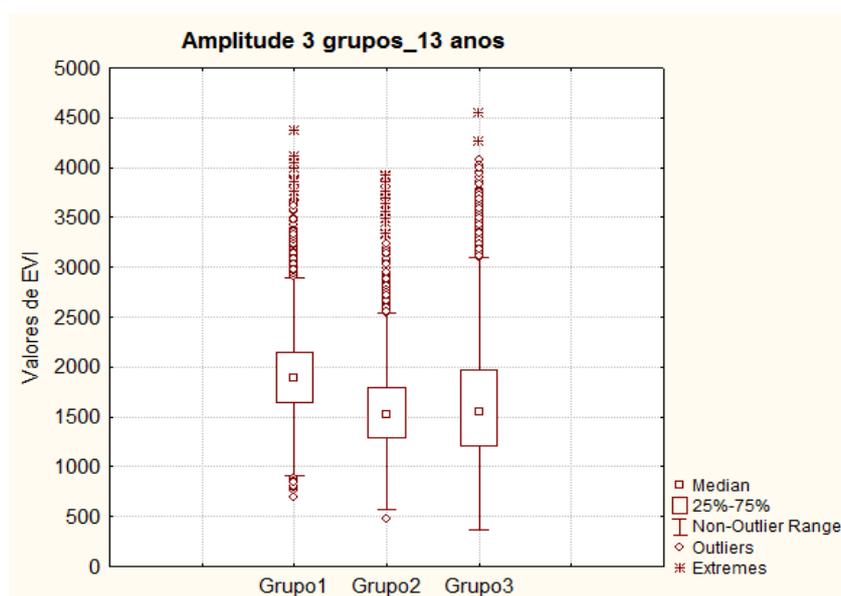


Figura 6: variação da métrica amplitude entre os 3 grupos (estratos) com os 13 ciclos (anos) de crescimento agrupados.

A métrica integral-L (large) refere-se ao acumulado do índice da vegetação para cada ciclo de crescimento, e está diretamente interligada com a métrica máximo, pois teoricamente quanto maior os valores observados de máximo, maior o acúmulo do índice. Na Figura 7, é possível notar que nos grupos 1 e 2, os valores das medianas da integral-L são relativamente aproximados, 86808 e 83379,2, respectivamente, e o grupo 3 mostrou valores mais baixos, de 57655,6, como esperado por ser a grupo com valores menores de máximo.

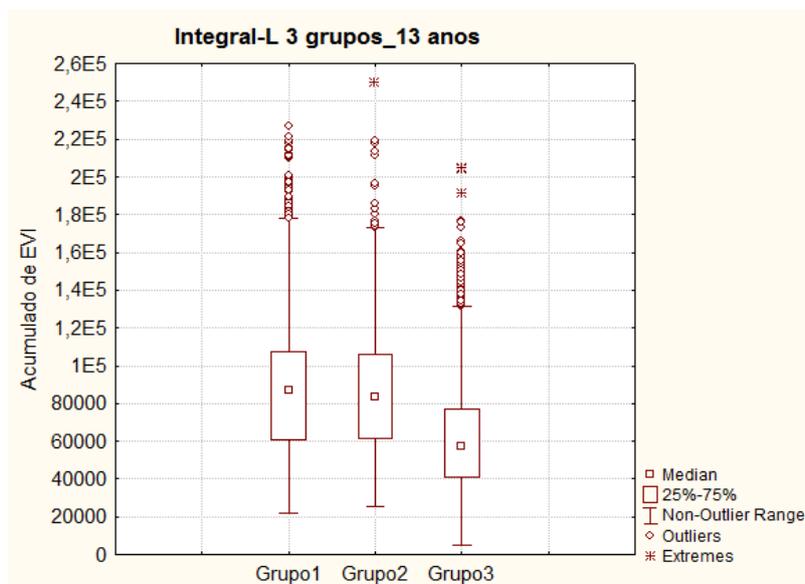


Figura 7: variação da métrica integral-L entre os 3 grupos (estratos) com os 13 ciclos (anos) de crescimento agrupados.

A Tabela 4 mostra a mediana e o desvio padrão das métricas máximo, amplitude e integral-L para os 3 grupos, confirmando a variabilidade (heterogeneidade) entre os grupos (conforme as Figuras 5, 6 e 7), sendo que o desvio padrão para o grupo 3 foi maior.

Tabela 4: média e desvio padrão entre os 3 grupos para as métricas máximo, amplitude e integral-L.

	MEDIANA			DESVIO PADRÃO		
	Grupo1	Grupo2	Grupo3	Grupo1	Grupo2	Grupo3
Máximo	6443,3	5894,7	4412,1	300,3	209,8	897,8
Amplitude	1889,7	1526,6	1543,8	410,6	389,1	570,2
Integral-L	86808,0	83379,2	57655,6	32811,6	30152,6	28541,8

4.2.1-Anomalias e variabilidade interanual

As Figuras 8, 9 e 10 mostram as anomalias interanuais para a série temporal de 2000 a 2013 das variáveis máximo, amplitude e integral-L para os 3 grupos. As linhas azul e vermelha indicam a variação de 5% positiva e negativa esperada dentro da faixa de variação que é considerada normal, onde valores fora dessa faixa contém uma variabilidade maior, neste contexto. Na Figura 8, para a métrica máximo, nota-se que no grupo 1, nos anos 2, 3, 8 e 12 as variações estão dentro da normalidade, nos anos 6 e 11 estão próximos da faixa e nos demais estão fora do esperado. Para o grupo 2, apenas os

anos 2 e 12 se encontram dentro da faixa, os anos 3, 5, 8 e 11 estão aproximados, e o restante foge da faixa. No grupo 3 todos os anos ficaram fora da faixa de normalidade.

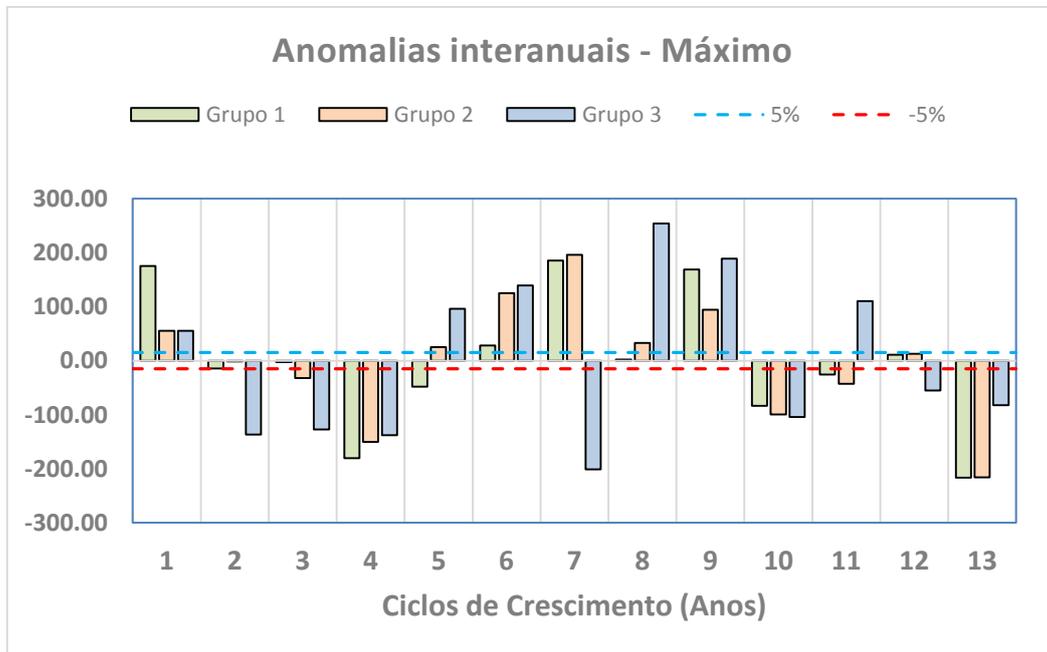


Figura 8: gráfico representando a variabilidade interanual entre os grupos nos ciclos de crescimento na métrica máximo, sendo que as linhas azul e vermelha indicam a faixa de variação normal.

Na Figura 9, com relação à métrica amplitude, observa-se que praticamente todos os grupos estão acima da faixa de variação normal, exceto o grupo 3, no ano 1.

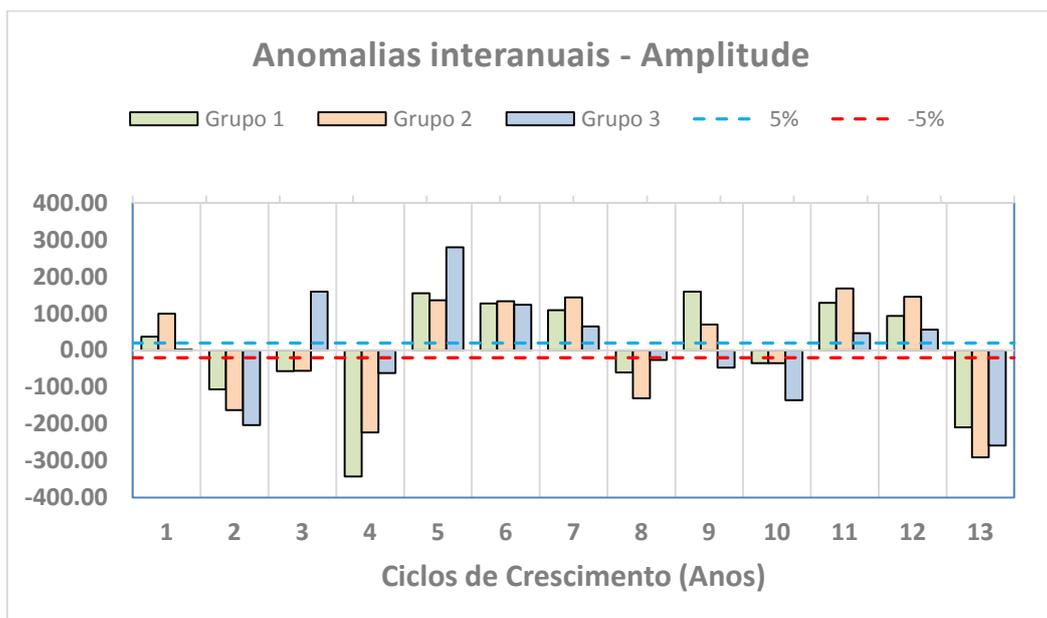


Figura 9: gráfico representando a variabilidade interanual entre os grupos nos ciclos de crescimento na métrica amplitude, sendo que as linhas azul e vermelha indicam a faixa de variação normal.

Na Figura 10, para a métrica integral-L, os grupos 1 e 3 estão fora da faixa de normalidade, e no grupo 2, apenas os anos 4 e 12 situam-se na faixa esperada. Para esta métrica pode-se observar que na maior parte dos anos, os 3 grupos contêm valores bem acima da faixa de 5% (positiva e negativa).

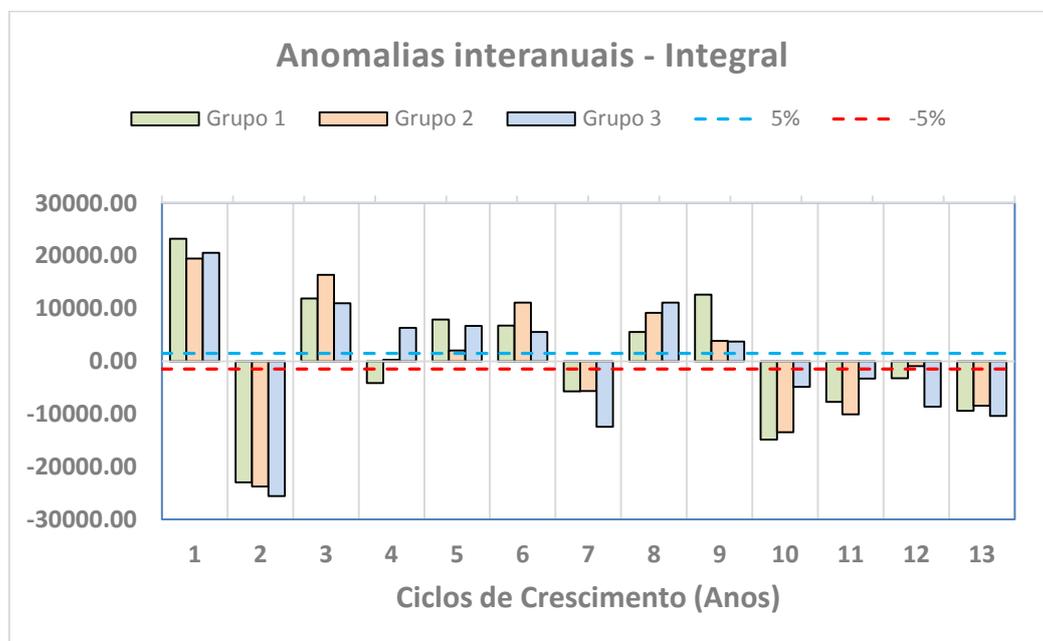


Figura 10: gráfico representando a variabilidade interanual entre os grupos nos ciclos de crescimento na métrica amplitude, sendo que as linhas azul e vermelha indicam a faixa de variação normal.

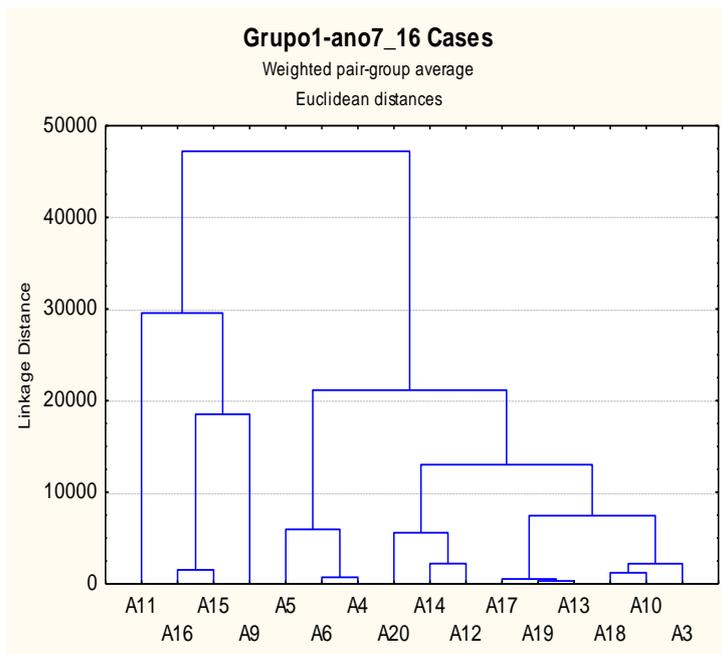
4.2.2-Correlações e análises de agrupamento

A Tabela 5 indica as correlações entre as métricas amplitude e máximo, amplitude e integral-L, e máximo e integral-L para cada grupo e para cada ciclo de crescimento (ano) e mostra que existe uma grande oscilação da correlação ao longo do tempo, principalmente no grupo 1, onde as diferenças entre o mínimo e máximo foram maiores, o que indica que são grupos bem heterogêneos e que não apresentam uma relação clara. Pôde-se notar que no grupo 3 teve uma correlação negativa significativa entre a amplitude e máximo, e uma correlação positiva significativa entre máximo e integral ao longo dos ciclos.

Tabela 5: correlação das métricas entre os grupos por ciclo de crescimento, destacando em negrito as correlações significativas.

CORRELAÇÃO SPEARMAN									
CICLOS	AMP x MAX			AMP x INT			MAX x INT		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
ANO 1	0,09	-0,14	-0,73	0,16	0,66	-0,68	-0,62	-0,01	0,68
ANO 2	-0,46	-0,11	-0,64	0,12	-0,48	-0,61	0,17	0,38	0,70
ANO 3	-0,10	0,03	-0,51	0,64	0,20	-0,16	-0,06	0,61	0,41
ANO 4	0,26	-0,54	-0,73	-0,04	-0,09	-0,74	0,03	-0,33	0,89
ANO 5	0,01	-0,46	-0,74	0,45	-0,01	-0,05	0,12	0,17	0,49
ANO 6	-0,17	-0,70	-0,08	0,39	0,17	0,13	-0,35	-0,22	0,73
ANO 7	0,03	-0,36	-0,10	-0,50	-0,15	-0,31	0,46	0,12	0,89
ANO 8	-0,24	-0,19	-0,64	0,22	-0,09	-0,46	-0,32	0,19	0,59
ANO 9	0,71	0,32	-0,35	-0,10	0,22	-0,26	-0,13	0,66	0,96
ANO 10	0,05	-0,07	-0,58	-0,29	0,25	0,35	-0,16	-0,38	-0,07
ANO 11	-0,39	-0,51	-0,79	-0,12	-0,42	-0,66	0,24	0,57	0,77
ANO 12	0,17	0,15	-0,75	-0,35	-0,33	-0,52	0,58	0,10	0,23
ANO 13	0,49	0,25	-0,80	0,01	-0,01	-0,55	0,58	0,63	0,59
Mínimo	-0,46	-0,70	-0,80	-0,50	-0,48	-0,74	-0,62	-0,38	-0,07
Máximo	0,71	0,32	-0,08	0,64	0,66	0,35	0,58	0,66	0,96
Diferença	1,18	1,02	0,72	1,14	1,14	1,09	1,20	1,04	1,03
Desvio padrão	0,33	0,32	0,25	0,33	0,31	0,34	0,37	0,36	0,29

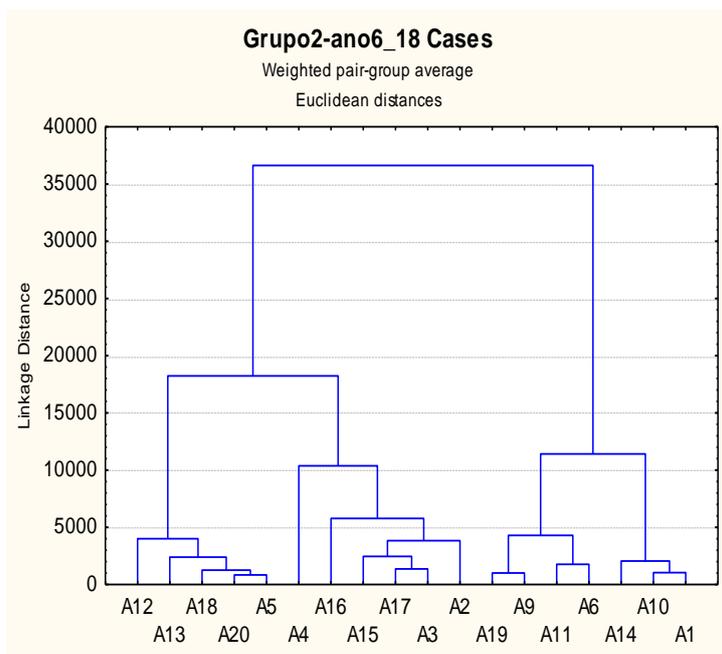
As Figuras 8, 9 e 10 mostra uma análise de agrupamento (cluster), que é uma técnica estatística utilizada para reconhecimento de padrões, a qual consiste em agrupar os dados observados segundo as características (denominador) comuns que ocorrem entre eles, quanto mais próximo do zero (0), maior é a proximidade entre as amostras. Portanto, a partir da Tabela 4, foram escolhidos para cada grupo um ano que continha a melhor correlação entre as variáveis analisadas (máximo, amplitude e integral-L), permitindo resgatar as informações sobre como as 20 amostras se distribuem dentro de cada grupo.



G 1	AMP	MÁX	INT	%	
A11	1	2132	6738	94243	6%
A16	2	1820	6566	132299	
A15	3	1834	6719	133827	19%
A9	4	1804	6628	114546	
A5	5	1821	6446	48271	
A6	6	2461	6490	54515	19%
A4	7	2097	6381	53900	
A20	8	1992	6424	76106	
A14	9	1892	6560	80577	19%
A12	10	1831	6652	82800	
A17	11	2009	6639	69355	
A19	12	2258	6869	69905	
A13	13	1985	6739	69780	
A18	14	2151	6676	60449	38%
A10	15	2146	6429	61645	
A3	16	2111	6432	63256	

Figura 11: análise de agrupamento multivariada (cluster) para o grupo 1 e seus respectivos valores.

Nas tabelas ao lado de cada análise de agrupamento (cluster), é possível verificar os valores específicos para cada amostra relativa a aquele grupo. Na Figura 8, por exemplo, verifica-se que dentro do grupo (estrato) 1, as amostras se reagrupam de acordo com um denominador comum entre elas, o que também é observado nos grupo 2 (Figura 9) e grupo 3 (Figura 10).



G 2	AMP	MÁX	INT	%	
A12	1	1399	6110	102144	
A13	2	1357	6163	96970	
A18	3	1766	5986	98706	28%
A20	4	1559	6014	99541	
A5	5	1656	5819	100349	
A4	6	1921	5905	123559	
A16	7	1446	6053	110314	
A15	8	1530	6036	112959	
A17	9	1778	6047	116029	33%
A3	10	2074	5919	114701	
A2	11	2198	5863	117962	
A19	12	1683	6085	68580	
A9	13	1603	6056	69582	22%
A11	14	1594	5988	65663	
A6	15	1895	5902	63925	
A14	16	1481	6164	77362	
A10	17	2100	6034	79831	17%
A1	18	1965	5868	78810	

Figura 12: análise de agrupamento multivariada (cluster) para o grupo 2 e seus respectivos valores.

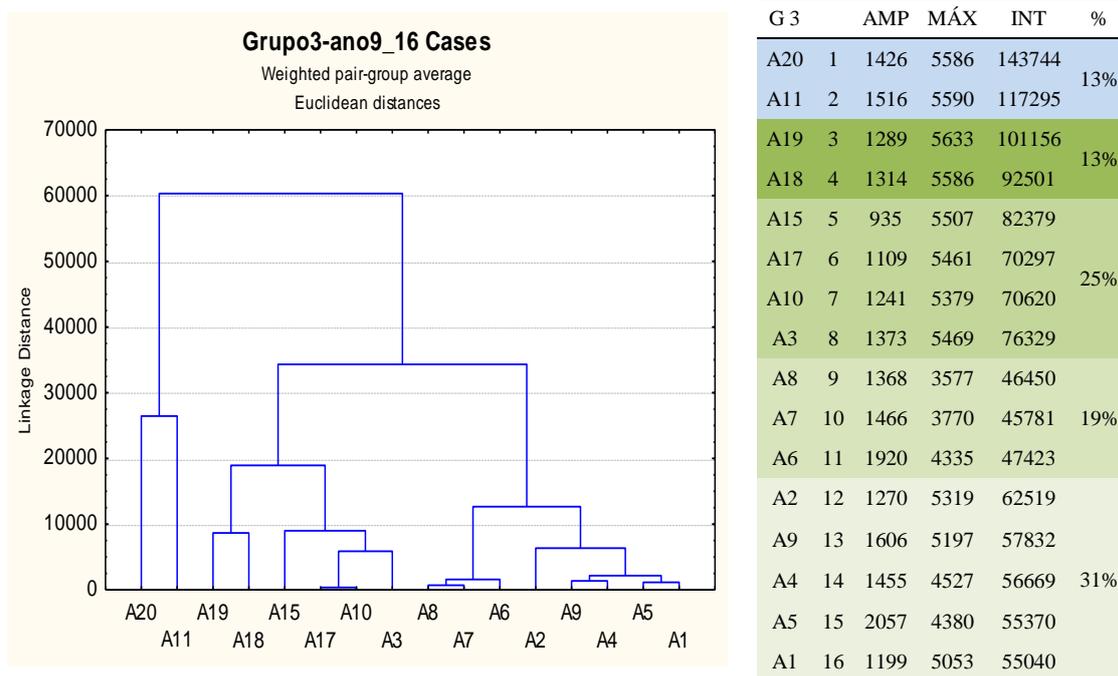


Figura 13: análise de agrupamento multivariada (cluster) para o grupo 3 e seus respectivos valores.

4.3-Análise da precipitação entre os grupos (estratos)

A tabela 6 mostra o resultado das correlações feitas entre os grupos (estratos) para cada ciclo (ano) de crescimento e métricas analisadas. As correlações que tiveram grau de significância, tanto negativa significativa como positiva significativa encontram-se em destaque, sendo que no ano 10 as correlações entre o máximo da vegetação e precipitação deu significativa nos 3 grupos.

Tabela 6: correlação de Spearman entre as métricas extraídas da vegetação e precipitação.

CICLOS	GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
	AMP	MÁX	INT-L	AMP	MÁX	INT-L	AMP	MÁX	INT-L
ANO 1	0,00	-0,03	-0,87	0,03	-0,51	-0,53	-0,08	0,00	0,12
ANO 2	-0,14	-0,02	-0,15	-0,15	0,03	-0,17	-0,25	0,18	0,22
ANO 3	-0,36	0,16	-0,38	0,02	0,48	0,24	0,26	0,34	0,15
ANO 4	0,22	-0,09	0,15	-0,40	-0,04	-0,34	-0,14	-0,02	0,58
ANO 5	0,06	-0,02	0,02	-0,09	0,16	0,03	-0,52	0,58	0,19
ANO 6	0,41	-0,03	0,48	0,28	-0,13	0,35	-0,18	0,77	0,75
ANO 7	-0,62	0,59	0,40	-0,65	0,24	0,24	-0,42	-0,21	0,08
ANO 8	-0,58	0,39	-0,57	-0,45	0,64	-0,36	-0,12	0,51	0,06

ANO 9	-0,17	0,24	0,19	0,28	0,38	0,11	-0,03	0,43	0,56
ANO 10	0,07	0,70	0,03	-0,36	0,56	-0,16	-0,74	0,79	0,15
ANO 11	-0,26	0,23	0,11	-0,17	0,22	0,18	0,08	-0,08	-0,29
ANO 12	-0,51	0,34	0,46	-0,14	0,39	-0,21	-0,51	0,54	0,00
ANO 13	-0,34	0,19	0,56	0,33	0,22	0,19	-0,32	0,31	0,57

5-CONCLUSÕES

- De acordo com os resultados analisados no trabalho, a vegetação na região de transição Amazônia-cerrado mostrou uma grande heterogeneidade em sua composição, tornando possível a estratificação das amostras em três grupos vegetacionais.
- Os três grupos (estratos de vegetação) apresentaram grande variabilidade entre eles, sendo que cada um teve sua característica própria de acordo com os grupos definidos. Os valores das medianas da métrica máximo foram decrescentes (grupo 1 ao 3), conforme a classificação; para métrica amplitude o grupo 1 teve um valor maior e o 2 e 3 os valores foram aproximados; e na métrica integral-L, os grupos 1 e 2 tiveram valores mais altos e próximos, e o grupo 3 o valor foi menor.
- As métricas da precipitação e vegetação tiveram uma relação médio-alta quando comparadas entre si.

6-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para um resultado mais consolidado, sugere-se a inclusão de mais variáveis, tais como fatores edáficos, temperatura, mapeamento do uso e cobertura da terra.

Neste trabalho foi concluído o armazenamento de um banco de dados com informações sobre uso e cobertura da terra (MCD12Q1), temperatura da superfície da Terra (MOD11A2) e dados do Programa de Monitoramento do Desflorestamento da Amazônia (PRODES), possibilitando a continuidade deste trabalho.

7-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERLY, D. D.; THOMAS, W.; FERREIRA, C. A.C.; PIRANI, J. R. 1989. The forest-cerrado transition zone in southern Amazônia: results of the 1985 Projeto Flora Amazonia Expedition to Mato grosso. **Brittonia**. 41, v. 2 p. 13-128.

ANDERSON, L. O. et al. 2005. Utilização de dados multitemporais do sensor MODIS para mapeamento da cobertura e uso da terra. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, 16-21 ab 2005, INPE, p 3443-3450.

BAMBI, P. 2007. Variação sazonal do índice de área foliar e sua contribuição na composição da serapilheira e ciclagem de nutrientes na floresta de transição no Norte do Mato Grosso. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá-MT, 111p.

CARVALHO, C.G. 2001. **Mato Grosso: Terra e Povo**. Cuiabá: Ed. Verde Pantanal.

EKlundh, L. & Jonsson, P. 2011. **Timesat 3.1 Software Manual**. Sweden. 82 p.

ESPIG, S. A. *et al.* 2006. Variações sazonais do EVI e NDVI em áreas do semi-árido brasileiro. In: **VII Seminário em Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de informações geográficas aplicados a Engenharia Florestal**, São José dos Campos, INPE, p. 219-226.

FERNANDES, F.C. S. 2005. **Produção de liteira, concentração e estoques de nutrientes na floresta nativa e capoeira**. 2005. 83p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT.

FILHO, J. M. 2006. **O livro de ouro da Amazônia**. Ed. Ediouro, 442 p.

FOLEY, J. A. et al. 1996. An integrated biosphere model of land surface processes, terrestrial carbon balance, and vegetation dynamics. **Global Biogeochemical Cycles**, 10(4): 603-628.

HUETE, A.; JUSTICE, C.; LEEUWEN, W.V. **MODIS vegetation index (MOD 13) algorithm theoretical basis document**. 1999. Disponível em: http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf. Consultado em 07 de janeiro de 2014.

IVANAUSKAS, N. M. 2002. Estudo da vegetação presente na área de contato entre formações florestais em Gaúcha do Norte-MT. **Tese de Doutorado em Biologia Vegetal** – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 184p.

KUCHARIK, C.J. et al. 2000. Testing the performance of a dynamic global ecosystem model: water balance, carbon balance, and vegetation structure. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 14(3): 795-825.

LENTINI, M; VERÍSSIMO, A.; SOBRAL, L. 2003 **Fatos Florestais da Amazônia**, 2003. Belém, ed. Imazon.,110p.

MARIMOM, B. S. et al. 2014. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-cerrado transition zone in southern Amazonia. **Plant Ecology & Diversity**, p. 37-41.

SILVA, C. J. et al. 2007. Produção de serapilheira no Cerrado e Floresta de transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazonica**, v. 37(4): 543-548.

TANNUS, R. N. 2004. Funcionalidade e sazonalidade sobre cerrado e sobre ecótono Floresta-Cerrado: uma investigação com dados micrometeorológicos de energia e CO². **Dissertação de mestrado**. Esalq, Piracicaba, 92 p.

VILANI, M. T. et al. 2006. Sazonalidade da radiação, temperatura e umidade em uma floresta de transição Amazônia-Cerrado. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, 331-343.