



Serrapilheira acumulada, teor de carbono e índices de vegetação em plantio de bandarria (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) em Rondônia

Deborah Regina Alexandre¹, Adriano Reis Prazeres Mascarenhas²

Resumo

Plantios florestais destacam-se quanto ao acúmulo de serrapilheira e teores de carbono armazenados em sua biomassa. Contudo, métodos tradicionais de quantificação de biomassa demandam tempo e recursos, dessa forma com o processamento digital de imagens de satélite é possível obter índices de vegetação (IV) de alta correlação com a biomassa vegetal, facilitando a acessibilidade de informações de forma rápida e menos onerosa. Objetivou-se quantificar o acúmulo de serrapilheira das frações folhas e galhos, o teor de carbono e índices de vegetação em plantio comercial de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby, em Rolim de Moura - RO. Distribuiu-se, sistematicamente, 25 pontos no plantio, coletando-se 500g de serrapilheira em cada ponto. As amostras foram secas e processadas para determinação do teor de carbono. Além disso, obteve-se o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI) e índice de área foliar (IAF). A serrapilheira da fração folhas variou entre 9,94 Mg ha⁻¹ a 43,26 Mg ha⁻¹ enquanto na fração galhos variou de 4,60 Mg ha⁻¹ até 39,36 Mg ha⁻¹. Para teor de carbono, na fração folhas obteve-se 36,63% e para galhos 44,06% de carbono. O NDVI variou entre 0,2669 a 0,8359, os valores de SAVI variaram de 0,4002 a 1,2537 e o IAF variou de -0,5390 m² m⁻² a 1,0498 m² m⁻². Na correlação de Pearson (p<0,05), constatou-se que as correlações mais fortes foram entre NDVI e SAVI e entre NDVI e teor de carbono na fração foliar da serrapilheira.

Palavras-Chave: Biomassa. Plantios florestais. Geotecnologias.

Accumulated litter, carbon content and vegetation index in bandarria plantation (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) in Rondonia. Forest plantations stand out for litter accumulation and carbon contents stored in their biomass. However, traditional methods of biomass quantification demand time and resources, so with digital satellite image processing it is possible to obtain vegetation index (VI) with high correlation with plant biomass, facilitating the accessibility of information quickly and less costly. The objective of this study was to quantify the litter accumulation of leaf and branch fractions, carbon content and vegetation index in commercial planting of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby, in Rolim de Moura - RO. Systematically distributed 25 points at planting, collecting 500g of litter at each point. The samples were dried and processed for carbon content determination. In addition, normalized difference vegetation index (NDVI), soil adjusted vegetation index (SAVI) and leaf area index (LAI) were obtained. The leaf litter fraction ranged from 9.94 Mg ha⁻¹ to 43.26 Mg ha⁻¹ while in the twigs fraction it ranged from 4.60 Mg ha⁻¹ to 39.36 Mg ha⁻¹. For carbon content, the leaves fraction obtained 36.63% and for branches 44.06% of carbon. NDVI ranged from 0.2669 to 0.8359, SAVI values ranged from 0.4002 to 1.2537 and IAF ranged from -0.5390 m² m⁻² to 1.0498 m² m⁻². In the Pearson correlation (p <0.05), it was found that the strongest correlations were between NDVI and SAVI and between NDVI and carbon content in leaf litter fraction.

Key-words: Biomass. Forest plantations. Geotechnologies.

¹ Acadêmica de Eng. Florestal, UNIR, Porto Velho, RO, Brasil, deborah.regina.a@gmail.com

² - Professor Assistente, Departamento Eng Florestal, UNIR, Porto Velho, RO, Brasil, adriano.mascarenhas@unir.br



1. Introdução

Com o aumento da população e consumo de recursos naturais, preocupações relacionadas ao meio ambiente são questões permanentes em debates e reuniões internacionais, principalmente quando se trata do aumento da emissão de gases do efeito estufa (GEE), especialmente àqueles que têm a capacidade de aprisionar parcialmente a radiação que é emitida pela Terra (MOLION, 2008). Com isso, o aumento da emissão de dióxido de carbono (CO₂) destaca-se entre as prováveis causas das mudanças climáticas, dentre elas a intensificação do efeito estufa, que pode impedir a dispersão de calor para o espaço, elevando-se as temperaturas do planeta (BÜNTGEN et al., 2019).

Nesse cenário em que se busca alternativas ecologicamente viáveis para a continuidade dos setores produtivos e um equilíbrio com o meio ambiente, as florestas plantadas destacam-se nesse contexto, principalmente no Brasil, no qual se contabilizou aumento de 7,83 milhões de hectares na área plantada no ano de 2018, tornando o setor de florestas apto para fins industriais (IBA, 2019). Haja vista que a madeira é matéria-prima versátil, podendo ser utilizada para celulose e papel, carvão, lenha, serraria, e painéis engenheirados, fazendo com que esse tipo de investimento seja cada dia mais atrativo ao produtor (BRASIL, 2018).

Vale ressaltar que as florestas plantadas no Brasil são maciçamente representadas por cultivos de *Eucalyptus* e *Pinus*, mas existem espécies nativas na Amazônia com potencial silvicultural, como é o caso do paricá, *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby, por ser de rápido crescimento, resistente ao ataque de pragas e doenças, com elevada produtividade, aceitação comercial e preços competitivos dos produtos manufaturados (BATISTA, 2018). Em 2018, a área de plantios da espécie superava 90 mil hectares, com incremento médio anual em torno de 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, principalmente nos estados do Maranhão, Mato Grosso, Pará e Rondônia (IBA, 2019).

Nesse contexto, os cultivos florestais têm aptidão para fortalecer os objetivos do Brasil no Acordo de Paris, no qual tem-se a meta de se reduzir emissões dos gases do efeito estufa em 43% até 2030, pois o aumento da área de florestas plantadas contribui para reduzir o dióxido de carbono na atmosfera. Isso ocorre porque, durante o período de crescimento e desenvolvimento das

árvores, as reações metabólicas resultam no acúmulo contínuo de carbono na biomassa e no solo (IBA, 2019; BRIANEZI et al., 2019).

Contudo, a mensuração do estoque de carbono tem sido realizada por meio das estimativas de biomassa da planta acima e abaixo do solo, além de ser possível a mensuração do carbono presente na serrapilheira e no solo, geralmente por métodos diretos que consistem na mensuração de toda a biomassa, sendo, normalmente, processos morosos e onerosos (SANQUETTA et al., 2019).

Com isso, métodos indiretos facilitam as estimativas de carbono, como é o caso das geotecnologias, pois utilizando-se o processamento digital de imagens de satélite e valores de radiância/reflectância é possível se obter índices de vegetação (IV) de alta correlação espectral com a biomassa vegetal. Isso proporciona acessibilidade de informações em locais de difícil acesso de forma rápida e menos onerosa, quando comparado aos métodos tradicionais. Além disso, a obtenção das estimativas no caso de florestas plantadas é facilitada, por serem periodicamente inventariadas e constituídas de apenas um gênero (FERRAZ et al., 2014).

Deste modo, objetivou-se quantificar o estoque de carbono em frações de galhos e folhas em amostras de serrapilheira do plantio de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby em plantio homogêneo em Rolim de Moura – RO e verificar sua correlação com os índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF.

2. Material e Métodos

2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A coleta dos dados foi realizada no mês de dezembro de 2017, em um plantio de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Bandarra), equiâneos, com 11 anos de idade e aproximadamente 40 ha no espaçamento 3 m x 3 m, pertencente a empresa Lano da Amazônia LTDA, localizado na RO-383, no município de Rolim de Moura - RO (Figura 1).

O relevo do município de Rolim de Moura - RO caracteriza-se por apresentar superfície plana e suaves ondulações, com altitude que varia de 260 a 300 m e com base nos estudos pedológicos e nos dados da Segunda Aproximação do Zoneamento Sócio Econômico do Estado de Rondônia sobre o levantamento do solo, verifica-se que o solo do município encontra-se na subordem do Latossolo

Ciências Agrárias

Vermelho- Amarelo distrófico, com saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (SANTOS, 2018).

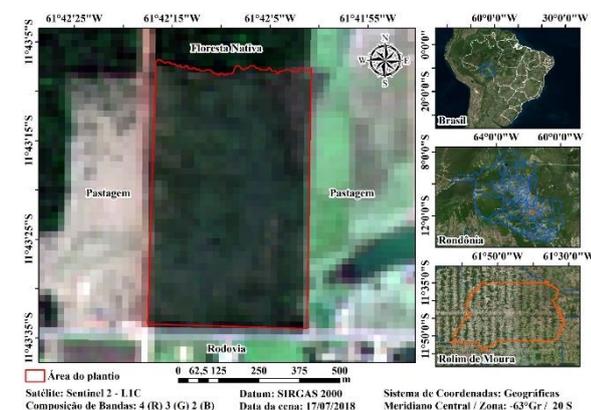


Figura 1 - Localização do plantio de bandarra (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) em Rolim de Moura - RO.

Fonte: Adaptado de USGS (2019).

2.2 Amostragem e coleta de serrapilheira acumulada

A serrapilheira foi coletada em 25 pontos, distribuídos em 5 linhas (Figura 2), espaçamento entre linhas de 85 m e entre pontos 150 m, considerando uma borda de 20 m, para facilitar a coleta do material em campo, armazenou-se os pontos em GPS (Sistema de Posicionamento Global).

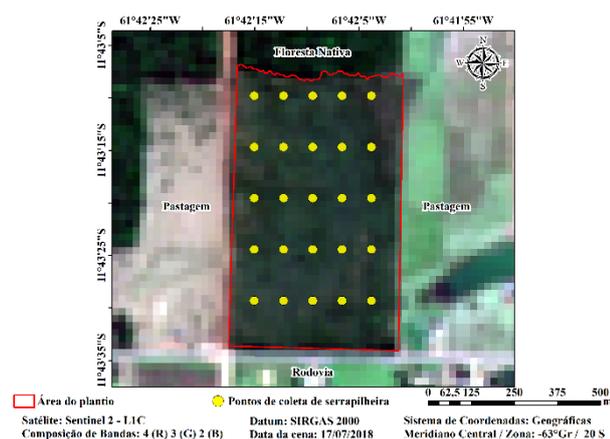


Figura 2 - Pontos de coletas de serrapilheira na área do plantio de bandarra (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), Rolim de Moura - RO. Fonte: Adaptado de USGS (2019).

Para coleta da serrapilheira em cada ponto, adotou-se a metodologia proposta por Areato (2003), utilizando-se gabarito de tubo de PVC (policloreto de vinila), com dimensões de 0,5 m x 0,5 m (0,25 m²) (Figura 3), lançado duas vezes

aleatoriamente em cada ponto. Todos os materiais contidos no gabarito foram acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados para encaminhamento ao laboratório.



Figura 3 - Coleta de serrapilheira nos pontos na área do plantio bandarra (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), Rolim de Moura - RO.

2.3 Determinação do teor de carbono

No laboratório, inicialmente realizou-se a triagem do material de cada sacola plástica, separando-se em folhas e galhos, e em seguida fora disposto em local arejado para pré-secagem, a fim de se remover o excesso de umidade contida no material, posteriormente, separou-se sub-amostras de aproximadamente 500 g de folhas e galhos para secagem em estufa com circulação forçada de ar com em temperatura de 65 °C ± 5 °C, até que se observasse massa constante.

Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 0,01 g, para a determinação massa seca. Na sequência, as amostras foram processadas em moinho tipo Wiley e submetidas ao peneiramento em malha de 20 mesh, para determinação do teor de carbono orgânico total (COT) de cada fração de serrapilheira.

Para determinação do teor de COT, empregou-se a metodologia descrita por Bezerra Neto e Barreto (2011), este método baseia-se na oxidação da matéria orgânica em contato com ácido sulfúrico e dicromato de potássio, e posterior dosagem, por titulação, do excesso de dicromato, com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal até que ocorra a mudança da coloração púrpura para uma coloração verde.



Ciências Agrárias

2.4 Obtenção dos mapas de interpolação para biomassa e teores de carbono da biomassa

Os procedimentos de preparo, tratamento de informações e elaboração dos mapas foram realizados utilizando-se o *software* SIG ArcGIS Desktop versão 10.3.1 (ESRI, 2018), com licença educacional sob o número de registro EVA346750770. O sistema de referência utilizado para todas as imagens foi SIRGAS 2000, zona 20S, meridiano central 63° WGr e sistemas de coordenadas geográficas.

Dessa forma, importou-se a planilha eletrônica contendo os dados de biomassa e teores de carbono da biomassa com suas respectivas coordenadas geográficas para o ambiente de trabalho do *software* ArcGis, por meio da ferramenta *add data* e, em seguida, utilizando-se a função *display x,y coordinates* plotou-se os pontos ambiente de trabalho do *software*. Na sequência, os dados foram exportados para um arquivo na extensão *shapefile*, com a feição do tipo ponto.

Na etapa seguinte, utilizou-se a rotina *Geoprocessing - Enviroments - Processing Extent - Raster Analysis* para delimitar a interpolação dos dados aos limites do arquivo *shapefile* do polígono do plantio em estudo. Posteriormente, aplicou-se a rotina *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Interpolation - IDW* para obtenção do *raster* com a interpolação dos valores biomassa e teores de carbono da biomassa por krigagem ordinária, por intermédio da execução do algoritmo IDW (inverso do quadrado da distância), adaptando-se a metodologia de Souza et al. (2016).

Por fim, os valores foram distribuídos em cinco classes equidistantes com intervalos de 1/4 desvios-padrão para gerar o zoneamento e facilitar a interpretação dos mapas, pois em pré-testes verificou-se que o aumento do número de classes não resultaria em benefícios à interpretação dos resultados devido ao intervalo de classes serem de amplitude muito pequena, essa estratégia também foi adotada para os mapas de índice de vegetação. Nesta etapa, utilizou-se a rotina *Layer Properties - Classified - Classify - Method - Standart Deviation - 1/4 Std Dev*, atribuindo-se o mesmo número de pixels para cada classe.

2.5 Aquisição e processamento das imagens orbitais

Foram utilizadas imagens multiespectrais do satélite Sentinel 2-B, sensor MSI (*multi-spectral instrument*), com resolução espacial de 10 metros,

aplicando-se a banda 04 (vermelho) e a banda 08 (infravermelho próximo), necessárias para composição dos índices de vegetação. As imagens foram adquiridas no catálogo de imagens do *United States Geological Survey* (USGS, 2018), selecionando-se do dia 23 de maio de 2018 devido ao menor percentual de cobertura por nuvens, nessa etapa e em todos os procedimentos descritos a seguir também se utilizou o *software* ArcGis 10.3.1

2.6 Obtenção dos índices de vegetação

O índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI), foi obtido por meio da diferença das bandas espectrais do vermelho (RED) e infravermelho próximo (NIR). Para isso utilizou-se a metodologia de Liu (2006), na qual o cálculo se faz pela diferença entre a reflectância na faixa do infravermelho próximo (NIR) e a reflectância na região do vermelho (RED) do espectro visível, dividido pela soma das mesmas, para sua normalização, para isso, nas imagens Sentinel 2-B foram utilizadas as bandas 4 (vermelho) e 8 (infravermelho próximo), conforme equação 1.

$$NDVI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V} \quad \text{Equação 1}$$

Em que: NDVI = Índices de vegetação por diferença normalizada; ρ_{IVP} = Reflectância da banda do infravermelho próximo; ρ_V = Reflectância da banda do vermelho.

Sendo assim, para execução do cálculo no ArcGis, seguiu-se a rotina *Windows - Image Analysis - NDVI* e rotina *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools - Reclass - Reclassify*. Na sequência, a fim de minimizar os efeitos do solo no sinal da vegetação, obteve-se o índice de vegetação ajustada ao solo SAVI, por meio do uso de valores de NDVI e de uma constante de ajuste do solo, o fator "L" (RÊGO et al., 2012). Com isso, seguindo as recomendações de Hentz et al. (2014), neste estudo, utilizou-se o fator "L" = 0,5 por se tratar de uma área com uma densa cobertura vegetal (Equação 2).

$$SAVI = \frac{(1 + L_s)(\rho_{IVP} - \rho_V)}{(L_s + \rho_{IVP} + \rho_V)} \quad \text{Equação 2}$$

Em que: SAVI = Determinação do índice de vegetação ajustado ao solo; ρ_{IVP} = Reflectância da banda do infravermelho próximo; ρ_V = Reflectância da banda do vermelho; L_s = Fator de ajuste do índice SAVI.

Ciências Agrárias

Já o índice de área foliar (IAF), foi obtido pela razão entre área foliar da vegetação pela unidade de área ocupada pela vegetação (ALLEN, 2002), como pode ser observado na equação 3.

$$IAF = - \frac{\ln \left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59} \right)}{0,91} \quad \text{Equação 3}$$

Em que: IAF = Índice de área foliar; Ln = Logaritmo natural; SAVI = Determinação do índice de vegetação ajustado ao solo.

2.7 Análise estatística

Os valores foram submetidos ao teste de correlação linear de Pearson ($p < 0,05$), a fim de identificar-se os fatores que se correlacionam com o acúmulo de serrapilheira e carbono distribuídos na área do plantio.

3. Resultados e Discussão

As estimativas dos valores de serrapilheira da fração correspondente as folhas variaram de 9,94 Mg ha⁻¹ ao valor máximo de 43,26 Mg ha⁻¹, apresentando média de distribuição de 19,04 Mg ha⁻¹. Na fração galhos apresentaram valores mínimo de 4,60 Mg ha⁻¹, até 39,36 Mg ha⁻¹, de máximo, correspondendo a uma média de distribuição na área de 14,99 Mg ha⁻¹ (Figura 4).

Deste modo, em relação a fração de folhas da serrapilheira, vale destacar que considerando a renovação das folhas durante as fases de crescimento da planta, que detalhe a distribuição da biomassa na área, em que a classe 5 apresenta o maior valor de acúmulo foliar depositada com valores no intervalo de 21,96 Mg ha⁻¹ a 43,25 Mg ha⁻¹, desta forma, sendo considerada a de maior significância no acúmulo de serrapilheira, em decorrência do período chuvoso da região, que influenciam na queda da parte área da vegetação.

Em relação a fração galhos da serrapilheira, a ação das chuvas e dos ventos pode apresentar uma maior importância no aporte de galhos finos (BRUN et al., 2001), fato que justifica o menor acúmulo de serrapilheira na fração galhos na área de estudo, pois, o período que ocorreu a coleta de material correspondia com período chuvoso da região, além da capacidade de auto poda da bandarra, conforme a Figura 4, que demonstra a distribuição dos galhos na classe 1, ou seja, com 4,60 Mg ha⁻¹ a 10,46 Mg ha⁻¹, propõem-se que este resultado seja por conta da quantidade de galhos finos.

Em contraponto, Areato (2003) assimila que a quantidade de galhos presente na serrapilheira

deve-se a fatores sazonais, considerando as mudanças de estação, da seca da qual o acúmulo de galhos foi intenso, para a chuvosa em que o acúmulo foi menor, caracterizando um padrão sazonal a queda dos ramos.

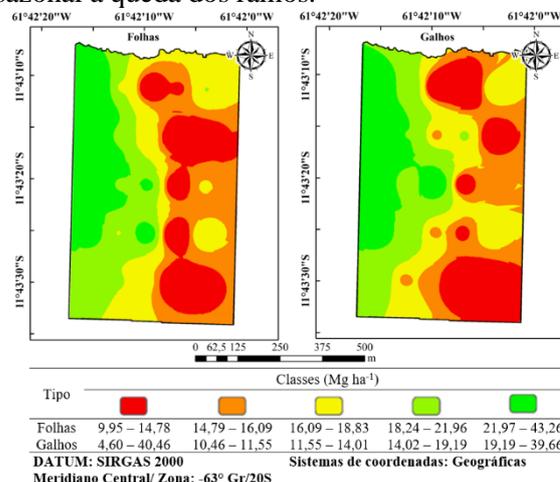


Figura 4 – Acúmulo e distribuição de serrapilheira (Mg ha⁻¹) nas frações de folhas e galhos do plantio de (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), Rolim de Moura - RO.

O teor de carbono presente na fração foliar da serrapilheira é de 36,63%, sendo a classe 3 a de maior distribuição na área, apresentando valores no intervalo entre 32,13% a 38,70%, corroborando com a afirmativa que a decomposição foliar apresenta uma dinâmica de decomposição mais rápida que a dos galhos (Figura 5), Ribeiro (2012) corrobora para sustentação desse argumento ao explicar que a superfície de contato das folhas é maior que outras regiões da planta, isso promove liberação do carbono de forma mais rápida ao solo, devido ao aumento da taxa de decomposição pela atuação mais intensa de microrganismos e agentes abióticos (umidade e temperatura).

Já na fração de galhos da serrapilheira o teor de carbono presente foi de 44,06%, sendo o valor de maior quantidade e distribuição em abundância na área de estudo é a classe 4, em que os valores estão entre o intervalo de 41,87% a 45,43%, deste modo, o valor obtido se justifica por conta da composição do material com altos teores de carbono e sua capacidade de resistir a decomposição.

Igualmente, Wastowski (2018), afirmam que as substâncias macromoleculares da composição química como a celulose, responsável por 45% da composição da madeira, confere maior nível de recalcitrância e, portanto, maior resistência à decomposição desses resíduos (COSTA et al., 2005).

Ciências Agrárias

Já em relação ao NDVI, os maiores valores foram observados em locais do plantio com maior densidade de plantas, deste modo, justificando a correlação de média intensidade entre NDVI e acúmulo de serrapilheira na fração de folhas e galhos (Tabela 1).

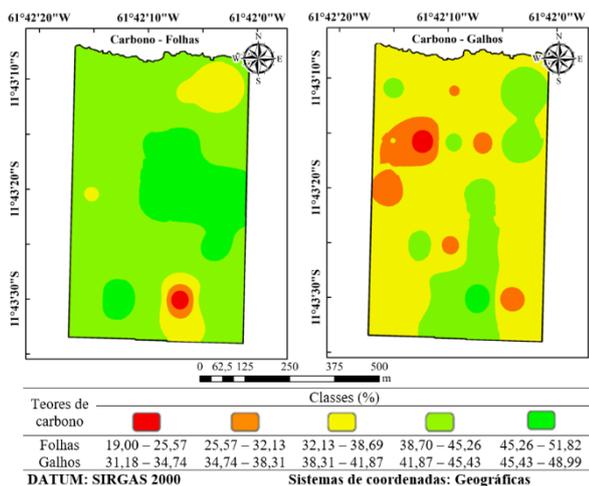


Figura 5 - Distribuição do teor de carbono orgânico (%) presente em serrapilheira na fração de galhos do plantio de (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), Rolim de Moura - RO.

Outro ponto a se destacar é que não há identificação de corpos de água, já que não se obteve valores de NDVI negativos (Figura 6), sendo que os menores valores foram registrados para locais, onde provavelmente existem falhas de

Tabela 1 – Matriz de correlação entre o acúmulo de serrapilheira, teor de carbono e os índices de vegetação na área do plantio de (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), Rolim de Moura - RO.

Parâmetros	SAVI	IAF	BIOFOL	BIOGAL	CAFOL	CAGAL
NDVI	0,99* (<i><0,05</i>)	0,86** (<i><0,01</i>)	0,42* (<i><0,05</i>)	0,41* (<i><0,05</i>)	-0,49** (<i><0,01</i>)	0,32 ^{ns} (<i>>0,05</i>)
SAVI		0,87** (<i><0,01</i>)	0,45* (<i><0,05</i>)	0,44* (<i><0,01</i>)	-0,46* (<i><0,05</i>)	0,33 ^{ns} (<i>>0,05</i>)
IAF			0,49* (<i><0,05</i>)	0,45* (<i><0,05</i>)	-0,47* (<i><0,05</i>)	0,33 ^{ns} (<i>>0,05</i>)
BIOFOL				0,88** (<i><0,01</i>)	-0,29 ^{ns} (<i>>0,05</i>)	0,25 ^{ns} (<i>>0,05</i>)
BIOGAL					-0,26 ^{ns} (<i>>0,05</i>)	0,00 ^{ns} (<i>>0,05</i>)
CAFOL						0,06 ^{ns} (<i>>0,05</i>)
CAGAL						-0,40* (<i><0,05</i>)

Em que: SAVI= Índice de Vegetação Ajustado ao Solo; NDVI= Índice de Vegetação da Diferença Normalizada; IAF= Índice de Área Foliar; BIOFOL= Fração foliar de serrapilheira; BIOGAL= Fração de galhos de serrapilheira; CAFOL= Teor de Carbono na fração foliar; CAGAL= Teor de Carbono na Fração de galhos; ns = não significativo; * e ** = coeficiente de correlação de Pearson significativo ao nível de 1% e 5%; números em itálico, abaixo do valor de cada correlação, representam sua probabilidade.

plântio, ou seja, com baixa refletância, justificado por possíveis desbastes no local ou a mortalidade dos árvores.

Ainda nesse contexto, não ocorreu correlação entre os teores de carbono da fração galhos e índices de vegetação, esses resultados têm relação com estudos realizados por Bolfe et al. (2012), nos quais explicam que os índices SAVI, NDVI e IAF são limitados para estimativas de carbono da biomassa, pois são algoritmos baseados na transformação de valores de refletância, calculados por meio de diferentes combinações lineares de respostas espectrais de vegetação verde.

Em adição, Bolfe et al. (2012) mencionam que as extrapolações das relações entre índices de vegetação e valores de biomassa em condições de campo, apresentam dificuldades não totalmente resolvidas, havendo necessidade de utilização de índices de vegetação ajustados por modelos matemáticos para esta finalidade (HENTZ et al., 2014).

Quando a correlação inversamente proporcional entre NDVI e teor de carbono foliar (Tabela 1), sua explicação está relacionada a variação da coloração da folha que, conforme Rissini (2015), é influenciada pela quantidade e condição da vegetação, sendo que amostras de biomassa com menor teor de clorofila e em estado de decomposição têm coloração insuficiente para refletância.

Outros estudos auxiliam na sustentação dos resultados, a exemplo de Rodrigues (2012) que verificou em vegetação de maior densidade e vigor valores de NDVI mais próximos de +1, por conta da relação entre as bandas do vermelho e do infravermelho. Da mesma maneira, Martins e Mascarenhas (2018), obtiveram resultados semelhantes ao estudarem impactos da exploração madeireira em florestas nativas na Amazônia, verificando que em locais de maior perturbação os valores de NDVI foram menores.

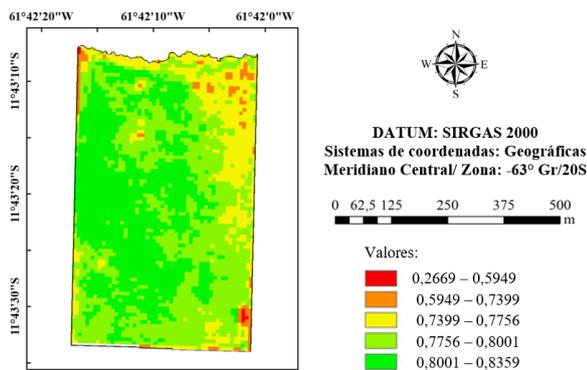


Figura 6 - Índices de vegetação NDVI na área do plantio de (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), Rolim de Moura - RO.

Já para o índice de vegetação SAVI, os valores variaram de 0,40 a 1,25, com valor médio de 1,19 (Figura 7). A distribuição dos valores de SAVI assemelham-se com a distribuição visualizada no NDVI, sendo que a classe com maior intensidade está compreendida no intervalo de 1,2002 a 1,2537. Esse resultado é dependente da colinearidade existente entre os índices, já que o SAVI e o IAF são calculados a partir do NDVI, o que explica as correlações observadas na Tabela 1.

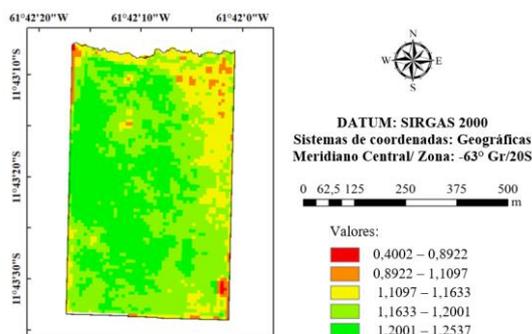


Figura 7 - Índices de vegetação SAVI na área do plantio de (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), Rolim de Moura - RO.

Corroborando com as explicações apresentadas, Rêgo (2012) explica que se espera semelhança entre SAVI e NDVI, pois diferenciam-se apenas pelo fator de ajuste “L” que é utilizado durante a equação de determinação do SAVI, modificando seus valores, mesmo utilizando as mesmas bandas espectrais.

Os valores obtidos na área de estudo Índice de vegetação IAF variam no intervalo de $-0,5390 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ a $1,0498 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, com valor médio de $0,9239 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ (Figura 8).

Esta maior amplitude de valores do IAF quando comparado com os índices NDVI e SAVI indica que o IAF apresentou maior potencial na distribuição e caracterização de classes. Dorigo et al. (2007) auxiliam no entendimento deste resultado, explicando que o IAF provoca aumento da reflectância, na banda do infravermelho próximo e aumento de absorção da radiação visível pelos pigmentos foliares ocasionado pela quantidade das folhas e forma da copa.

Verificou-se também que os valores de IAF concentraram-se no intervalo de $0,88 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ a $1,05 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ representado pela região do plantio com maior adensamento. Além disso, é importante salientar que as imagens utilizadas foram obtidas imediatamente após o período chuvoso da região (outubro a maio), momento em que a precipitação acumulada é de 1.900mm a 2.200mm e umidade relativa do ar em torno de 70% (Alvares et al., 2013), o que provavelmente ocasionou maior permanência e turgidez às folhas no período, potencializando a relação entre reflectância e absorbância para banda do infravermelho próximo.

Essa hipótese pode ser confirmada por Pompeu et al. (2009) e Oliveira et al. (2017), que observaram forte correlação entre o IAF e umidade local, afirmando que maiores valores de IAF estão em áreas com maior teor de água no solo e no ar.

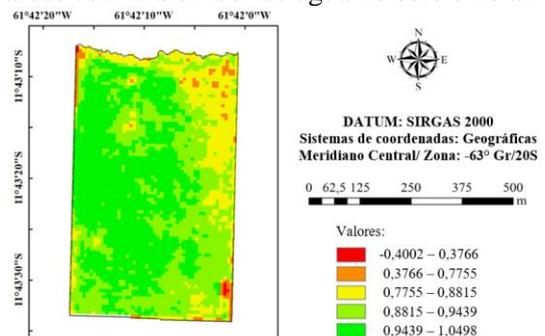


Figura 8 - Índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$) na área do plantio de (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), Rolim de Moura - RO.



Além disso, o SAVI apresenta uma correlação inversamente proporcional ao teor de carbono encontrado na fração folhas da serrapilheira, deste modo, quanto mais verde a coloração das folhas, menor a quantidade de carbono na serrapilheira por conta da não ocorrência da queda das folhas e consequente acúmulo ao solo.

Mediante ao exposto, a correlação positiva entre o SAVI e o NDVI demonstra a correlação diretamente proporcional, de forma a afirmar que o índice de SAVI ameniza os efeitos provenientes do solo causam no NDVI, deste modo, justificando assim os resultados de acúmulo de serrapilheira nas frações de folhas e galhos que com a deposição da biomassa, diminuem o solo exposto na área.

Contudo, de acordo com os dados de IAF, que é um parâmetro que resulta diretamente da refletância da cobertura vegetal, que apresentam a relação inversamente proporcional com o teor de carbono foliar, do qual refere-se ao acúmulo da fração foliar da serrapilheira. Este comportamento confirma-se pela correlação negativa entre IAF o teor de Carbono (Tabela 1), deste modo, o aumento do acúmulo de serrapilheira resulta em uma maior queda de folha, das quais são responsáveis pelas maiorias das reações metabólicas, como a fotossíntese e transpiração, sem as quais, podem causar déficit de nutrição a plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

4. Conclusão

Para fins de quantificação de biomassa e de carbono, os índices de vegetação podem apresentar boa correlação com estes parâmetros, contudo estão sujeitos a variações climáticas que podem reduzir a precisão das estimativas.

Verificou-se que o carbono da serrapilheira do plantio de bandarra pode contribuir para estocagem de carbono, apresentando-se como uma alternativa para o incentivo aos cultivos homogêneos de espécies nativas da Amazônia.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Rondônia pela infraestrutura e recursos humanos e à Lano da Amazônia LTDA pela disponibilização da área de estudo e informações.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. Os autores e revisores não relataram qualquer conflito

de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

- ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; BASTIAANSEN, W. SEBAL. **Surface energy balance algorithms for land. Idaho implementation, advanced training and user's manual. Version 1.0.** Idaho: University of Idaho, 2002. 98 p.
- ALMEIDA, E.M.; JÚNIOR, J.H.C.; FINGER, Z. Determinação do estoque de carbono em teca (*Tectona grandis* L.F.) em diferentes idades. **Ciência Florestal**, v.20, n.4, p. 559-568. 2010.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M. & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p. 711-728. 2013.
- AREATO, H.D.; MARTINS, S.V.; FERRARI, S.H.S. Produção e decomposição da serrapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa - MG. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.715-721. 2003.
- BATISTA, F.J.; FRANCEZ, L.M.B.; ALBA, E.; SCHUH, M.S.; FAVARIN, J.A.S.; SILVA, J.O.; HOFIÇO, N.S.; PEREIRA, R.S.; SEBEM, E. Comportamento Espectral de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) em Plantios com Diferentes Idades. **Anuário do instituto de geociências**, v.41, n.3, p.82-95. 2018.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas.** Recife: Editora Universitária da UFRPE. 2011. 267 p.
- BOLFE, E.L.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, M.C. Correlação de variáveis espectrais e estoque de carbono da biomassa aérea de sistemas agroflorestais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.47, n.9, p.1261-1269. 2012.
- BRASIL – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas.** Brasília: MAPA. 2018. 52 p.
- BRIANEZI, D.; JACOVINE, L.A.G.; SCHETTINI, B.L.S.; TORRES, C.M.M.E.; ROCHA, S.J.S.S.; VILLANOVA, P.H.; OLIVEIRA NETO, S.N. Balanço de carbono em monocultivo de eucalipto com diferentes arranjos espaciais. **Revista brasileira**



Ciências Agrárias

de agropecuária sustentável, v.9, n.1, p. 27-33. 2019.

BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; VACCARO, S.; SPATHELF, P. Relação entre a produção de serrapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual no RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.2, p. 277-285. 2001.

BUNTGEN, U.L.F.; KRUSIC, P.J.; PIERMATTEI, A.; COOMES, D.A.; ESPER, J.; MYGLAN, V.S.; KIRDYANOV, A.V.; CAMARERO, J.J.; CRIVELLARO, A.; KÖRNER, C. Limited capacity of tree growth to mitigate the global greenhouse effect under predicted warming. **Nature communications**, v.10, n.1, p. 2171-2177. 2019.

COSTA, G.S.; GAMA - RODRIGUES, A.C.; CUNHA, G.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serrapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no Norte Fluminense. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p. 563-570. 2005.

DORIGO, W.A.; ZURITA-MILLA, R.; DE WIT, A.J.W.; BRAZILE, J.; SINGH, R.; SCHAEPMAN, M.E. A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem modeling. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.9, n.1, p.165-193. 2007. doi.org/10.1016/j.jag.2006.05.003.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGIS Desktop, version 10.3.1**. Disponível em: <<http://www.desktop.arcgis.com/en/arcmap/latet/get-started/setup/arcgis-desktop-quick-start-guide.htm>>. Acesso em: 31 de jan. 2018.

FERRAZ, A.S.; SOARES, V.P.; SOARES, C.P.B.; RIBEIRO, C.A.A.S.; BINOTI, D.H.B.; LEITE, H.G. Estimativa do Estoque de Biomassa em um Fragmento Florestal Usando Imagens Orbitais. **Floram**, v.21, n.3, p.286-296. 2014.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HENTZ, A.M.K., RUZA, M.S.; DALLA CORTE, A.P.; SANQUETTA, C.R. Técnicas de sensoriamento remoto para estimativa de biomassa em ambientes florestais. **Enciclopédia biosfera**, v.10, n.18, p. 2810. 2014.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBA). **Relatório 2019**. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba>

-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 18 de nov. 2019.

LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2006. 908 p.

MARTINS, C.V.; MASCARENHAS, A.R.P. Uso de imagens multiespectrais na análise da cobertura vegetal em área de concessão florestal em Rondônia. **Anuários do IGEO**, v.41, n.2, p.104-116. 2018.

MOLION, C.B. Aquecimento Global: Uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.3, n.1, p. 2-18, 2008.

OLIVEIRA, T. H.; GALVÍNCIO, J. D; SILVA, J. S.; SILVA, C. A.V.; SANTIAGO, M. M.; MENEZES, J. B.; SILVA, H. A.; PIMENTEL, R. M. M. Análises de mudanças na paisagem nas margens do lago da barragem do rio da dona a partir do uso de técnicas do sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.6, n.4, p. 606-623, 2017.

POMPEU, R.C.F.F., TEIXEIRA, A. S.; MOREIRA, L. C. J.; DURAND, B. Caracterização temporal e balanço de radiação do Município de Pentecoste-CE utilizando dados SRTM e imagens do Landsat 5-TM. XIV **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009.

RÊGO, S.C.A., LIMA, P.P.S., LIMA, M.N.S., MONTEIRO, T.R.R. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI E SAVI no Município de São Domingos do Cariri - PB. **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1217-1229, 2012.

RIBEIRO, M.N.O.R.; CARVALHO, S.P.; PEREIRA, F.J.; CASTRO, E.M. Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, n.2, p. 354-361, 2012.

RISSINI, A.L.L.; KAWAKAMI, J.; GENU, A.M. Índice de vegetação por diferença normalizada e produtividade de cultivares de trigo submetidas a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.6, p. 1703-1713. 2015.

RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, B.T. Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI) em imagens CBERS 2B no Município de Botucatu – SP. **BioEng**, v.6 n.3, p. 139-147. 2012.

SANQUETTA, C.R.; SANQUETTA, M.N.I.; MAAS, G.C.B.; PELISSARI, A.L.; DALLA CORTE, A.P.; PIVA, L.R.O. Métodos de quantificação do estoque de carbono na biomassa de *Nectandra grandiflora* Nees em remanescente de Floresta Ombrófila Mista. **Acta Iguazu**, v.8, n.1, p.41-49. 2019.



Ciências Agrárias

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SOUZA, A.P.; STANGERLIN, D.M.; MELO, R.R.; ULIANA, E.M. Sazonalidade da umidade de equilíbrio da madeira para o Estado de Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.36, n.88, p. 423-434. 2012.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **"Rolim de Moura, Rondônia" Washington: NASA, 2018. Imagem Satélite, color. Satélite Sentinel 2-B, instrumento MSI. Data: 17 jul. 2018. Lat. 11°20'54.88"S °, Long. 61° 34'49.84 "W °. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 25 set. 2018.**

WASTOWSKI, A.D. **Química da madeira**. Rio de Janeiro: Interciência, 2018, 584 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **"Rolim de Moura, Rondônia" Washington: NASA, 2018. Imagem Satélite, color. Satélite Sentinel 2LC1, instrumento MSI. Data: 23 abril. 2018. Lat. 11°20'54.88"S °, Long. 61° 34'49.84 "W °. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 17 nov. 2019.**