



Núcleo de Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará
Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá
Belém, Pará, Brasil
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas>

Rudson Silva Oliveira

Universidade Federal do Paraná
rudsonoliveirapbs@gmail.com

Cícero Jorge Fonseca Dolácio

Universidade Federal do Paraná
cicerodolacio@ufpr.br

Eloisa Camilo Mossato

Universidade Federal do Paraná
eloisacamilo@outlook.com

Sandra Lúcia Soares Mayer

Universidade Federal do Paraná
sandra.lsmayer@gmail.com

Dimas Agostinho da Silva

Universidade Federal do Paraná
dimas.agostinho.silva@gmail.com

Recebido em: 2020-01-30
Avaliado em: 2020-07-09
Aceito em: 2020-08-02

ESTOQUE DE CARBONO E ENERGIA EM PLANTIOS DE *Eucalyptus* NA REGIÃO NORTE DO BRASIL

RESUMO: Os plantios florestais de *Eucalyptus* têm se destacado pelo seu rápido crescimento, elevada capacidade em estocar carbono e potencial energético. Entretanto, devido a incipiência de informações acerca desse gênero na Amazônia, nosso estudo buscou quantificar o estoque em carbono orgânico e energia potencial na biomassa dos diferentes componentes de *Eucalyptus* plantados no estado do Pará; e avaliar o seu potencial em sequestrar CO₂ atmosférico. Os dados são referentes a dois materiais genéticos (Clone A e Clone B) com 55 meses de idade, em que foram coletadas seis árvores amostras por clone. O experimento foi avaliando em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5 (Clone x Componente). Os resultados apontaram haver diferença significativa entre os componentes analisados; em que o fuste apresentou os maiores valores em acúmulo de carbono orgânico e energia potencial em sua biomassa; além de que ambos os clones apresentaram potencial em sequestrar CO₂ atmosférico.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia, Florestas energéticas, Energia da biomassa.

CARBON AND ENERGY STOCK IN *Eucalyptus* STANDS IN NORTH REGION OF BRAZIL

ABSTRACT: *Eucalyptus* forest stands have been notable for their rapid growth, high capacity to store carbon and energy potential. However, due to the incipience of information about this genus in the Amazon our study sought to quantify the stock of organic carbon and potential energy in the biomass of the different components of *Eucalyptus* planted in the state of Pará; and assess their potential in sequestering atmospheric CO₂. The data refer to two genetic materials (Clone A and

Clone B) at 55 months of age in which six samples were collected per clone. The experiment was evaluated in a completely randomized design in a 2x5 factorial scheme (Clone x Component). The results indicated that there was a significant difference between the analyzed components; where the stem presented the highest values in the accumulation of organic carbon and potential energy in its biomass; beyond that both clones showed potential in atmospheric CO₂ sequestration.

KEYWORDS: Amazon, Forest energetic, Energy of biomass.

ALMACENAMIENTO DE CARBONO Y ENERGÍA EN PLANTACIONES DE *Eucalyptus* EN EL NORTE DE BRASIL

RESUMEN: Las plantaciones forestales de eucalipto se han destacado por su rápido crecimiento, alta capacidad para almacenar carbono y potencial energético. Sin embargo, debido a la falta de información sobre este género en la Amazonía, nuestro estudio buscó cuantificar el stock de carbono orgánico y la energía potencial en la biomasa de los diferentes componentes de eucalipto plantados en el estado de Pará; y evaluar su potencial para secuestrar CO₂ atmosférico. Los datos se refieren a dos materiales genéticos (Clon A y Clone B) a los 55 meses de edad, en los que se recolectaron seis árboles de muestra por clon. El experimento se evaluó en un diseño completamente al azar en un esquema factorial 2x5 (Clon x Componente). Los resultados mostraron una diferencia significativa entre los componentes analizados; en el cual el tronco mostró los valores más altos en acumulación de carbono orgánico y energía potencial en su biomasa; además de que ambos clones mostraron potencial para secuestrar CO₂ atmosférico.

PALABRAS CLAVES: Amazonia, Bosque energético, Energía de biomasa.

INTRODUÇÃO

No contexto global de mudanças climáticas, o aumento na emissão de gases do efeito estufa tem recebido atenção mundial e para mitigar a emissão desses poluentes, combustíveis alternativos têm sido estudados em todo o mundo visando a

substituição das fontes fósseis (Lu; Chen, 2015), por este motivo, muitos pesquisadores tem despertado interesse nos últimos anos em pesquisar a importância das florestas no ciclo do carbono global (RATUCHNE et al., 2016).

As plantas apresentam uma característica natural de transformar substâncias inorgânicas presentes no ambiente como o carbono, hidrogênio e oxigênio, em biomassa, aumentando a capacidade em sustentar uma combustão devido ao acúmulo de carbono em sua estrutura, diminuindo as concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (PACHECO; HELENE, 1990).

Os plantios florestais, além de suprir a demanda das indústrias de base florestal por matéria-prima renovável, contribui para a mitigação das mudanças climáticas uma vez que durante o crescimento de uma floresta o carbono é removido da atmosfera e estocado em sua biomassa (SANQUETTA et al., 2018).

Para esta finalidade, os plantios de *Eucalyptus* se destacam devido ao seu rápido crescimento, elevada capacidade em fixar carbono em sua fitomassa e o potencial de uso bioenergético, por este motivo, as áreas plantadas desta espécie tem aumentado expressivamente nos últimos anos.

O Brasil apresenta extensas áreas plantadas com este gênero (5,7 milhões hectares), principalmente nas regiões sul e sudeste, entretanto, nos últimos anos estendeu-se para outras regiões (GARLET et al., 2016), com destaque para o incremento em área plantada de 4,4% nos estados que compõem a Amazônia Oriental, como Pará, Maranhão e Mato Grosso (IBÁ, 2017).

É possível encontrar estudos sobre a produção de biomassa e estoque de carbono em plantios de *Eucalyptus* para as regiões sul e sudeste, como os de Magnago et al. (2016) e Viera e Rodríguez-Soalleiro (2019); entretanto, para a região norte ainda são incipientes as pesquisas. Portanto, nosso trabalho vislumbrou preencher esta lacuna com informações relevantes acerca do potencial de povoamentos de *Eucalyptus* cultivados na região norte em produzir biomassa, bioenergia e assimilar dióxido de carbono.

Nesse contexto, sob a hipótese de que houvesse diferença no estoque em carbono e energia na biomassa dos

componentes folha, galho seco, galho verde, casca e fuste em indivíduos de *Eucalyptus*; o objetivo deste trabalho foi quantificar o estoque em carbono orgânico e energia potencial na biomassa dos diferentes componentes em plantios de *Eucalyptus* no estado do Pará; e avaliar o seu potencial em sequestrar dióxido de carbono atmosférico

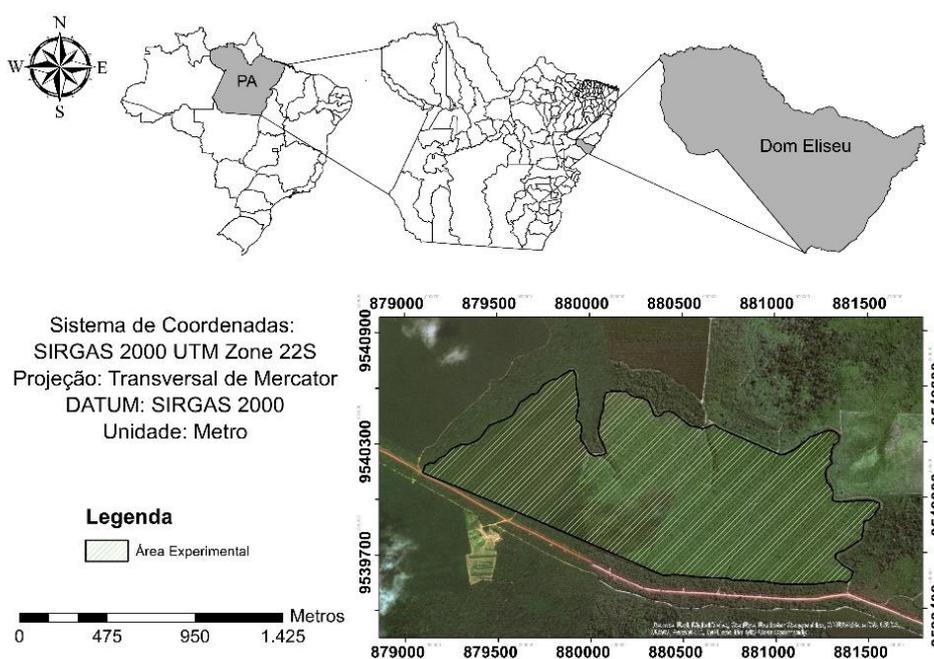
MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em plantios experimentais de *Eucalyptus* aos 55 meses de idade, implantados

sob espaçamento de 3x2 metros (m), situados nas coordenadas UTM 880220 L e 9539788 S, a 260 m de altitude, localizado no município de Dom Eliseu, pertencente a mesorregião sudeste do Estado do Pará (Figura 1).

Foram utilizados dois materiais genéticos, sendo *Eucalyptus urophylla* (Clone A) e um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus tereticornis* (Clone B), cada Clone estava implantado em áreas experimentais com 600 m² e com as mesmas condições fisionomoclimáticas.

Figura 1. Mapa de localização da pesquisa.



Fonte: Oliveira, 2019.

Para a determinação da biomassa verde e realização das análises foram escolhidas seis árvores, sendo estas cortadas o mais próximo do solo com auxílio de motosserra para um maior aproveitamento da biomassa aérea, logo em seguida, o indivíduo foi segregado em cinco componentes, fuste, galhos secos, galhos verdes, folhas e casca, e aferida sua massa verde ainda em campo.

Para a determinação do teor de matéria seca, carbono orgânico e poder calorífico superior foram coletados cerca de 0,5 kg de material dos componentes amostrados, exceto para o fuste, no qual foi retirado discos de 2,5 cm de espessura em cinco posições longitudinais, sendo elas a

2%, 10%, 30%, 50% e 75% da sua altura comercial, considerada até um diâmetro mínimo de 5 cm com casca conforme metodologia proposta por Downes et al. (1997).

Posteriormente, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 103 ± 5 °C até atingirem massa constante; de posse dos dados, a biomassa seca por componente foi calculada por meio da equação (1). O poder calorífico superior foi determinado em um calorímetro digital da marca IKA® modelo C5000, de acordo com as diretrizes da Astm (2004); o poder calorífico inferior, útil e o estoque em energia potencial foram calculados pelas equações (2), (3) e (4), respectivamente.

$$Bio = MU_i * (MS_i / MU_{ai}) \quad (1)$$

$$PCI = PCS - ((600 * 9H) / 100) \quad (2)$$

$$PCU = PCI * \left(\frac{100 - Ubu}{100} \right) - (6 * Ubu) \quad (3)$$

$$EP = Bio * PCU \quad (4)$$

Em que: Bio = biomassa seca por componente ($Mg \text{ ha}^{-1}$); MU_i = massa verde por componente ($Mg \text{ ha}^{-1}$); MS_i = massa seca da amostra ($Mg \text{ ha}^{-1}$) e MU_{ai} = massa verde da amostra ($Mg \text{ ha}^{-1}$); PCI = poder calorífico inferior ($kcal \text{ kg}^{-1}$); PCS = poder calorífico superior ($kcal \text{ kg}^{-1}$); 600 = calor latente de condensação da água ($kcal \text{ kg}^{-1}$); H = teor de hidrogênio na biomassa, adotado como 6% neste trabalho; PCU = poder calorífico útil ($kcal \text{ kg}^{-1}$); Ubu = umidade na base úmida (%); EP = estoque em energia potencial ($Gcal \text{ ha}^{-1}$).

A determinação do carbono orgânico foi realizada por combustão a seco em um analisador elementar da marca LECO® modelo C-144, e o estoque em carbono foi estimado a partir da equação (5). A quantificação do CO₂ atmosférico bruto sequestrado

$$EC = Bio * TCo \quad (5)$$

$$CO_2 = C * \frac{44}{12} \quad (6)$$

Em que: EC = estoque em carbono orgânico (Mg ha⁻¹); TCo = teor de carbono orgânico (%); CO₂ = dióxido de carbono assimilado (Mg ha⁻¹).

O experimento foi avaliado em delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial de 2x5 (Clone x Componente) e com seis réplicas (árvores amostras). Os dados foram analisados com o auxílio do *software* R versão 3.5.1 (R CORE TEAM, 2018), a partir da análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0.05$) e quando as diferenças foram significativas, aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0.05$) para a comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os materiais genéticos, conforme a Tabela 1, apresentaram pouca variação

pelos materiais genéticos foi calculado por estequiometria (6), assumindo os valores das massas atômicas: C = 12 g mol⁻¹ e O = 16 g mol⁻¹, logo CO₂ = 44 g mol⁻¹, de acordo com Sanquetta et al. (2018).

para diâmetro e altura total, entretanto, uma elevada produtividade, com volumes acima de 210 m³ ha⁻¹ e incrementos superiores a 44 m³ ha⁻¹ ano⁻¹; a densidade básica da madeira variou de 438 – 489 kg m⁻³ e a umidade oscilou entre 11 – 72% para os componentes.

A massa seca total acima do solo é o somatório da biomassa seca de todos os componentes que compõem o indivíduo arbóreo, logo, a relação entre a biomassa seca do componente e a massa seca total da árvore indica quanto cada componente representa da massa seca total do indivíduo.

Tabela 1. Valores médios das variáveis dendrométricas e para densidade básica dos materiais genéticos de *Eucalyptus* cultivados no Pará

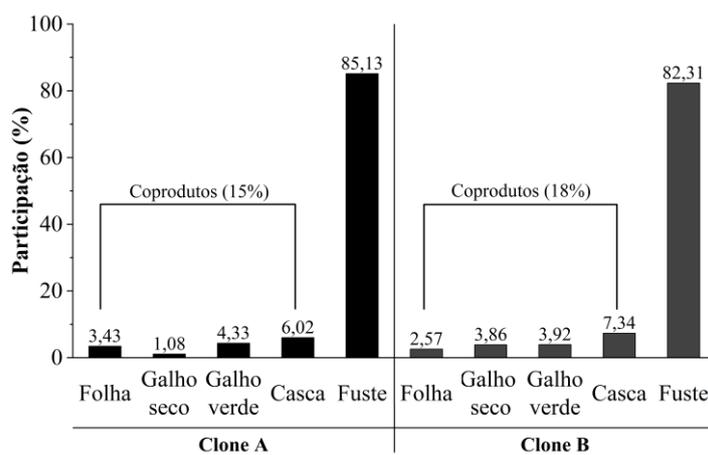
Material Genético	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume ($m^{-3} ha^{-1}$)	IMA ($m^{-3} ha^{-1} ano^{-1}$)	Densidade básica ($kg m^{-3}$)
Clone A	13,91	23,01	211,60	45,02	489
Clone B	14,46	21,07	210,13	44,71	438

Em que: DAP = diâmetro a 1,30 metros do solo.

Na Figura 2 é demonstrada a representatividade de cada componente na composição da massa seca total das árvores em cada um dos clones estudados. Em ambos os materiais genéticos o fuste foi o que mais contribuiu (>82%) na produção de matéria seca nos indivíduos

arbóreos, seguido por casca, galhos e folhas, sendo estes últimos considerados os coprodutos florestais resultante da atividade de colheita do fuste, que para os Clone A e B correspondem a 15% e 18%, respectivamente.

Figura 2. Participação dos componentes na massa seca total dos clones



A grande contribuição do componente fuste em espécies de *Eucalyptus* cultivadas em plantios homogêneos já era esperada, visto que a produção de xilema secundário é o

principal produto da atividade fotossintética, podendo haver variações influenciadas por fatores genéticos do indivíduo ou

edafoclimáticas do ambiente (OLIVEIRA, 2019).

Os elevados percentuais encontrados para casca e folha podem interferir no desempenho energético destes componentes como combustíveis, uma vez que estes apresentam elevados percentuais de materiais inorgânicos em sua composição química, o que afeta negativamente na quantidade de energia a ser liberada durante o processo de combustão completa.

Os coprodutos florestais apesar de apresentarem potencial para uso bioenergético como fonte primária de energia em sistemas de conversões diretos (exemplo: caldeiras de biomassa), são deixados no campo contribuindo para a ciclagem de nutrientes, estoque de carbono orgânico no solo, além da conservação de suas características físicas.

A produção de energia a partir da biomassa pode ser considerada um processo de carbono neutro uma vez que os indivíduos vegetais tem a capacidade de assimilar o CO₂ atmosférico a partir da atividade

fotossintética durante o seu crescimento e libera-lo quando transformada em energia via combustão completa, diferentemente dos combustíveis fósseis que apenas contribuem para aumento da quantidade de CO₂ atmosférico durante a sua degradação térmica (CROW et al., 2016).

A análise de variância revelou haver diferença significativa entre os fatores analisados para a variável PCS, com destaque para o Clone B que apresentou as maiores médias para fuste e folha (Tabela 2); ao comparar as médias dos componentes observou-se que as folhas foram responsáveis pelas maiores médias, enquanto que a casca os menores valores em energia.

A quantidade de energia liberada pela biomassa durante o processo de combustão é um dos principais indicativos de qualidade para seu emprego bioenergético, logo, com exceção da casca, todos os componentes de ambos os materiais genéticos apresentaram resultados satisfatórios visando seu emprego

energético, com resultados médios acima de 4300 kcal kg⁻¹.

No presente estudo, o teor de carbono orgânico médio variou de 39% a 49,5%; e de acordo com a análise de variância para esta variável,

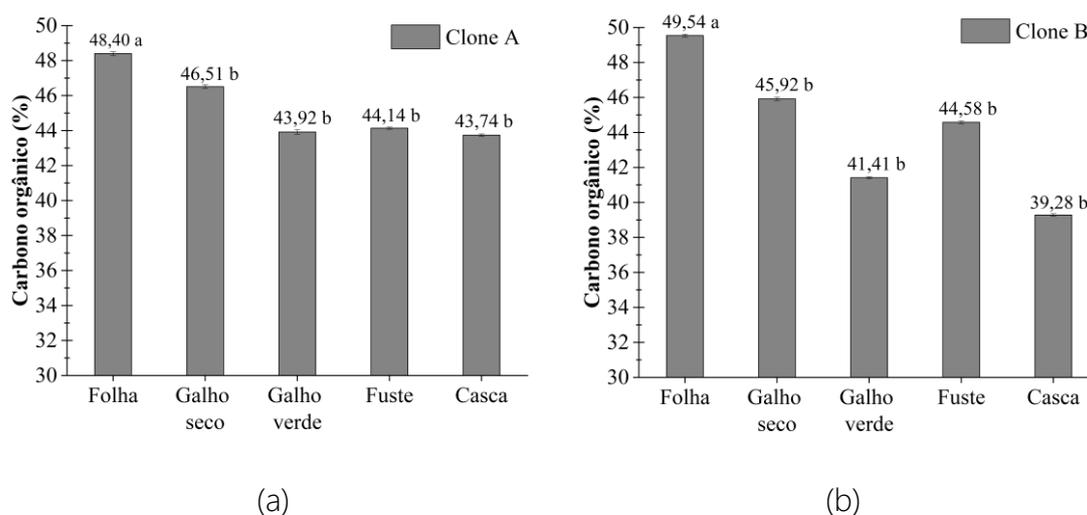
apenas para o fator componente foi detectado diferença estatística, em que as folhas apontaram haver maior concentração deste elemento (Figura 3a e 3b).

Tabela 2. Valores médios para o Poder calorífico superior dos materiais genéticos de *Eucalyptus* cultivados no Pará

Componente	Material genético	
	Clone A	Clone B
	Poder calorífico superior (kcal kg ¹)	
Folha	5027 ± 1,63 Ba	5060 ± 2,90 Aa
Galho Seco	4627 ± 2,17 Ab	4582 ± 2,79 Bc
Galho Verde	4591 ± 1,31 Ac	4386 ± 3,14 Bd
Fuste	4588 ± 1,60 Bd	4599 ± 1,27 Ab
Casca	4124 ± 1,91 Be	4261 ± 1,40 Ae

Letras maiúsculas seguidas da mesma letra não diferem entre os clones; letras minúsculas seguidas da mesma letra não diferem entres os componentes.

Figura 3. Percentual de carbono orgânico em materiais genéticos de *Eucalyptus* cultivados no Pará.



O percentual de carbono presente na composição química da fração orgânica pode variar de 45% a 50% entre os componentes dos indivíduos arbóreos (RIZVI et al. 2011); entretanto, Viera e Rodríguez-Soalleiro (2019), verificaram que o teor de carbono orgânico nos diferentes componentes de híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* aos 10 anos de idade, cultivados na região Sudeste do Brasil, diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) com destaque para a casca (45%) e folha (55%) mostrando que o conteúdo de carbono pode ser superior a 50%.

Corroborando com resultados verificados neste trabalho, Kumar et al. (2019), verificaram que o conteúdo de carbono variou de 43% a 45% entre os diferentes componentes da biomassa de *Eucalyptus tereticornis* cultivados no nordeste da Índia.

Os altos valores encontrados para PCS e carbono orgânico das folhas podem ser relacionados a quantidade de material extrativo, óleos essenciais, resinas e alguns carboidratos que se degradam a baixas temperaturas

durante a combustão, sendo que esses resultados vão de encontro ao observado por Simetti et al. (2018) para espécies do gênero *Eucalyptus*.

Para as variáveis massa seca, estoque de carbono e energia potencial (Tabela 3) a análise de variância apontou não haver diferença significativa para a interação, indicando que os fatores são independentes, sendo que apenas os componentes apresentaram significância.

O componente fuste foi o que demonstrou as maiores médias diferindo dos demais, por ser a parte que mais contribui para composição de biomassa seca total da árvore, seguido da casca, galhos e folhas. O Clone A se destacou por apresentar a maior produção de biomassa ($90,5 \text{ kg ar}^{-1}$), estoque de carbono orgânico ($40,1 \text{ kg ar}^{-1}$) e energia potencial ($382 \text{ Mcal kg}^{-1} \text{ ar}^{-1}$).

A produção de biomassa individual influenciou na produtividade do povoamento dos Clones A (102 Mg ha^{-1}) e Clones B (96 Mg ha^{-1}), este resultado em função do teor de carbono e do valor energético resultou

em 45 Mg ha⁻¹ e 42 Mg ha⁻¹ de estoque de carbono e 433 Gcal ha⁻¹ e 406 Gcal ha⁻¹ de estoque em energia potencial para os Clone A e B, respectivamente.

Tabela 3. Valores médios das variáveis massa seca, estoque em carbono e energia potencial dos materiais genéticos de *Eucalyptus* cultivados no Pará.

Componente	Material genético		
	Clone A		
	Massa Seca (kg arv ⁻¹)	Estoque Carbono (kg arv ⁻¹)	Estoque Energia Potencial (Mcal kg ⁻¹ arv ⁻¹)
Fuste	77,12 ± 3,16 a	34,04 ± 2,09 a	326,93 ± 6,51 a
Casca	5,46 ± 0,78 b	2,39 ± 0,51 b	20,57 ± 1,51 b
Galho Verde	3,93 ± 1,05 b	1,73 ± 0,70 b	16,65 ± 2,16 b
Galho Seco	0,98 ± 0,55 b	0,45 ± 0,38 b	4,20 ± 1,13 b
Folha	3,11 ± 1,02 b	1,51 ± 0,72 b	14,60 ± 0,72 b
Clone B			
Fuste	68,66 ± 3,88 a	30,61 ± 2,60 a	291,00 ± 8,01 a
Casca	6,12 ± 1,10 b	2,41 ± 0,70 b	23,93 ± 2,17 b
Galho Verde	3,27 ± 0,81 b	1,35 ± 0,52 b	13,21 ± 1,63 b
Galho Seco	3,22 ± 1,19 b	1,48 ± 0,81 b	13,68 ± 2,46 b
Folha	2,15 ± 0,84 b	1,07 ± 0,60 b	10,10 ± 1,83 b

Letras minúsculas seguidas da mesma letra não diferem entres os componentes.

A energia potencial de qualquer biomassa lignocelulósica está diretamente relacionada com a quantidade de massa seca e seu respectivos valor energético, portanto, materiais com elevado poder calorífico e alta produção de biomassa seca apresentaram maiores estoques em energia, sendo ideal para utilização bioenergética (MAGNANO et al., 2016).

O acúmulo de biomassa observado em ordem decrescente foi fuste > casca > galho verde > galho seco e folhas, sendo que o estoque de

carbono orgânico foi diretamente influenciado pela quantidade de massa seca dos indivíduos uma vez que o percentual de carbono não apontou variações significantes.

Analisando o estoque de carbono nos diferentes componentes, o fuste novamente se destacou por ser responsável por 76% e 73% da fixação de carbono orgânico na biomassa total acima do solo para os Clones A e B, respectivamente; resultado satisfatório para plantios homogêneos de curta rotação.

Em plantios de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* com 10 anos de idade, Viera e Rodríguez-Soalleiro (2019) observaram que o fuste foi responsável por 87% do estoque de carbono orgânico; entretanto, Gatto et al., (2011) estudando árvores de *Eucalyptus* spp. aos 8 anos verificaram que a contribuição do fuste foi de 65%, sendo esta diferença explicada pelo fato dos autores considerarem a biomassa das raízes.

Já Magnago et al., (2016) constataram que em híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos 12 meses de idade o fuste corresponde a apenas 50% do estoque de carbono do indivíduo. Isto ocorre porque nos estágios iniciais de crescimento do plantio há um acúmulo de carboidratos na parte superior da árvore favorecendo a produção da copa, apresentando percentuais similares em relação ao fuste.

A relação entre a copa e o fuste com o passar dos anos muda, pois, as copas das árvores entram em um estágio de competição por espaço diminuindo a quantidade de folhas e galhos,

enquanto o desenvolvimento do fuste aumenta. Logo, a participação do componente fuste no estoque de carbono orgânico total em plantios homogêneos de *Eucalyptus* spp. tende a ser maior com o aumento da idade do povoamento florestal.

Os elevados estoques de carbono não necessariamente refletem o potencial de sequestro de carbono (KUMAR et al., 2019); para tanto, deve-se calcular a taxa de assimilação de CO₂ realizada pelo povoamento. De modo geral, os Clones A e B foram responsáveis por assimilarem 166 Mg ha⁻¹ e 155 Mg ha⁻¹ de CO₂ atmosférico bruto, respectivamente, durante o período de desenvolvimento do povoamento (Figura 4).

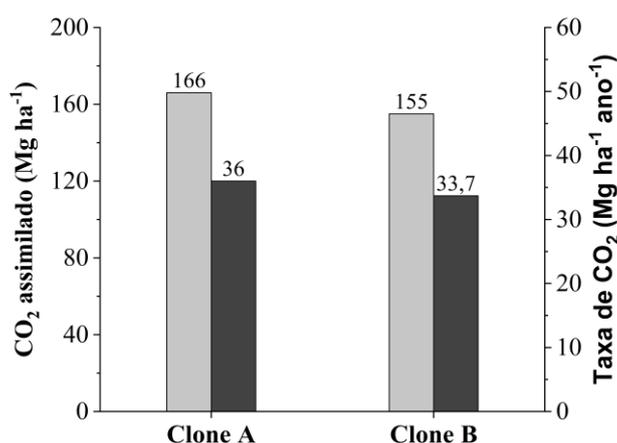
A taxa de assimilação de CO₂ verificada para a biomassa seca acima do solo para os materiais em estudo foram de 36 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e 33,7 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo superior aos 11,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ relatado por Viera e Rodríguez-Soalleiro (2019) em plantios de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* com 10 anos de idade e aos 14,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ encontrados por

Gatto et al. (2011) em plantios de *Eucalyptus* spp. na região Centro-Leste de Minas Gerais.

As características fisiológicas e a boa adaptabilidade do material genético aos sites da região norte, podem ser os

principais motivos para um melhor desempenho na assimilação de CO₂ e, conseqüentemente, maior acúmulo de carbono orgânico e energia potencial na biomassa dos indivíduos em relação as demais regiões do país.

Figura 4. Taxa de assimilação e quantidade total de CO₂ removido por materiais genéticos de *Eucalyptus* cultivados no Pará



Ao avaliar plantios com híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com 4, 7, 10, 13 e 21 anos na província de Guangxi, localizada em região subtropical da China, Zhou et al., (2017) concluíram que o povoamento alcançou o pico máximo de assimilação de CO₂ 10 anos após o plantio com uma taxa de 20,7 Mg ha⁻¹

ano⁻¹ (considerando o carbono estocado nas raízes e solo) e que aos 21 anos o incremento foi inferior aos anos iniciais do povoamento (3,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), sugerindo um prolongamento do tempo de rotação visando otimizar o estoque de carbono.

Neste estudo avaliou-se apenas a biomassa acima do solo em um único estágio de crescimento do plantio (55 meses) e por isso, não foi possível inferir em que período o plantio apresentará a máxima taxa de assimilação e sequestro de CO₂, portanto, recomenda-se que em trabalhos futuros avaliem a biomassa do sistema radicular e do solo em diferentes períodos de desenvolvimento do povoamento.

Os plantios com *Eucalyptus* na região norte são destinados para atender a demanda das indústrias do setor florestal por matéria-prima renovável e sustentável para a produção de fibras, cavacos de madeira e energia. A nossa pesquisa revelou que os elevados valores encontrados para o estoque em energia potencial e de CO₂ atmosférico assimilado evidenciam que plantios com os materiais genéticos avaliados apresentam potencial para a geração de bioenergia, além de promover a fixação de CO₂ contribuindo para a redução dos gases do efeito estufa, prestando um importante serviço ambiental.

CONCLUSÃO

Os componentes avaliados foram diferentes estatisticamente, confirmando a hipótese levantada pela pesquisa. O Fuste é o componente com maior produção de biomassa e, conseqüentemente, responsável por um elevado estoque de carbono orgânico e energia potencial.

Ambos os materiais genéticos apresentam potencial em sequestrar CO₂ atmosférico, entretanto, o Clone A é o que mais se destacou quanto à quantidade de carbono e energia potencial estocada em sua biomassa, sendo este um material potencial para o cultivo visando o uso bioenergético.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas. Ao Laboratório de Energia de Biomassa (LEB) e ao Centro de Excelência em Pesquisas sobre Fixação de Carbono na Biomassa (BIOFIX) da Universidade Federal do Paraná por

toda infraestrutura para a realização das análises. Ao grupo Concrem, em especial à Concrem Wood, pelo subsídio e pelo fomento da pesquisa em suas áreas experimentais.

REFERÊNCIAS

ASTM INTERNATIONAL. E711-87: **Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter**. West Conshohocken, 2004.

CROW, S. E.; REEVES, M.; TURN, S.; TANIGUCHI, S.; SCHUBERT, O. S.; KOCH, N. Carbon balance implications of land use change from pasture to managed eucalyptus forest in Hawaii. **Carbon Management**, v. 7, p. 171 – 181, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/17583004.2016.1213140>

DOWNES, G. M.; HUDSON, I. L.; RAYMOND, C. A.; DEAN, G. H.; MICHELL, A. J.; SCHIMLECK, L. R.; EVANS, R.; MUNERI, A. **Sampling plantation eucalypts for wood and fiber properties**. 1. ed. Melbourne: CSIRO, 1997.

GARLET, J.; COSTA, E. C.; BOSCARDIN, J. Levantamento da entomofauna em plantios de *Eucalyptus* spp. por meio de armadilha luminosa em São Francisco de Assis – RS. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 365 – 374, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509822737>

GATTO, A.; BARROS, N. F de; NOVAIS, R. F de; SILVA, I. R de; LEITE, H. G.; VILLANI, E. M. de A. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 35, p. 895 – 905, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000500015>

KUMAR, P.; MISHRA, A. K.; KUMAR, M.; CHAUDHARI, S. K.; SINGH, R.; SINGH, K.; RAI, P.; SHARMA, D. K. Biomass production and carbon sequestration of *Eucalyptus tereticornis* plantation in reclaimed sodic soils of north-west India. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 89, p. 1091 – 1095, 2019.

LU, J. J.; CHEN, W. H. Investigation on the ignition and burnout temperatures of bamboo and sugarcane bagasse by thermogravimetric analysis. **Applied Energy**, v. 160, p. 49 – 57, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.026>

MAGNAGO, L. M.; ARANTES, M. D. C.; VIDAURRE, G. B.; MOULIN, J. C.; TRUGILHO, P. F. Energy estimate and carbon stock in short-rotation *Eucalyptus* stands. **Cerne**, v. 22, p. 527 – 534, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201622042209>

OLIVEIRA, R. S. **Produção e qualidade energética de clones de Eucalyptus cultivados na Amazônia Oriental**, Curitiba, 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

PACHECO, M. R. P dos S.; HELENE, M. E. M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂. **Estudos Avançados**, v. 4, p. 204 – 220, 1990. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141990000200010>

R CORE TEAM, R. R: **A language and environment for statistical computing**. Viena, Austria. R Foundation for Statistical Computing, 2018.

RATUCHNE, L. C.; KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHAMNE, P. A. Estado da arte na quantificação de biomassa em raízes de formações florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 450 – 462, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.131515>

RIZVI, R. H.; DHYANI, S. K.; YADAV, R. S.; SINGH, R. Biomass production and carbon stock of poplar agroforestry systems in Yamunanagar and Saharanpur districts of northwestern India. **Current Science**, v. 100, p. 736 – 742, 2011.

SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; PELISSARI, A. L.; TOMÉ, M.; MAAS, G. C. B.; SANQUETTA, M. N. I. Dynamics of carbon and CO₂ removals by Brazilian forest plantations during 1990–2016. **Carbon Balance and Management**, v. 13, p. 20 – 22, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13021-018-0106-4>

SIMETTI, R.; BONDUELLE, G. M.; SILVA, D. A. da; MAYER, S. L. S.; SOUZA, H. P.; MUNIZ, G. I. B. de. Production of biomass and energy stock for five *Eucalyptus* species. **Revista Ciência da Madeira**, v. 9, p. 30 – 36, 2018.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15210/cmadv9i1.10482>

VIERA, M.; RODRIGUÉZ-SOALLEIRO, R. A complete assessment of carbon stocks in above and belowground biomass components of a hybrid eucalyptus plantation in southern Brazil. **Forests**, v. 10, p. 536 – 548, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10070536>

ZHOU, X.; WEN, Y.; GOODALE, U. M.; ZUO, H.; ZHU, H.; LI, X.; YOU, Y.; YAN, L.; SU, Y.; HUANG, X. Optimal rotation length for carbon sequestration in *Eucalyptus* plantations in subtropical China. **New Forests**, v. 48, p. 609 – 627, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9588-2>