

TEORES DE CARBONO MÉDIOS PARA COMPARTIMENTOS E ESPÉCIES FLORESTAIS

Samuel Alves da Silva¹; Ana Paula Dalla Corte²; Carlos Roberto Sanquetta³;
Aurélio Lourenço Rodrigues⁴; Tauane Garcia Barreto⁵

- 1- Acadêmico de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná
(ssilva.alves@yahoo.com.br)
- 2- Eng. Florestal, Dra., Professora da Universidade Federal do Paraná
- 3- Eng. Florestal, Ph.D., Professor da Universidade Federal do Paraná
- 4- Doutorando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná
- 5 – Mestranda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná
Centro BIOFIX de Pesquisa em Biomassa e Sequestro de Carbono
Universidade Federal do Paraná – UFPR
Av. Lothário Meissner, 900 – Jardim Botânico
Curitiba – PR 80.210-170 – Brasil

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação dos padrões de teores de carbono em diferentes espécies florestais e seus compartimentos, Centro de Excelência em Pesquisas sobre Fixação de Carbono – BIOFIX, localizado na Universidade Federal do Paraná – UFPR na cidade de Curitiba, Paraná. Para tanto, utilizou-se uma base de dados de teores de carbono de espécies florestais, provenientes do determinador de carbono LECO 144 composta por 5.577 amostras contendo informações de 100 espécies florestais. Também foi realizada uma avaliação desse tema em literatura científica, a fim de observar os valores de teores médios de carbono apresentados por diferentes autores para as mesmas espécies na literatura. Foi aplicada uma análise de variância seguida de uma análise de agrupamento por distância euclidiana para as espécies e seus compartimentos em função das semelhanças de teores de carbono, nesse processo foram levadas em consideração apenas as espécies que atenderam o critério de possuírem pelo menos 30 repetições por espécie, totalizando 900 amostras e 30 espécies que participaram da avaliação, as demais amostras foram descartadas dessa análise. Os teores de carbono variaram entre 47,4% e 34,89%. As espécies que apresentaram os maiores teores foram: *Carapa guianensis* e *Pinus sp.* As espécies que apresentaram os menores teores foram: *Combretum sp.* e *Balanites aegyptiaca*. Na análise de agrupamento os compartimentos formaram dois grandes grupos, o primeiro composto por acículas, galho vivo e raiz e o segundo, casca, colmo, folhas, galho vivo e madeira, nessa ordem. Já as espécies formaram quatro grupos, sendo o primeiro composto por 10 espécies, o segundo composto por 6, o terceiro grupo composto por 5, e o quarto grupo composto por 6 espécies, além de três espécies desagregadas que ficaram distantes dos demais.

PALAVRAS-CHAVE: fixação de carbono, árvores, análise de agrupamentos;

AVERAGE CARBON CONTENT OF COMPARTMENTS AND FOREST SPECIES

ABSTRACT

This work has as objective the evaluation of patterns of carbon contents in different forest species and their compartments. Was Held for Center of Excellence in Research on Carbon Fixation - BIOFIX, located at the Federal University of Paraná - UFPR in the City of Curitiba, Paraná. For this, was used a database of carbon contents of forest species, coming from the LECO 144 determinator of carbon composed of 5.577 samples containing information of 100 forest species. Also a review was performed on this theme in the scientific literature, to observe the values of the average carbon content presented by different authors for the same species in the literature. An analysis of variance was applied followed by a cluster analysis by Euclidean distance between the species and their compartments due to the similarities of carbon content. In the process were taken into account only the species that met the criterion of having at least 30 repetitions per species, totaling 900 samples and 30 species participated in the evaluation and the other samples were discarded from this analysis. The carbon content varied between 47.4% and 34.89%. The species that showed the highest levels were *Carapa guianensis* and *Pinus* sp. The species that showed the lowest levels were *Combretum* sp. and *Balanites aegyptiaca*. Cluster analysis formed two groups, the first consisting of needles, live branch and root and the second, bark, stem, leaf, twig and live wood in that order. Species already formed four groups, the first consisting of 10 species, the second consisting of 6, the third group of 5, and the fourth group consists of six species, and three species that were broken away from the rest.

KEYWORDS: carbon fixations, trees, cluster analysis;

INTRODUÇÃO

As ações antrópicas têm sido consideradas responsáveis por uma série de prejuízos ambientais, como a poluição atmosférica, a depleção da camada de ozônio, poluição da água e solo, perda de riquezas minerais, diminuição da biodiversidade, crescimento populacional e elevação das concentrações de CO₂ atmosférico. Esse excesso na concentração do gás carbônico é resultado do uso irracional dos recursos naturais, sejam eles renováveis ou não renováveis, como respectivamente o desmatamento desenfreado, e a queima de combustíveis fósseis, que são conhecidos como duas das maiores atividades poluentes e liberadoras de gás carbônico, que por ser o principal gás de efeito estufa, contribuem significativamente para o aquecimento global (CRACKNELL et al., 2009).

Nos anos 90 eram grandes as pressões para a criação de um tratado mundial para cuidar deste tema. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) responderam a essas pressões criando um grupo de trabalho intergovernamental que se encarregou de preparar as negociações desse tratado. Desde então, fizeram-se enormes progressos na área científica - podendo citar a criação do Painel Intergovernamental em Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) e na área política - com a Organização das Nações Unidas estabelecendo o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção- Quadro sobre Mudança do Clima (INC/FCCC), que mais tarde culminou na criação a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC (*UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change*) (CENAMO, 2011).

Atualmente a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), assinada no Rio de Janeiro em 1992 durante a Conferência das Nações Unidas do Ambiente e Desenvolvimento e o Protocolo de Quioto de 1997, define que os países industrializados deveriam reduzir em pelo menos 5,2% suas emissões combinadas de GEE em relação aos níveis de 1990. Para que o Protocolo de Quioto entrasse em vigor ficou decidido que, seria necessária a ratificação de pelo menos 55 países, e que juntos deveriam corresponder por pelo menos 55% das emissões globais de GEE. Ao ser ratificado em dezembro de 2004, o protocolo passou a vigorar no prazo de 90 dias da data de ratificação, sendo que passou a ser um compromisso legal vinculando todas as Partes envolvidas, e a não complacência de alguma Parte estaria sujeita a penalidades dentro do Protocolo (BORREGO, 2014).

Para garantir o cumprimento da convenção pelos países, o protocolo estabeleceu mecanismos de flexibilização, através da implementação conjunta (IC) que permite a compensação das emissões de carbonos com o financiamento de projetos de redução em outros países e o Comercio de Emissões carbono (CE) que permite a comercialização de “Certificados de Emissões Reduzidas – CER” que são gerados a partir da execução dos projetos de compensação de carbono chamados “créditos de carbono”, que são comercializados entre países em um mercado internacional conhecido como o “Mercado de Carbono”. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL permite que os países industrializados alcancem suas metas individuais por meio dos projetos implantados em países em desenvolvimento. O MDL tem como objetivo a redução dos gases do efeito estufa (GEE), o sequestro de carbono e promover o desenvolvimento sustentável nos locais de implantação. O conselho executivo do MDL incentiva muitas atividades nos países de implantação, esses projetos podem ser divididos em três modalidades, fontes renováveis e alternativas de energia, eficiência e conservação de energia e o florestamento e reflorestamento, que atualmente lidera com o maior número de projetos (ROCHA, 2003; FERRAREZ et al., 2010).

Segundo WEBER et al. (2009), as florestas, sendo elas naturais ou plantadas, apresentam um enorme potencial, no quesito de sequestro e fixação de carbono. Essa grande capacidade de armazenamento de carbono demonstra sua grande importância na viabilização de projetos de florestamento e reflorestamento. O autor ainda ressalta que a importância do conhecimento acerca do potencial armazenador de carbono através de sumidouros naturais é inegavelmente relevante, pois a partir destas informações serão elaborados novos projetos de florestamento ou reflorestamento e procedimentos visados para a mitigação das mudanças climáticas.

Muitos autores e o *Intergovernmental Pannel On Climate Change* -IPCC recomendam a multiplicação do valor da biomassa encontrado por um teor de carbono, sendo que para muitos deles, a adoção de um valor de teor de carbono genérico corresponde a 50% do peso da biomassa. Por proporcionarem resultados de estimativas, e os parâmetros dos teores de carbono dessas espécies ainda serem desconhecidos, esses métodos podem gerar graves erros nas estimativas, portanto para a realização de projetos de florestamento e reflorestamento com a finalidade de sequestro e fixação de carbono visando o “Mercado de Carbono” a adoção de um valor geral pode acarretar superestimativas ou subestimativas de estoques de carbono, ou seja, uma fonte de erro que pode ser evitada se os teores corretos forem empregados (DALLAGNOL et al., 2011).

Visando o mercado de certificados de redução de emissão de carbono e a realização de projetos de quantificação de estoques de carbono no ambiente florestal, trabalhos que quantificam os teores de carbono específicos das espécies são de suma importância, pois é uma ferramenta que proporciona uma maior precisão nas estimativas de estoques de carbono, evitando erros como a superestimação e subestimação dos estoques de carbono. Por esse fato, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação dos padrões de teores de carbono em diferentes espécies florestais e seus compartimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no primeiro semestre do ano de 2014, nas dependências do Centro de Excelência em Pesquisas sobre Fixação de Carbono – BIOFIX, da Universidade Federal do Paraná – UFPR, na cidade de Curitiba no estado do Paraná, Brasil.

Origem dos dados

A base de dados utilizada nesse trabalho foi cedida pelo Centro de Excelência em Pesquisas sobre Fixação de Carbono – BIOFIX. Esse centro é responsável por uma vasta quantidade de pesquisas avançadas sobre fixação de carbono na biomassa, visando o desenvolvimento de tecnologias de plantio e manejo, que são empregados nas modalidades pertencentes ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, de florestamento e reflorestamento. Adicionalmente, foi realizado um levantamento de teores de carbono existentes em literatura científica para compor essa base de dados.

Metodologia adotada na quantificação do carbono nas espécies florestais

Entre as linhas de pesquisas desenvolvidas no laboratório, a determinação de teores de carbono em espécies florestais é realizada desde a sua inauguração, proporcionando assim uma vasta base de dados proveniente das determinações de teores de carbono, realizadas no determinador de carbono LECO-144, equipamento que determina o carbono presente nos tecidos vegetais dos compartimentos do indivíduo, através do método destrutivo de combustão completa da amostra a uma temperatura de 1.000°C, a leitura do carbono é feita através da sensibilização de uma célula de infravermelho por aproximadamente 60 segundos.

Foram utilizadas 5.577 amostras individuais de teores de carbono, contendo aproximadamente 100 espécies florestais, sendo a maioria separada em compartimentos como: madeira, galhos vivos e mortos, folhas, galhos e raízes. Para uma maior compreensão sobre os gêneros mais plantados no Brasil, foi realizada separadamente uma análise dos teores de carbono dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* que, por sua vez foram compostos por 783 e 334 amostras, respectivamente. As espécies ou gêneros com teores de carbono, publicados em literatura científica são as seguintes: *Acacia mearnsii*, *Euterpe oleracea*, *Populus* sp., *Araucaria angustifolia*, *Mimosa scabrella*, *Ocotea catharinensis*, *Eucalyptus* spp., *Eucalyptus Grandis*, *Eucalyptus Saligna*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Merostachys skvortzovii*, *Myrcia* sp., *Pinus* sp.

A base de dados existente foi revisada a fim de serem selecionados apenas os teores de carbono pertencentes a espécies florestais. Em seguida foi realizado o cálculo do teor de carbono médio para cada espécie e compartimento. Essa análise possibilitou o direcionamento para a revisão de literatura. Foram encontrados alguns

artigos relacionados a pesquisas de teores de carbono em algumas das espécies que compunham a base de dados original.

Agrupamento

Para a realização do agrupamento foi realizado o teste de Bartlett, seguido de uma análise de variância, teste de Tukey e por fim uma análise de agrupamento por distância euclidiana para as espécies e seus compartimentos, em função das semelhanças de teores de carbono. Nesses processos foram levadas em consideração apenas as espécies que atenderam ao critério de possuírem pelo menos 30 repetições por espécie, portanto, apenas 30 espécies, sendo elas: *Acacia mearnsii* De Wild., *Araucaria angustifolia* Kuntze, *Ateleia glazioviana* Baill., *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile, *Bambusa oldhamii* Munro, *Bambusa vulgaris* Schrad., *Carapa guianensis* Aubl., *Combretum* sp Loeffl., *Dendrocalamus Giganteus* Wallich ex Munro, *Elaeis guineensis* Jacq, *Eucaliptus* spp L' Her., *Eucalyptus Dunnii* Maiden, *Eucalyptus Grandis* Hill ex Maiden, *Eucalyptus Saligna* Smith, *Euterpe oleracea* Mart., *Gmelina* sp Linnaeus, *Guadua angustifolia* Kunth, *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño e P.M Peterson, *Guiera* sp Linnaeus, *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera, *Hovenia dulcis* Thunberg, *Merostachys skvortzovii* Sendulski, *Mimosa scabrella* Benth., *Piliostigma* sp Hochst., *Pinus* spp Linnaeus., *Populus* sp Linnaeus., *Prosopis africana* (Guill. E Perr.) Taub., *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC, *Tectona grandis* L.f, *Ziziphus mauritiana* Lam., atenderam ao requisito, totalizando 900 amostras. Da mesma forma, os compartimentos, por terem uma maior flexibilidade devido a quantidade de espécies, o critério foi de 75 repetições, o que possibilitou a utilização de 8 compartimentos totalizando 600 amostras participantes dessa análise.

Com base nas análises estatísticas, foi realizado o agrupamento, uma técnica que identifica as similaridades entre os indivíduos e variáveis, nesse caso, entre as espécies e os teores de carbono, e tem como objetivo organizar as informações sobre as variáveis em grupos discretos e relativamente homogêneos, assim como distinguir heterogeneidade entre eles. A forma de agrupamento utilizada nesse trabalho foi pela distância euclidiana, que corresponde à distância geométrica entre objetos no plano multidimensional e que é expressa na forma de dendrograma (HAIR et al.,2006).

Análise estatística

As espécies e seus respectivos compartimentos, folha, acículas, galhos vivos, galhos mortos, madeira, casca, colmo e raiz foram submetidos à análise de variância e ao teste de homogeneidade de Bartlett, e depois com o objetivo de encontrar diferenças significativas foi aplicado o teste de Tukey com probabilidade de 5% entre ambos os conjuntos de teores de carbono. Para os compartimentos, foi utilizado o teste de *t* de média fixa, com a probabilidade de 5%. Esse teste é utilizado quando se tem apenas a média para a comparação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Valores médios de carbono em espécies florestais

A espécie Acácia Negra (*Acacia mearnsii*), Tabela 1, com uma base de dados existentes composta por 351 amostras para essa, apontou um teor de carbono médio de 46,44%, BARRICHELLO (2003), SCHUMACHER (2001) e SAIDELLES (2009), respectivamente encontraram médias gerais de 41,2, 39,8 e 42,13%. Os teores de carbono, para os compartimentos da base de dados, foram

para Casca 46,47%, Folhas 49,00%, Galho morto 47,44%, Galho vivo 45,11% e Madeira 44,19%.

Para a espécie Açai (*Euterpe oleracea*), Tabela 2, foram utilizadas 45 amostras, a média do teor de carbono foi de 43,75%, média muito semelhante à apresentada por MIRANDA (2012), que encontrou um teor médio de carbono de 43,74%. Para essa espécie, quando analisados os compartimentos, foram observados para as Folhas 42,82%, Frutos 49,52%, Madeira 41,21%, Palmito 39,60% e Raiz 45,59%.

Na Tabela 3 a espécie Álamo (*Populus Deltoides*), apresentou uma média de 44,49%, proveniente de 202 amostras, DALLAGNOL (2011) apresentou uma média geral para a espécie de 43,72%. Os compartimentos apresentaram para Casca 44,42%, Folhas 42,88%, Galho morto 45,89%, Galho vivo 45,43%, Madeira 44,71% e Raiz 43,62%.

A espécie *Araucaria angustifolia*, conforme Tabela 4, com 60 amostras, obteve uma média de teor de carbono de 44,38%, DALLAGNOL (2011), WEBER (2003) e MOGNON (2013), respectivamente encontraram médias para a mesma espécie de 44,28%, 42,12% e 42,18%. Nos compartimentos os valores encontrados foram: para a Acícula 45,27%, Casca 43,08%, Galho morto 44,88%, Galho vivo 44,46%, Madeira 45,25% e Raiz 43,35%.

Para a Bracatinga (*Mimosa scabrella*) foram utilizadas 656 amostras, Tabela 5, DALLAGNOL (2011), URBANO (2007) e WATZLAWICK (2003) observaram respectivamente médias de 44,36%, 44,30% e 41,11%, já a base de dados, apresentou uma média de 44,15%. Para os compartimentos a base de dados mostra que os teores de carbono foram para a Casca 43,97%, Folhas 45,44%, Galho morto 44,52%, Galho vivo 43,21%, Madeira 42,99% e a Raiz 44,76%.

A Canela preta (*Ocotea catharinensis*), Tabela 6, foi estudada por MOGNON (2013) e WATZLAWICK (2011) que apresentaram teores de carbono de respectivamente 41,6% e 39,7%, sendo que para a base de dados, o valor encontrado com 15 amostras foi de 47,02%. Para os compartimentos os valores apresentados foram de 44,52%, 47,95%, 47,03%, 48,60% para respectivamente Casca, Folhas, Galho vivo e Madeira.

Para o gênero *Eucalyptus* Tabela 7, analisado separadamente por ser de grande importância no País, foram encontrados os valores de algumas espécies do gênero. DALLAGNOL (2011), ALVES (2007) e NEVES (2000), apresentaram médias respectivamente de 42,9%, 39,08%, e 50,46%, o valor do teor médio encontrado na base de dados, composta para essa espécie por 334 amostras foi de 43,84%, para os compartimentos foram Casca 40,93%, Folhas 48,46%, Galho morto 43,79%, Galho vivo 43,77%, Madeira 43,24% e Raiz 42,59%.

Para a espécie *Eucalyptus Grandis*, Tabela 8, DALLAGNOL (2011), encontrou uma média de 42,9%. A média encontrada na base de dados foi de 43,68% composta por 202 amostras. Para os compartimentos os valores encontrados foram de 40,31%, 48,25%, 43,84%, 43,30%, 43,75%, 42,61% respectivamente para Casca, Folhas, Galho morto, Galho vivo, Madeira e Raiz.

Já NEVES (2000), encontrou uma média de 50,46% para a espécie *Eucalyptus Saligna*, Tabela 9, sendo que a média encontrada na base de dados foi de 43,3% utilizando 41 amostras, a média encontrada por ALVES (2007), foi de 39,08%. A base de dados apresentou para os compartimentos Casca, Folhas, Galho morto, Galho vivo, Madeira e Raiz os seguintes teores médios de carbono 39,99%, 48,19%, 42,93%, 42,39%, 43,35%, 42,88%.

Para a espécie Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*), Tabela 10, a média encontrada nos estudos de WATZLAWICK (2011) foi de 38,68%, já a encontrada pela base de dados proveniente de 6 amostras foi de 45,49%. Os compartimentos Casca, Folhas, Galho vivo, Madeira, Miscelânea respectivamente apresentaram os teores de 39,66%, 46,17%, 46,84%, 49,91%, 44,85%.

A espécie de bambu *Merostachys skvortzovii*, Tabela 11, teve o seu teor de carbono, estudado por DALLAGNOL (2013), que obteve uma média de 42,36%, já a base de dados composta por 159 amostras apresentou uma média de 41,77%. Para os compartimentos apresentou para o Colmo inferior 44,71%, Colmo superior 43,81%, Folhas 40,87%, Galho morto 38,62%, Galho vivo 40,18% e Raiz 42,42%.

Para o gênero *Myrcia* sp. composto por apenas 11 amostras, Tabela 12, a base de dados apresentou uma média de 42,72%, WATZLAWICK em duas ocasiões (2003) e (2011), respectivamente apresentou teores médio de 40,22% e 38,83%. Para os compartimentos foram observados os teores de 46,41% 46,11%, 45,62%, 45,50%, 44,94% para Casca, Folhas, Galho vivo, Madeira e Raiz respectivamente.

O gênero *Pinus*, Tabela 13, assim como o gênero *Eucalyptus*, foi analisado separadamente, devido sua grande importância. Foram encontrados valores para o gênero *Pinus* dos autores BALBINOT (2009) e DALLAGNOL (2011) que encontraram médias de teores de respectivamente 43,76%, 44,66%. O valor obtido pela base de dados composta por 784 amostras foi de 45,78%, os compartimentos apresentaram para Acícula 46,03%, Casca 47,96%, Frutos 45,73%, Galho morto 44,69%, Galho vivo 44,93%, Madeira 44,24%, Miscelânea 48,15%, Raiz 44,51%.

TABELA 1 - Teores de carbono para a espécie *Acacia mearnsii* e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Barichello	Schumacher	Saidelles
Acácia Negra (<i>Acacia mearnsii</i>)	Casca	46,47	41,00	38,00	40,88
	Folhas	49,00	43,00	45,00	40,68
	Galho morto	47,44	40,00	38,00	45,58
	Galho vivo	45,11	40,00	38,00	41,40
	Madeira	44,19	42,00	40,00	42,13
	Média	46,44	41,20	39,80	42,13

Onde: BARRICHELLO (2003), SCHUMACHER (2001) e SAIDELLES (2009)

TABELA 2 - Teores de carbono para a espécie *Euterpe oleracea* e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Miranda
Açaí (<i>Euterpe oleracea</i>)	Folhas	42,82	42,83
	Frutos	49,52	49,55
	Madeira	41,21	41,21
	Palmito	39,60	39,60
	Raiz	45,59	45,49
	Média	43,75	43,74

Onde: MIRANDA (2012)

TABELA 3 - Teores de carbono para a espécie *Populus* spp. e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Dallagnol
Álamo (<i>Populus</i> spp.)	Casca	44,42	-
	Folhas	42,88	44,01
	Galho morto	45,89	42,88
	Galho vivo	45,43	45,05
	Madeira	44,71	43,38
	Raiz	43,62	43,30
	Média	44,49	43,72

Onde: DALLAGNOL (2011)

TABELA 4 - Teores de carbono para a espécie *Araucaria angustifolia* e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Dallagnol	Weber	Mognon
<i>Araucaria angustifolia</i>	Acícula	45,27	-	44,00	41,60
	Casca	43,08	45,27	40,01	40,70
	Galho morto	44,88	43,08	42,90	43,20
	Galho vivo	44,46	44,46	41,70	41,30
	Madeira	45,25	45,25	44,10	44,10
	Raiz	43,35	43,35	40,05	-
	Média	44,38	44,28	42,12	42,18

Onde: DALLAGNOL (2011); WEBER (2003); MOGNON (2013).

TABELA 5 - Teores de carbono para a espécie *Mimosa scabrella* e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Dallagnol	Urbano	Watzlawick
Bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i>)	Casca	43,97	-	-	37,29
	Folhas	45,44	44,58	44,13	44,12
	Galho morto	44,52	44,26	45,46	41,88
	Galho vivo	43,21	44,27	43,94	40,92
	Madeira	42,99	44,76	43,68	41,34
	Raiz	44,76	43,92	-	-
	Média	44,15	44,36	44,30	41,11

Onde: DALLAGNOL (2011); URBANO (2007); WATZLAWICK (2003).

TABELA 6 - Teores de carbono para a espécie *Ocotea catharinensis* e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Mognon	Watzlawick
Canela-preta (<i>Ocotea catharinensis</i>)	Casca	44,52	40,90	37,84
	Folhas	47,95	44,40	40,15
	Galho vivo	47,03	38,80	39,13
	Madeira	48,60	42,30	40,76
	Média	47,02	41,60	39,70

Onde: MOGNON (2013); WATZLAWICK (2011).

TABELA 7 - Teores de carbono para o gênero *Eucalyptus* e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Neves	Alves	Dallagnol
<i>Eucalyptus</i> spp.	Casca	40,93	47,96	35,64	-
	Folhas	48,46	52,50	38,95	39,46
	Galho morto	43,79	-	34,74	48,17
	Galho vivo	43,77	-	-	42,06
	Madeira	43,24	50,66	46,97	42,61
	Raiz	42,59	50,70	-	42,20
	Média	43,84	50,46	39,08	42,90

Onde: NEVES (2000); ALVES (2007); DALLAGNOL (2011).

TABELA 8 - Teores de carbono para *Eucalyptus Grandis* e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Dallagnol
<i>Eucalyptus Grandis</i>	Casca	40,31	-
	Folhas	48,25	39,46
	Galho morto	43,84	48,17
	Galho vivo	43,30	42,06
	Madeira	43,75	42,61
	Raiz	42,61	42,20
	Média	43,68	42,90

Onde: DALLAGNOL (2011)

TABELA 9 - Teores de carbono para a espécie *Eucalyptus Saligna* e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Neves	Alves
<i>Eucalyptus Saligna</i>	Casca	39,99	47,96	35,64
	Folhas	48,19	52,50	38,95
	Galho morto	42,93	-	34,74
	Galho vivo	42,39	-	-
	Madeira	43,35	50,66	46,97
	Raiz	42,88	50,70	-
	Média	43,29	50,46	39,08

Onde: NEVES (2000); ALVES (2007).

TABELA 10 - Teores de carbono para a espécie *Campomanesia xanthocarpa* e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Watzlawick
Guabiroba (<i>Campomanesia xanthocarpa</i>)	Casca	39,66	34,87
	Folhas	46,17	39,78
	Galho vivo	46,84	39,69
	Madeira	49,91	40,39
	Miscelânea	44,85	-
	Média	45,49	38,68

Onde: WATZLAWICK (2011).

TABELA 11- Teores de carbono para a espécie *Merostachys skvortzovii* e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Dallagnol
<i>Merostachys skvortzovii</i>	Colmo inferior	44,71	43,05
	Colmo superior	43,81	43,38
	Folhas	40,87	40,87
	Galho morto	38,62	-
	Galho vivo	40,18	42,09
	Raiz	42,42	42,42
	Média	41,77	42,36

Onde: DALLAGNOL (2013)

TABELA 12- Teores de carbono para a espécie *Myrcia* sp. e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Watzlawick 1	Watzlawick 2
<i>Myrcia</i> sp.	Casca	46,41	41,94	-
	Folhas	46,11	35,69	35,69
	Galho vivo	45,62	44,90	40,76
	Madeira	45,50	38,46	38,45
	Raiz	44,94	40,42	40,42
	Média	45,72	40,22	38,83

Onde: WATZLAWICK 1 (2003); WATZLAWICK (2011)

TABELA 13 - Teores de carbono para a espécie *Pinus* sp. e seus compartimentos.

Espécie	Compartimento	Base de Dados	Balbinot	Dallagnol
<i>Pinus</i> sp.	Acícula	46,03	47,3	-
	Casca	47,96	40,00	45,10
	Frutos	45,73	-	44,68
	Galho morto	44,69	-	-
	Galho vivo	44,93	43,00	44,16
	Madeira	44,24	45,70	45,36
	Miscelânea	48,15	-	-
	Raiz	44,51	42,80	43,98
	Média	45,78	44,66	45,60

Onde: BALBINOT (2003); DALLAGNOL (2011).

Como pode ser observado nas tabelas acima, os teores médios de carbono encontrados na base de dados do laboratório Biofix, assim como os encontrados em literatura, raramente ultrapassam a faixa de 50%, nas espécies e nos compartimentos. Já nas espécies analisadas nas tabelas, o maior teor de carbono encontrado na base de dados foi na Canela preta *Ocotea catharinensis* Mez, (47,02%), e o menor teor encontrado foi na espécie de bambu *Merostachys skvortzovii* Sedulski (41,77%). Nos compartimentos, o maior teor de carbono foi encontrado na madeira da Guabiroba *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (49,91%) e o menor teor, assim como nas espécies, foi encontrado na espécie *Merostachys skvortzovii*, no compartimento Galho Morto (38,62%).

Análise e agrupamento dos compartimentos

Pode-se observar na tabela 14, que a análise de variância apresentou diferença significativa entre as variâncias, chegando ao nível de 1%. A análise também mostrou uma média geral do teor entre os compartimentos de 43,57%, um desvio padrão de 3,03% e um coeficiente de variação de 6,54%.

TABELA 14 - Análise de variância do teste dos teores médios de carbono dos compartimentos.

Fator de variação	GI	QM	F
Compartimentos	7	98,53483	12,1497**

GI= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

O teste de Tukey realizado nos compartimentos constatou a existência de diferença significativa ao nível significância de 5 %, como se pode observar na tabela 15, o compartimento acículas se destacou por apresentar o maior teor médio de carbono (45,92%), seguido dos compartimentos folhas (44,08%), galho morto (43,69%) e galho vivo (43,67%), que apresentaram níveis de teores de carbono superiores a, casca (43,37%), colmo (42,90%) e madeira (42,91 %), seguidos do compartimento raiz (42,01%).

TABELA 15 Teores médios de carbono nos compartimentos das espécies florestais estudadas

Espécie	Média	Letra
Acículas	45,92	A
Folhas	44,08	B
Galho Morto	43,69	B
Galho Vivo	43,67	B
Casca	43,37	BC
Madeira	42,91	BC
Colmo	42,90	BC
Raiz	42,01	C

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Na figura 1, o resultado da análise de agrupamento por distância euclidiana apresentou dois grandes grupos, o primeiro formado por acículas, galho vivo e Raiz, as duas últimas com maior similaridade, e outro grupo onde estão localizada casca, colmo, folhas, galho morto e madeira sendo os dois primeiros com maior similaridade entre eles, da mesma forma que os três últimos. O nível de semelhança tem sua maior intensidade na medida em que os elementos estão mais próximos do eixo principal.

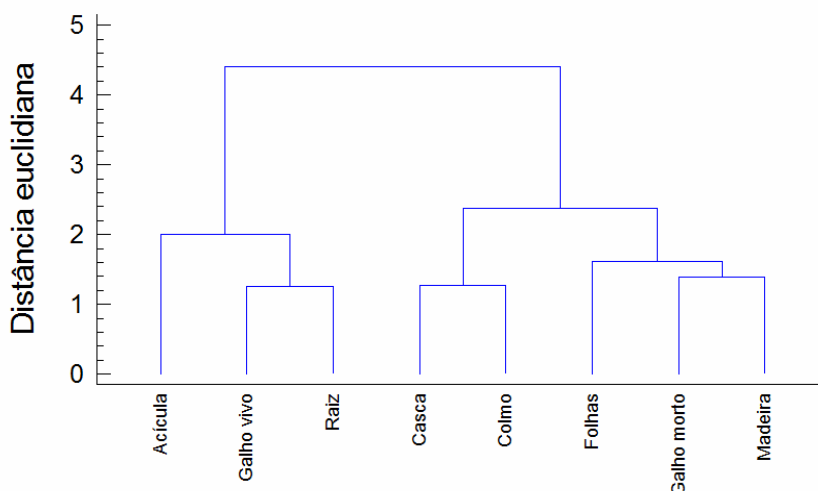


FIGURA 1 - Dendrograma do resultado de agrupamento dos compartimentos

Diferente do esperado, o teste de agrupamento por distância euclidiana, não seguiu a mesma dinâmica do teste de Tukey, mostrando que diferente deste, considera vários fatores que vão além da simples diferença estatística numérica, embora os compartimentos Acículas, Galhos vivos, e Raiz sejam considerados diferentes significativamente ao nível de 5%, apresentaram maiores semelhanças entre si no agrupamento, sendo assim localizados no mesmo grupo, o que pode ser considerado que um dos fatores determinantes para essa classificação seria a alta atividade fisiológica nesses compartimentos. Da mesma forma o segundo grupo que com exceção do compartimento Folhas, os compartimentos Casca, Colmo, Galho morto e Madeira, apresentam menor atividade fisiológica.

Análise de variância e agrupamento das espécies

Observando a tabela 16, o resultado da análise de variância da mesma forma que a análise dos compartimentos, apresentou diferença significativa entre as variâncias chegando ao nível de 1%, com uma média geral do teor entre as espécies de 42,83%, um desvio padrão de 3,42% e um coeficiente de variação de 7,98%.

TABELA 16 - Análise de variância do teste dos teores médios de carbono das espécies.

Fator de variação	GI	QM	F
Espécies	29	208,58747	40,7280**

GI= graus de liberdade QM= média dos quadrados F= Teste estatístico.

A tabela 17, apresenta os teores de carbono das espécies usadas no agrupamento por distância euclidiana submetidas ao teste de comparação de médias de Tukey, a espécie *Carapa guianensis*, apresentou o maior teor médio de carbono em comparação com as demais (47,40%), seguida do gênero *Pinus* com um teor médio de (46,91%), os menores teores de carbono foram encontrados na espécie *Balanites aegyptiaca* (39,24%) e no gênero *Combretum sp* (34,89%).

TABELA 17 - Teores médios de carbono nas espécies florestais estudadas

Espécie	Média (%)	Letra
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	47.40	A
<i>Pinus sp</i> L.	46.91	AB
<i>Ateleia glazioviana</i> Baill.	46.80	ABC
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.). Cabrera	46.55	ABC
<i>Acacia mearnsii</i> De Wild	46.28	ABCD
<i>Eucaliptus sp</i> L' Her	44.73	BCDE
<i>Araucaria angustifolia</i> Kuntze	44.64	CDE
<i>Mimosa scabrella</i>	44.63	CDE
<i>Merostachys skvortzovii</i> Sedulski	44.11	DEF
<i>Populus spp</i> L.	43.35	EFG
<i>Guiera sp</i> L.	43.31	EFG
<i>Eucalyptus Dunnii</i> Maiden	43.23	EFG
<i>Tectona grandis</i> L.f.	43.15	EFG
<i>Eucalyptus Saligna</i> Smith	42.82	EFGH

<i>Eucalyptus Grandis</i> Hill	42.80	EFGH
<i>Gmelina</i> sp L.	42.79	EFGH
<i>Dendrocalamus Giganteus</i> Wallich	42.71	EFGH
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	42.56	EFGH
<i>Tabebuia cassinoides</i> (Lam.) DC	42.41	FGH
<i>Prosopis africana</i> (Guill. E Perr.) Taub.	42.08	FGHI
<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	41.75	GHI
<i>Hovenia dulcis</i> Thunberg.	41.66	GHI
<i>Piliostigma</i> sp (DC.) Hochst.	41.45	GHIJ
<i>Bambusa vulgaris</i> <u>Schrad.</u> ex <u>J.C.Wendl</u>	41.31	GHIJL
<i>bambusa oldhamii</i> Munro.	41.29	GHIJL
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	40.87	HIJL
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	39.92	IJL
<i>Guadua chacoensis</i> Londoño P.M Peterson	39.38	JL
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Delile	39.24	L
<i>Combretum</i> sp Loef.	34.89	M

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Assim como nas espécies comparadas com a literatura, diferente do recomendado por muitos autores, o uso de um teor médio de carbono fixado em (50%) do peso total da biomassa acarretara em erros nos processos de levantamento de estoques e inventários de carbono florestal, considerando que nenhuma das espécies estudadas se quer chegou a um teor de carbono médio com esse valor, mostrando a necessidade de utilizar teores específicos para cada espécie nesses tipos de atividades.

A figura 2 mostra o agrupamento por distância euclidiana das espécies, o resultado revela a formação de quatro grandes grupos, o primeiro grupo, com as maiores similaridades é composto por dez espécies, são elas: *Acacia mearnsii*, *Combretum* sp., *Guadua chacoensis*, *Euterpe oleracea*, *Gochnatia polymorpha*, *Eucaliptus* spp., *Prosopis africana*, *Populus* sp., *Merostachys skvortzovii* e *Ziziphus mauritiana*. O segundo grupo é composto por seis espécies, sendo essas: *Elaeis guineenses*, *Gmelina* sp., *Eucalyptus Saligna*, *Hovenia dulcis*, *Eucalyptus Dunnii*, *Eucalyptus Grandis*. O terceiro grupo, composto por cinco espécies, são elas: *Araucaria angustifolia*, *Guadua angustifolia*, *Bambusa vulgaris*, *Piliostipma* sp. e *Tectona grandis*. O quarto e último grupo contém as menores similaridades, e é composto por seis espécies, são elas: *Bambusa oldhamii*, *Dendrocalamus Giganteus*, *Guiera* sp., *Tabebuia cassinoides*, *Pinus* sp. e a *Carapa guianensis*. Também houve a ocorrência de três espécies desagregadas, o motivo para esse comportamento foi a não existência de similaridades nos padrões de teor de carbono com os grupos próximos, a espécie *Mimosa scabrella* foi localizada entre o primeiro e segundo grupo, a espécie *Balanites aegyptiaca*, entre o segundo e terceiro grupo e a espécie *Ateleia glazioviana*, entre o terceiro e o quarto grupo.

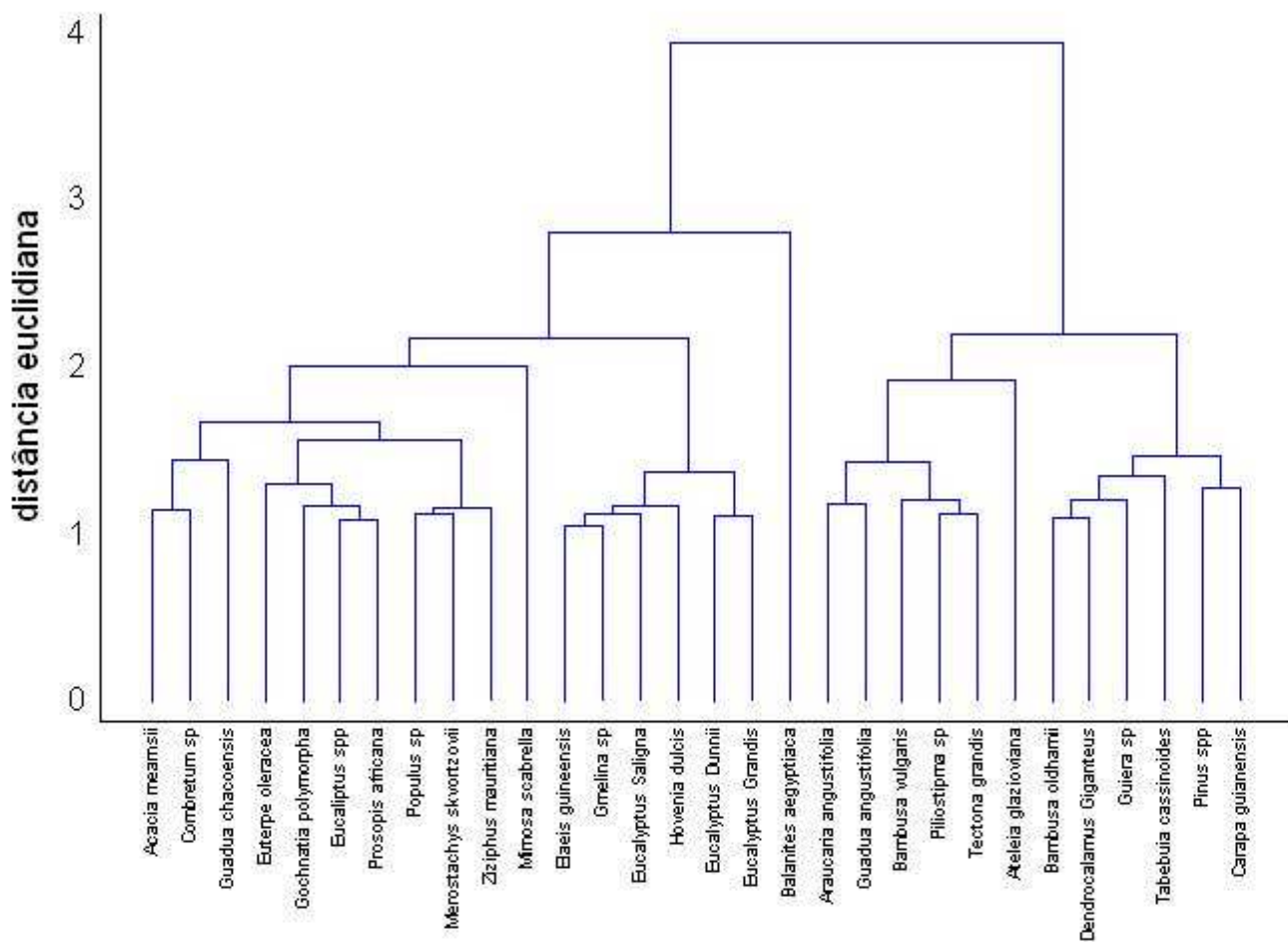


FIGURA 2 – Dendrograma do resultado do agrupamento de espécies

No agrupamento das espécies, assim como nos compartimentos, pode-se perceber que a simples estatística numérica não é o suficiente para a análise de agrupamento, nesse caso ainda podemos ressaltar que até mesmo a diferença na fixação de carbono entre espécies coníferas e folhosas foi uma característica decisiva para tal, considerando que o gênero *Pinus sp*, e a espécie *Araucaria angustifolia*, únicos representantes das coníferas ficaram em grupos distintos, respectivamente terceiro e quarto grupos. Já no segundo grupo, todas as espécies de eucaliptos testadas, *Eucalyptus Dunii*, *Eucalyptus Saligna* e *Eucalyptus grandis*, foram alocados no mesmo grupo, fato facilmente compreensível pela similaridade entre espécies do mesmo gênero, diferente disso aconteceu quando o gênero *Eucalyptus sp*. foi analisado separadamente, sendo alocado no primeiro grupo, quando esperava-se que ficasse no mesmo grupo, que as espécies tratadas separadamente. As espécies de bambus, *Guadua chacoensis* e *Merostachys skvortzovii* ficaram juntas no primeiro grupo, *Guadua angustifolia* e *Bambusa vulgaris* juntas no terceiro grupo e *Dendrocalamus giganteus* e *Bambusa oldhamii* no quarto grupo, demonstrando que os padrões de teores de carbono das *Bambusoideae*, são muito semelhantes aos das espécies arbóreas. A espécie *Carapa guianensis* e o gênero *Pinus*, que apresentaram os maiores teores de carbono foram alocados nas últimas posições do quarto grupo, demonstrando a falta

de similaridade dos padrões de seus teores de carbono com as demais espécies estudadas.

Em um estudo realizado por Dallagnol et al. (2011), com o objetivo de avaliar o teor de carbono de cinco espécies florestais por distância euclidiana, observou-se a formação de um grupo formado por *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, a explicação dada pelo autor para a semelhança entre o teor de carbono das espécies citadas e a alocação das mesmas no mesmo grupo seria a diferença no processo de fixação de carbono entre os grupos botânicos de coníferas e folhosas.

CONCLUSÃO

Foi possível observar diferença de valores entre os teores médios de carbono das espécies e seus compartimentos, demonstrando que o uso de teores de carbono específicos é fundamental para um levantamento de estoque de carbono preciso. Existiu também grande incidência de diferenças significativas entre valores de teores de carbono de autores diferentes para a mesma espécie e compartimento, apontando para a necessidade de utilizar uma quantidade satisfatória de repetições para a estimativa dos mesmos, diminuindo a probabilidade de erro e aumentando a precisão das médias.

A espécie que apresentou o maior teor médio de carbono foi à espécie *Carapa guianensis* (47,40%) mostrando assim seu grande potencial para a fixação de carbono. A espécie que apresentou o menor teor médio de carbono foi a espécie *Combretum* sp. com 34,88%, o que mostrou um baixo potencial para a fixação de carbono, levando-se em conta apenas o teor de carbono. Nos compartimentos o maior teor médio de carbono foi encontrado no compartimento Acícula com 45,92%, seguido de Folhas, Galho vivo e Galho morto, 44,08%, 43,69% e 43,67%, respectivamente. O menor teor foi encontrado nas raízes com um teor médio de carbono de 42,01%.

Referente ao agrupamento foi possível concluir que as semelhanças entre os teores de carbono avaliados pelo método da distância euclidiana estão além da diferença significativa numérica dos teores de carbono, que foi observado para as espécies e compartimentos. Nos compartimentos isso foi claramente observado no primeiro grupo, onde o compartimento acícula obteve o maior teor médio de carbono e o Galho vivo, o segundo maior, ficando no mesmo grupo das Raízes, que apresentaram o menor teor médio, porém esse agrupamento pode ser explicado pela maior atividade fisiológica nesses compartimentos do que nos demais, com exceção das folhas.

Nas espécies, semelhantemente, no que se refere à diferença significativa numérica, não foi o principal quesito para o agrupamento assim como a semelhança de classificação botânica, processo fisiológico de fixação de carbono entre espécies folhosas e coníferas, considerando que as espécies *Araucaria angustifolia* e *Pinus* spp. ficaram em grupos distintos, afirmando assim, a necessidade de maiores estudos em agrupamentos focando em outras variáveis que influenciam no teor de carbono das espécies.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. C. **Quantificação da produção de biomassa e do teor de carbono fixado por clones de eucalipto, no Pólo Gesseiro do Araripe-PE**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

BALBINOT, R., SCHUMACHER, M. V., WATZLAWICK, L. F., & SANQUETTA, C. R. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, p. 59-68, 2009.

BARICHELO, L. R. **Quantificação da biomassa e dos nutrientes em floresta de *Acacia mearnsii* de Wild na região sul do Brasil**. 2003. 58p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BORREGO, C., LOPES, M., RIBEIRO, I., CARVALHO, A., & MIRANDA, A. I. As alterações climáticas: uma realidade transformada em desafio. **Revista Captar: Ciência e Ambiente para Todos**, v. 2, n. 2, 2014.

CENAMO, M. C. Mudanças climáticas, o protocolo de quioto e mercado de carbono. **CEPEA, ESALQ-USP. Disponível em < http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/protocolo_quioto.pdf >. Acesso em**, v. 14, n. 06, p. 2011, 2004.

CRACKNELL, A. P., KRAPIVIN, V. F., & VAROTSOS, C. A. Global Climatology and Ecodynamics. **Berlin: Praxis-Springer. doi**, v. 10, p. 978-3, 2009.

DALLAGNOL, F. S., MOGNON, F., SANQUETTA, C. R., & DALLA CORTE, A. P. Teores de carbono de cinco espécies florestais e seus compartimentos. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 410-416, 2011.

DALLAGNOL, F. S., SANQUETTA, C. R., NISGOSKI, S., & MOGNON, F. Estimativa Dos Teores De Carbono Por Espectroscopia No Infravermelho Em *Merostachys skvortzovii* (Bambusoideae). **FLORESTA**, v. 43, n. 2, p. 281-288, 2013.

DE MIRANDA, D. L. C., SANQUETTA, C. R., DA SILVA COSTA, L. G., & DALLA CORTE, A. P. Biomassa e carbono em *Euterpe oleracea* Mart. na Ilha do Marajó-PA. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 3, p. 336-343, 2012.

FERRAREZ, A. H., OLIVEIRA FILHO, D., DE LACERDA FILHO, A. F., COSTA, J. M., & APARISI, F. R. S. Potencial de mitigação da emissão de gases de efeito estufa e enquadramento em Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) de empreendimento de uso do biogás como fonte energética em cadeia produtiva de frango de corte. **Vértices**, v. 12, n. 3, p. 41-58, 2010.

HAIR, J. F., TATHAM, R. L., ANDERSON, R. E., & BLACK, W. **Multivariate data analysis**. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006.

MOGNON, F. DALLAGNOL, F. S., SANQUETTA, C. R., DALLA CORTE, A. P., & BARRETO, T. G. Uma década de dinâmica da fixação de carbono na biomassa arbórea em floresta ombrófila mista no sul do paraná. **FLORESTA**, v. 43, n. 1, p. 153-164, 2013.

Neves, J. C. L. **Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo. Campos dos Goytacazes**: Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Agropecuárias (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000. 191 p.

ROCHA, M. T. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. 214 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2003.

SAIDELLES, F. L. F., CALDEIRA, M. V. W., SCHUMACHER, M. V., & BALBINOT, R. Uso de equações para estimar carbono orgânico em plantações de *Acacia mearnsii* de Wild. No Rio Grande do Sul–Brasil. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 907-915, 2009.

SCHUMACHER, M., VOGEL, H., BARICHELLO, L., & CALDEIRA, M. Quantificação do carbono orgânico em floresta de *Acacia mearnsii* de Wild. Em diferentes idades. **SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL**, v. 2, p. 387-399, 2001.

URBANO, E. **Quantificação e estimativa aérea da biomassa e do carbono fixado em árvores de bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba**. 140 f. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) -Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

WATZLAWICK¹, L. F., EBLING, Â. A., RODRIGUES, A. L., VERES, Q. J. I., & DE LIMA, A. M. Variação nos teores de carbono orgânico em espécies arbóreas da floresta ombrófila mista. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 3, p. 248-258, 2011.

WEBER, K. S., BALBINOT, R., WATZLAWICK, L. F., & SANQUETA, C. R. Teores de carbono orgânico de seis espécies naturais do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência**, v. 2, n. 2, p. 167-177, 2009.

WEBER, K. S., SANQUETTA, C. R., MELLO, A. A., WATZLAWICK, L. F., & BALBINOT, R. Variação nos teores de carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Brasil Florestal**, v. 76, p. 23-28, 2003.