



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VÁRZEA GRANDE- UNIVAG
GPA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, BIOLÓGICAS E ENGENHARIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE CARBONO POR ESPÉCIMES DE SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis*) DO HORTO FLORESTAL TOTE GARCIA CUIABA – MT

Wesley Raillan Matos Soupinski
Salim José de Arruda Junior
Adalberto de Oliveira
Junior Rodrigues dos Santos
Rafael Sanches Rabello

RESUMO

A concentração de dióxido de carbono na atmosfera tem aumentado de forma preocupante pelas suas implicações no aquecimento global. O florestamento e reflorestamento de áreas são atividades importantes que possibilitam o sequestro desse gás. Entre as espécies utilizadas em reflorestamento, destaca-se a seringueira (*Hevea brasiliensis*), pelo seu alto potencial de captação de carbono em sua biomassa. O objetivo deste estudo foi quantificar a captação de carbono por vegetação de seringueira e inferir sobre o potencial em neutralizar emissões de CO₂ por atividades antrópicas. Para tanto, foi utilizada uma área de seringueira presente no Horto Florestal Tote Garcia, Cuiabá-MT. Desta área, foram analisados todos os indivíduos quanto aos seus valores de DAP (diâmetro à altura do peito) e H (altura) com o intuito de estimar indiretamente seu potencial de sequestro de carbono por meio de equações alométricas. Verificou-se também a quantidade de combustível utilizada na operação de dez caminhões-pipas usados na manutenção do horto estudado para estimar a concentração de CO₂ imitada por eles. A área de seringueira estudada possui 3.328 m² constituída por 355 indivíduos de *Hevea brasiliensis* e possibilitou a captação de 102,70 tCO₂. Para a operação dos caminhões pipas são utilizados 7232L de diesel por mês, o que emite aproximadamente 192,71 tCO₂ano⁻¹. Confrontando os valores de sequestro de carbono das seringueiras e as emissões dos caminhões-pipas, estima-se que a área neutraliza 53,29% do que é emitido em um ano. Estudos como este são de extrema importância para demonstrar a relevância de manutenção e criação de áreas verdes, principalmente no ponto de vista de captação de carbono, uma vez que possuem potencial de neutralizar emissões de gases de origem antrópica. Esses ambientes podem colaborar com a manutenção do clima por meio de sequestro de gases que intensificam o efeito estufa.

Palavras chaves: Estoque de carbono; Emissão de carbono; Qualidade do ar.

ABSTRACT

The carbon dioxide concentration in the atmosphere has increased alarmingly for its implications to global warming. The afforestation and reforestation areas are important activities that allow of that gas. Among the species used in reforestation, there is the rubber tree (*Hevea brasiliensis*), for its high carbon sequestration potential in their biomass. The aim of this study was to quantify the carbon uptake by vegetation and rubber infer the potential to neutralize CO₂ emissions by human activities. For this purpose, a rubber this area was used in the Horto Florestal Tote Garcia, Cuiaba-MT. In this area, we analyzed all individuals about their WTP values (diameter at breast height) and H (height) in order to indirectly estimate their carbon sequestration potential through allometric equations. It was also the amount of fuel used in operating ten barrels trucks used in garden maintenance studied to estimate the concentration of CO₂ by them. The rubber of the study area has 3,328 m² made up of 355 individuals from *Hevea brasiliensis* and made possible the capture of 102.70 tCO₂. For the operation of kites trucks are used 7232L of diesel per month, which emits approximately 192.71 tCO₂ano⁻¹. Comparing the carbon sequestration value of rubber and emissions of trucks, pipes, it is estimated that the area neutralize 53.29% of which is emitted in a year. Studies like this are extremely important to demonstrate the importance of preserving and creating green areas, especially in view of carbon capture, as they have potential to neutralize emissions from anthropogenic gases. These environments can collaborate with maintaining climate through sequestration of gases that enhance the greenhouse effect.

Key words: Carbon stock; Carbon emission; Air quality.

1. INTRODUÇÃO

A concentração de gases na atmosfera tem aumentado significativamente desde o surgimento das civilizações, e mais notadamente em meados do século XIX quando teve início a revolução industrial. A utilização dos recursos naturais tais como carvão, petróleo e áreas florestadas, fez com que a concentração de gases na atmosfera, principalmente o CO₂, aumentasse exponencialmente até os dias de hoje. (CERRI e CERRI, 2007).

A vegetação mundial é responsável pelo armazenamento de maior parte do carbono existente em nossa atmosfera, com isso são essenciais para o equilíbrio do clima no planeta. Se atividades como desmatamento e queimadas, que consequenciam na degradação dessas áreas continuarem, esses níveis retidos na vegetação vão ser emitidos na atmosfera. É essencial conscientização para se manter o equilíbrio global e se alcançar níveis seguros e aceitáveis de carbono na atmosfera (CARVALHO, 2010).

O florestamento e reflorestamento são atividades importantes que possibilitam a captação de carbono por meio do metabolismo vegetal das espécies implantadas, ou da vegetação nativa. Esse carbono vai ser aproveitado na composição da biomassa dos vegetais, impedindo que o mesmo fique livre na atmosfera. Esse fenômeno de captação e armazenamento do carbono é conhecido como sequestro de carbono. Ele faz com que ocorra o equilíbrio na natureza, pois o vegetal vai usar sua capacidade fotossintética para fixar o carbono e biossintetizar o mesmo em forma de carboidrato, deposita-lo na sua parede celular e transforma-lo em biomassa (SCHNEIDER, 2005). Entre as espécies utilizadas em reflorestamento, a seringueira (*Hevea brasiliensis*) está entre as mais relevantes no Brasil e vários países do mundo (CAMPANHARO et al., 2011).

A seringueira é uma planta heliófita, eficiente na conversão de luz em carboidratos, a qual se desenvolve em condições de alta luminosidade, umidade e temperatura (OLIVEIRA et al., 2006). É considerada moderadamente estável e apresenta um ciclo de produção longo, tendo sua vida econômica útil de 20 a 40 anos e com grande potencial de captação de carbono, devido à densidade encontrada em sua madeira de 0,49 g/cm³ (OKINO, 2000). A cultura da seringueira é desejável do ponto de vista ecológico, trazendo benefícios ao sistema climático global, por tratar-se de uma espécie florestal com grande potencial de armazenamento carbono em sua biomassa, além de seu produto principal, a borracha natural, também atuar como armazenador de carbono (JACOVINE et al., 2006). No metabolismo desses organismos, o carbono vai

passar pelo processo de biossíntese e ser transformado em um composto de isopreno (C_5H_8), responsável pela produção do látex, que é utilizado mundialmente (FERNANDES et al., 2007).

Para avaliar a importância dessa área verde, relacionou-se a quantidade de carbono captado pela área com a atividade exercida no local do estudo, de abastecimento de água em caminhões pipas.

Partindo do pressuposto que a seringueira possui grande potencial de sequestrar carbono atmosférico, o presente estudo objetivou, por meio de equações alométricas, quantificar a captação de carbono por vegetação de seringueira e inferir sobre o potencial em neutralizar emissões de gases do efeito estufa por ações antrópicas na área.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido na área da unidade de conservação permanente, destinada a realização de pesquisas do Horto Florestal Tote Garcia ($15^{\circ}37'52,7''S$ e $56^{\circ}03'41,8''W$), situado na zona sul da cidade de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, sendo limitado pelas avenidas Fernando Corrêa da Costa e Beira Rio e pela rua Antônio Dorileo, com uma área aproximada de 15 hectares (IBGE, 2010; PNUD, 2010).

O Horto Florestal Tote Garcia é caracterizado por uma vegetação predominante de mata ciliar com espécies típicas dos gêneros *Alchornea* (gurupiá), *Celtis* (sarã), e *Anadenanthera* (angico-branco), e algumas espécies remanescentes de cerradão. Junto à vegetação natural foram introduzidas espécies arbóreas exóticas. Entre as espécies nativas ocorrem, entre outras, chico-magro (*Guazuma ulmifolia*), guatambu (*Aspidosperma sp*), louro-branco (*Cordia glabrata*), ipê (*Tabebuia sp*); entre as espécies exóticas ocorrem, seringueira (*Hevea brasiliensis*), pinheiro (*Pinus sp*), eucalipto (*Eucalyptus sp*), que formam parte da vegetação dessa área (Cuiabá, 1990).

Além das espécies listadas acima, possui uma área de cultivares de seringueira que foram plantados no ano de 1986 e tendo sua propagação e desenvolvimento ocorrendo de forma espontânea. Essa área está destacada na Figura 1 e foi utilizada no presente estudo para estimativa de potencial de sequestro de carbono.



Figura 1. Localização e delimitação do Horto Florestal Tote Garcia, Cuiabá-MT

2.2 Estimativa de Captação de Carbono

O estudo foi baseado em métodos indiretos para estimar o carbono sequestrado pelas cultivares de seringueiras, onde não necessita ser feito o corte dos indivíduos (HIGUCHI (1998)). O método indireto de estimativa de carbono tem se mostrado bastante eficiente quando relacionado com os métodos diretos, em que se realiza o corte dos indivíduos para se realizar a estimativa de carbono captado. É possível saber o valor de carbono na biomassa das árvores e preservar as mesmas (MESQUITA, 2006), possibilitando a quantificação da captação de carbono de uma grande área em um curto tempo, pela facilidade apresentada pelo método. Segundo SCHNEIDER (2005), a quantificação do potencial de captação de carbono pelas árvores pode ser obtida por meio de métodos matemáticos, a partir de dados coletados nas mesmas, diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (H), fazendo estimativas em relação ao volume da madeira, biomassa do indivíduo e assim inferir sobre o carbono acumulado.

O modelo indireto utilizado no trabalho, foi utilizado em trabalhos anteriores de HIGUCHI (1998) e ARAÚJO (1995), e é considerado um método muito consistente, por ser fundamentado em mais de uma variável, DAP e H, além de adotar diferentes coeficientes de transformação de acordo com o DAP dos indivíduos, dando mais robustez ao resultado. No trabalho de ARAÚJO (1995) confrontou-se de forma rudimentar as equações do método indireto com seus resultados obtidos utilizando-se de

método direto. Não foi constatada pelo autor diferença significativa entre os resultados encontrados com a utilização dos dois métodos. Posteriormente esse método indireto foi aprimorado por HIGUCHI (1998).

Para estimativa de captação de carbono, primeiramente realizou-se a delimitação da área de estudo com o uso de um aparelho de GPS da marca Garmin Etrex 10 e o tamanho da área foi mensurado. Dentro da área delimitada, todos os indivíduos foram analisados. Em cada indivíduo, foram obtidas as medidas de Circunferência à Altura do Peito (CAP) na altura de 1,3 m e altura (H) dos indivíduos. A partir destes dados, foi aplicada a equação alométrica Diâmetro à Altura do Peito (DAP) por Altura (H) para gerar dados sobre biomassa das árvores. Fez-se o uso de duas equações. A primeira (Equação 1) foi aplicada para indivíduos com DAP > 20 cm. A segunda (Equação 2), para indivíduos com DAP entre 5 e 20 cm.

A transformação de peso fresco em peso seco foi feita utilizando o fator de conversão de 0,60. Segundo HIGUCHI et al. (1998), sessenta por cento (60%) do valor do Peso Fresco (PF) corresponde ao Peso Seco (PS), uma vez que quarenta por cento (40%) é água. Já o total de Carbono é quarenta e oito por cento (48%) do Peso Seco (PS), sendo assim a transformação foi feita utilizando 0,48 como fator de conversão. A conversão do carbono em CO₂ foi realizada multiplicando-se o total de carbono estocado por 44/12 (razão do peso molecular do CO₂ e do carbono) (COTTA et al., 2006).

$$\text{Equação 1: } PF = 0,0336 * DAP^{2,171} * H^{1,038}$$

$$\text{Equação 2: } PF = 0,0009 * DAP^{1,585} * H^{2,651}$$

2.3 Estimativa de Emissões de Carbono

Foi realizado um levantamento em loco no Horto Florestal Tote Garcia dos veículos existentes, sendo 10 caminhões cadastrados para realização de serviço de captação e distribuição de água no município de Cuiabá, com seus respectivos consumos de combustível. O óleo diesel utilizado pelos veículos é considerado um composto com alto índice de emissão de poluentes, por ser derivado do petróleo e possuir densidade de 0,85 kgL⁻¹, representando uma emissão de 2,22 kgL⁻¹ (0,00222 t.L⁻¹) de CO₂, sendo mais poluente que a gasolina que deriva da mesma matéria prima, porém o diesel é composto por hidrocarbonetos mais pesados.

3. RESULTADOS

3.1 Potencial de Sequestro de Carbono

A região de seringueira encontrada nas dependências do Horto Florestal Tote Garcia possui área de 3328 m², com um total de 355 indivíduos. A altura dos indivíduos analisados variou entre 15 e 20 metros (Figura 3). A distribuição diamétrica da população de seringueira pode ser visualizada na Figura 2.

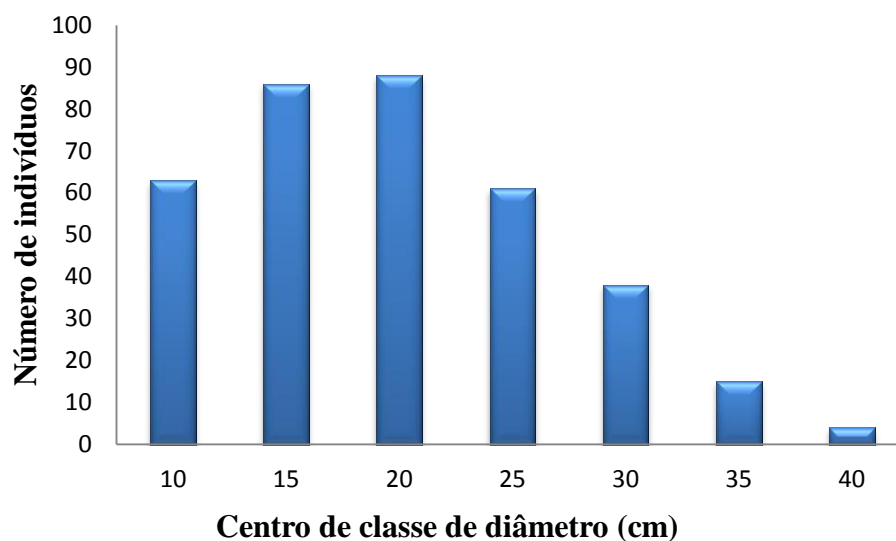


Figura 2 Número de indivíduos da população de seringueira por classe de diâmetro.

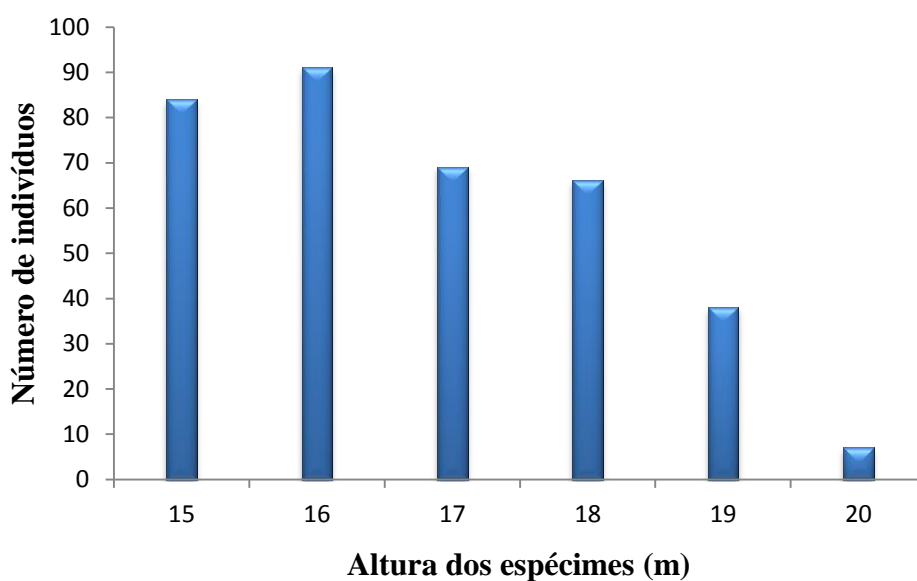


Figura 3 Número de indivíduos da população de seringueira por classe de altura.

Percebe-se com a figura que a distribuição não segue a normalidade, caracterizando um tipo de povoamento inequiano. Esse tipo de povoamento, também designados por irregulares ou disetâneos, é aquele que possui pelo menos três classes de idade misturadas no mesmo povoamento. Os povoamentos inequianos podem ser naturais ou artificiais. Esse resultado era esperado uma vez que no local, após o plantio das primeiras seringas no início do florestamento, não houve manejo, sendo as demais tendo se desenvolvido de forma espontânea e natural, resultando assim em um povoamento com indivíduos que possuem diferentes idades que consequência em diferentes valores de diâmetros. Cotta et al. (2008) encontraram uma distribuição diamétrica normal estudando uma área de seringa em que todos os indivíduos possuíam a mesma idade, 34 anos, concluindo tratar-se de um povoamento equiano.

Aplicando a equação alométrica, baseando-se nos dados de DAP e H, estimou-se que as seringueiras existentes no Horto Florestal Tote Garcia com DAP entre 5 e 20 cm responsável por neutralizar 12,02 tC e DAP>20cm responsável por 15,96 tC. No total todos os indivíduos são responsáveis pela captação de 27,98 tC que corresponde a 102,70 tCO₂.

A área possui o equivalente a 0,3328 há. Admitindo-se uma uniformidade da área para uma extensão de 1ha, esta seria capaz de realizar o sequestro de 308,59 tCO₂ha⁻¹ ou 84,08 tCha⁻¹. Em estudo realizado com seringa na Índia por Dey (2005) foi estimado um potencial de captação de carbono de 92,70 tCha⁻¹, sendo 9,29% superior ao encontrado no presente estudo. Já Cotta (2008) verificou que o potencial de sequestro de carbono por seringueiras é de 84,70 tCha⁻¹, 0,73% superior a área do horto Tote Garcia. A diferença de captação de carbono em ambientes distintos é esperada uma vez que esse valor pode variar dependendo de características da área na qual se encontram, como clima, solo, densidade de organismos no local, além da idade desses indivíduos.

Pode-se dizer que a área estudada já pode ter chegado ao seu auge de sequestro de carbono, uma vez que já foi constatado que isso ocorre quando espécimes de seringueiras registram idade de 21 anos (Yang 2005). Como a área de seringa do horto foi iniciada em 1986, muitos dos indivíduos já possuem quase 30 anos de idade. Vale ressaltar que a importância das seringueiras vai além da captação de carbono feita pelos indivíduos, uma vez podem potencializar também o sequestro de carbono que ocorre no solo (Wang e Li, 2003 ; Yang et al. 2005).

3.2 Remoções x Emissões de CO₂

É disponibilizado aos caminhões o abastecimento de combustível uma vez por semana, onde fica limitado ao motorista o uso da capacidade máxima do seu tanque semanalmente, não podendo extrapolar essa quantia. O combustível é fornecido pela Secretária de Obras da Prefeitura Municipal de Cuiabá e os veículos são de uso único e exclusivo do município, não podendo ser usado para serviços particulares.

Conforme demonstrado na Tabela 1, analisando todos os veículos, há uma estimativa de emissão de CO₂ de 192,71 tCO₂ano⁻¹. Considerando que a área de seringueira analisada tem a capacidade de sequestrar 102,70 tCO₂, pode-se concluir que a manutenção desta área neutraliza aproximadamente 53,29% de dióxido de carbono emitidos pelos caminhões-pipas em um ano.

Tabela 1 Características dos caminhões-pipas utilizados no Horte Florestal Tote Garcia e suas estimativas de consumo de diesel e emissão de CO₂.

Marca e Placa	Volume do Tanque de Água (L)	Volume do Tanque de Diesel (L)	Consumo Médio Mês (L)	Emissão de CO ₂ t.mês ⁻¹	Emissão de CO ₂ t.ano ⁻¹
VW (JYK7115)	8000	270	748	1,66	19,92
MBZ (GRA4987)	8000	270	726	1,61	19,34
FORD (HRJ5362)	8000	210	698	1,54	18,59
GMC (JZC3084)	8000	270	745	1,65	19,84
VW (OAP1797)	8000	270	762	1,69	20,29
VW (OAP1867)	8000	270	732	1,62	19,50
VW (HYA1068)	8000	270	675	1,49	17,98
VW (OAP1847)	8000	270	714	1,58	19,02
VW (OAP1857)	8000	270	724	1,60	19,28
VW (OAP1887)	8000	270	710	1,57	18,91
TOTAL		2640	7234	16,05	192,71

Ao realizar os cálculos utilizando o máximo de combustível que os caminhões podem solicitar a Secretária de Obras do município, os mesmos estariam emitindo

281,31 tCO₂ano⁻¹, o mesmo que 76,65 tCano⁻¹. Com isso a área verde de seringueira conseguiria neutralizar apenas 36,5% do carbono gerado pela queima do combustível.

5 CONCLUSÃO

O estoque de carbono na biomassa arbórea das árvores de seringueira possui valores importantes para neutralizar emissões de origem antrópica, uma vez que uma pequena área, correspondente a aproximadamente 30% de 1ha já consegue sequestrar carbono equivalente a meio ano de emissão de dez veículos de grande porte que utilizam diesel como combustível. As seringueiras conseguem realizar o sequestro de uma grande quantidade de carbono devido a sua alta capacidade metabólica de biossintetizar as moléculas de carbono captadas na atmosfera, se mostrando assim uma espécie recomendada para ser utilizada em florestamento e reflorestamento.

Sugere-se que atividades ou empreendimentos, sejam de caráter público ou privado, caso desejem fazer a compensação de suas emissões, executem-as evitando desmatamento de áreas já florestadas ou por meio de florestamento/reflorestamento. Nesse último caso, seringueiras mostram-se eficientes para o alcance do objetivo, pois apresentam potencial de realização desse serviço ambiental que tanto contribui assim para a melhoria da qualidade do ar, como também pra manutenção do clima.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, T.M.. **Investigação das Taxas de Dióxido de Carbono Gerado em Queimadas na Região Amazônica. Tese de Doutorado**, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 212 p. (1995).

AREVALO, L. A.; ALEGRE, J.C.; VILCAHUAMAN, L.J.M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Embrapa Florestas. Documentos, 73 (2002).

CAMPANHARO, W. A., et al. **"Potencial impacto das mudanças climáticas sobre o zoneamento agroclimático para a seringueira no Espírito Santo."** (2011).

CARVALHO, J. L.N., et al. **Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo (2010).

CERRI, C.C.; CERRI C.E.P. **Agricultura e aquecimento global.** Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo v.32 n.1 (2007).

COTTA, M.K., et al. **Quantificação de biomassa e geração de certificados de emissões reduzidas no consórcio seringueira-cacau.** Revista *Árvore* v.32, n.6 (2008).

DE LIMA, S.M.C. **O protocolo de quioto como instrumento de fomento à preservação ambiental e desenvolvimento econômico: desafios e possibilidades.** (2009).

DEY, S.K. **A preliminary estimation of carbon stock sequestered through rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation in north eastern region of India.** Indian Forester. v.131 n.11 (2005).

FERNANDES, T. J.G., et al. **Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de *Hevea sp.*, aos 12 anos de idade, na Zona da Mata Mineira.** Revista *Árvore* v.31 n.4 (2007).

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. **Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira.** Acta Amazônica. v.28 n.2 (1998).

HIGUCHI, N. et al. **Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central.** Floresta v.34 n.3 (2004).

JACOVINE, L. A. G.; Nishi, M. H.; Silva, M. L.; Valverde, S. R.; Alvarenga, A. P. **A Seringueira no contexto das negociações sobre mudanças climáticas globais.** IN: Alvarenga, A. P.; Carmo, C. A. F. S. (ed). **Seqüestro de carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural,** Viçosa-MG, v.35 n.2 (2006).

MARTINS, F.S. **O desenvolvimento sustentável e os projetos de MDL no Brasil.** (2010).

MESQUITA, J. E. P. U. **Sequestro de carbono de biomassa no PRAD do aeroporto internacional do Rio de Janeiro Galeão/Antônio Carlos Jobim.** (2006).

OKINO, E. A. et al. **Utilização da Madeira de Hevea brasiliensis Muell. Arg. na fabricação de Chapas Aglomeradas ."** Revista Arvore v.24 n.3 (2000).

OLIVEIRA, C. R. M.; Barbosa, J. P. R. A. D.; Soares, A. M.; Oliveira, L. E. M.; Macedo, R. L. G. **Trocas gasosas de cafeeiros (Coffea arabica L.) e seringueiras (Hevea brasiliensis Muell. Arg.) em diferentes sistemas de cultivo na região de Lavras, MG.** Revista Árvore, v.30, n.2 (2006).

PEREIRA, André S.; Peter H. MAY. **"Economia do aquecimento global."Economia do meio ambiente: teoria e prática.** Rio de Janeiro: Elsevier (2003).

PREFEITURA MUNICIPAL DE CUIABÁ, www.cuiaba.mt.gov.br/secretarias/meio-ambiente/horto-florestal/, 2015. Acessado em: 25/08/2015

RENNER, R.M. **Sequestro de Carbono e viabilização de novos reflorestamento no Brasil** (2004).

SCHNEIDER, P.R., et al. **"Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de acácia-negra (Acacia mearnsii de Wild.)."** Ciência Florestal v.15 n.4 (2005).

SEIFFER, M.E.B.. **Mercado de carbono e protocolo de Quioto: oportunidades de negócio na busca da sustentabilidade** -São Paulo: Athas, (2009).

YANG, J.C., J.H. Huang, J.W. Tang, Q.M. Pan & X.G. Han. **Carbon sequestration in rubber tree plantations established on former arable lands in Xishuangbanna, SW China.** Acta Phytoecologica Sinica v.29 n.7 (2005).