

Carlos Augusto Arantes

Arantes & Associados Ltda

arantes@pericia.eng.br

Correspondência/Contato

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Departamento de Engenharia Mecânica

Rua Daniel Danelli, s/n, Jd. Morumbi
Taubaté - SP
CEP 12060-440
Fone (12) 3625-4193

Editores responsáveis

Prof. Dr. Luiz Eduardo Nicolini do P. Nunes
luiz.nunes@unitau.com.br

Profª. Dra. Valesca Alves Correa
valesca.correa@unitau.com.br

REPOSIÇÃO DE BIOMASSA PELA SUPRESSÃO DE EXEMPLARES ARBÓREOS NATIVOS ISOLADOS

RESUMO

Em estudo de impacto causado por supressão de árvores nativas isoladas em área rural, constatou-se, por pesquisa, a falta de embasamento técnico nas exigências, por parte de órgãos ambientais licenciadores, quando das exigências de reposição florestal mantendo a variabilidade genética, em caso de abate de árvores isoladas em pastagens ou áreas de lavoura. Este trabalho pretende trazer à discussão uma metodologia proposta visando reparar os danos ambientais causados por abate isolado de árvores em áreas rurais, podendo o modelo ser transposto para áreas urbanas, com vistas a atender às normativas legais e, em especial, ao determinado no art. 225 da Constituição Federal. Foram ainda observados os ditames na Norma Técnica ABNT 14.653 e de legislações ambientais brasileiras.

Palavras-chave: Pagamento, Ambiental, Reposição, Biomassa.

ABSTRACT

It has been found, through research, impact analysis in rural areas caused by suppression of isolated native trees, the lack of technical grounding in the demands of environmental licensing agencies, when requiring reforestation which maintain genetic variability, in case of slaughter of isolated trees in pastures or crop areas. This work aims to bring to the discussion a methodology proposal to repair the environmental damage caused by isolated logging in rural areas. Such a model can be transposed to urban areas, in order to meet legal regulations and, in particular, the determined in art. 225 of the Federal Constitution. The dictates of Technical Standard ABNT 14,653 and Brazilian environmental legislation were also observed.

Keywords: Payment, Environmental, Replacement, Biomass.

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo pretende trazer à discussão uma proposta de metodologia visando reparar os danos ambientais causados por supressão de exemplares arbóreos nativos vitalizados e isolados, fora de áreas de Reserva Legal, Preservação Permanente, Parques, Reservas ou Estações Ecológicas, porém situados em áreas rurais antropizadas, podendo o modelo vir a ser transposto para áreas urbanas, sem necessidade de modificações, com fito a atender às normativas legais e, em especial, ao determinado no art. 225 da Constituição Federal (BRASIL, 1988), como vemos:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

- I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;
- II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;
- III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção
- IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;
- V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;
- VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;
- VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais à crueldade. “

1.1 Definições

Exemplares arbóreos nativos vitalizados e isolados - são aqueles situados fora de fisionomias vegetais nativas, sejam florestais ou savânicas, cujas copas ou partes aéreas não estejam em contato entre si, destacando-se na paisagem como indivíduos isolados, e ainda estão vivos.

Biomassa: é a quantidade total de matéria viva de um ecossistema.

1.2 Objeto do Estudo

Em estudo pericial surgiu uma dúvida no cumprimento do trabalho visto que era necessário o cálculo do dano ambiental em área de pastagem plantada erradicada para plantio de lavoura canavieira, onde diversas árvores nativas isoladas foram abatidas, sem licenciamento ambiental.

Estas árvores possuíam diversos tamanhos, e eram de diversas espécies. Quando da vistoria à campo, pode-se observar ainda as espécies em campo, já abatidas, porém inteiras (sem desgalha). Continham aí, espécies diversas do bioma mata atlântica, com predominância de ipês (*Tabebuia sp.*).

Definido este abate como “impacto ambiental”, conforme Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986:

Art. 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - ...

II - ...

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais.

Desta forma, o licenciamento ambiental é obrigatório consoante Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997:

Art. 2º - A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependem de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis. (grifei)

No caso de ausência de licenciamento, como o caso da perícia em tela, segundo determinação legal, temos as seguintes obrigações:

- Cessar o dano.
- Recompôr por completo o dano (se possível).

Havendo como embasamento legal a Constituição Federal (BRASIL, 1988), em seu:

Art. 225 - § 3º. As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. (grifei)

Ou seja, recuperar o ecossistema alterado por sua ação ou atividade, de tal forma a recompôr integralmente o interesse público representado pelo bem ambiental.

As obrigações serão de três espécies:

- 1) Não fazer, que consiste na abstenção de ação ou atividade danosa em curso ou a ocorrer brevemente (ou, a paralisação imediata de toda e qualquer ação ou atividade que ponha em risco a higidez ambiental);
- 2) Obrigação de fazer, estabelecendo-se quais fatos deverão ser prestados pelo infrator e as condições de seu cumprimento. As “obrigações por fazer” pode ser dividida em *urgentes* ou *não urgentes*: aquelas, as urgentes, serão obrigações de natureza instrumental destinadas a garantir o não perecimento do bem ambiental e que a recuperação futura seja bem-sucedida. As não urgentes são as obrigações dizentes à própria recuperação ambiental, uma vez garantidas as condições por meio de fatos ou atos urgentes anteriores;
- 3) Obrigação de dar, que se traduz na obrigação de entregar certa quantia em dinheiro, correspondente ao valor econômico dos danos ambientais irrecuperáveis. Somente quanto a esses – os danos irrecuperáveis – se admitirá pagamento de indenização, posto que os recuperáveis deverão ser necessariamente, objeto de obrigação de fazer.

No caso em tela, temos a “obrigação de não fazer” e a “obrigação de fazer”.

Cessado o dano (obrigação de não fazer), restou a pergunta – como recompor ao *status quo* anterior (obrigação de fazer) estas árvores nativas abatidas?

Normalmente quando se pensa em recompor o dano, pensa-se em plantar certa quantidade de árvores, ou igual ou superior àquela abatida. Inexiste a possibilidade de recompor aquela árvore abatida, mas existe a possibilidade de colocar outra (s) em seu lugar (minimização do dano). Podendo ser tanto no local impactado, quanto em outro local previamente determinado e acordado com o órgão ambiental fiscalizador ou com a Curadoria do Meio Ambiente.

Em muitos estudos, o pagamento ambiental é ferramenta corretiva de danos causados.

2 METODOLOGIA BÁSICA APLICADA

No presente estudo, a atenção encontrou-se voltada para o pagamento ambiental no tocante ao abate de árvores nativas vitalizadas e isoladas, onde alguns órgãos ambientais costumam solicitar pagamento (ou compensação) ambiental, através de TAC Termo de Ajustamento e Conduta, na proporção de **05:01** a **10:01**, ou seja, a cada árvore abatida, de cinco a dez unidades são replantadas. Em muitos casos, não obrigatoriamente da mesma espécie.

Essa ação poderia ser vista com bons olhos em termos de biodiversidade, mas sob outra ótica, o que na realidade temos, é o abate de indivíduos adultos, produtores de sementes, e, principalmente, repositórios de carbono em sua biomassa, quais não são repostos em sua integralidade.

Em alguns casos, como São Paulo, através da Resolução SMA – 18 de 11 de abril de 2.007 temos o pagamento ambiental exigido de forma crescente, sendo o máximo a proporção de 50:1, porém sem especificar tamanho (DAP) nem variedade das mudas a implantar (quantificação por espécie).

Mas, com base em que cálculo?

Por pesquisa em diversas legislações, trabalhos de diversos autores e sites da internet nenhum parâmetro técnico foi encontrado. Somente Resolução da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, porém, sem demonstrativo de cálculo que chegasse a esse valor de reposição.

O presente estudo, tem como objetivo apresentar uma fórmula matemática onde o pagamento ambiental, por abate de árvores vitalizadas isoladas, seja padronizado e tenha sua função, ou seja, reparar o dano ao meio ambiente na exata proporção em que foi afetado.

A dendrometria, segundo Huffel¹ (1919), permite a determinação do volume dos produtos da floresta.

Segundo Prodan² (1957) a dendrometria trata dos métodos de medição e quantificação das grandezas quais definem o volume, forma e crescimento das árvores.

Consoante ainda Pardé & Bouchon³ (1988), a dendrometria objetiva obter a medida de dimensões das árvores, sua forma e a estimativa de seu volume. Que nos auxiliará no objetivo deste trabalho.

Existem dois tipos de medidas:

Medida direta – efetuada de forma direta, como o diâmetro de 1,30 metros de altura (DAP – Diâmetro de altura ao peito).

Medida Indireta – obtida através de instrumentos óticos.

O diâmetro é a medida fundamental a ser obtida da árvore, pois esta afeta o cálculo do volume, área basal e peso.

Como equação de cálculo do diâmetro de uma árvore tem-se (1):

$$D = \frac{C}{\pi} \quad (1)$$

Onde:

D = diâmetro que se pretende aferir (DAP – medido a 1,30 m de altura)

C = circunferência do tronco da árvore

π = 3,1416

Na medição de diâmetro da árvore em pé, pode-se, em alguns casos, encontrar diversos obstáculos, tais como inclinação, bifurcações ou deformações. No caso de árvores bifurcadas, deve-se medir o diâmetro da primeira bifurcação, depois da segunda bifurcação e depois somá-los. No caso de uma mesma altura de bifurcações, pode-se calcular o volume com a Equação (2):

$$D = \sqrt{D_1^2 + D_2^2} \quad (2)$$

¹ HUFFEL, G. *Économic forstière*, tome II, 2 ed. Paris. La Maison Rustique. 1919. 502 p.

² PRODAN, M. *Messung der Waldbestände*. Frankfurt – am – Main. J.D. Sauer – Lander's Verlag. (1957)

³ PARDÉ J. & BOUCHON – *Dendrométrie* (1988).

Para medição do diâmetro do tronco, pode-se utilizar de uma fita métrica comum. Para medição da altura das árvores, pode-se utilizar outras formas:

- 1) Através de medições:
 - Com hipsômetros.
 - Subindo na árvore.
 - Com trena (para árvores abatidas).
- 2) Através de estimativas.

Para o caso em questão, árvores abatidas, pode-se utilizar a trena simples que é de mais fácil manejo.

Porém, ao se tratar de árvores a abater (com a devida autorização ambiental, onde se estimará uma compensação ambiental), pode-se utilizar o Método da Vara. Esse método baseia-se na utilização de uma vara (pode ser uma régua comum ou uma trena de metal), onde a porção acima da mão tenha o comprimento igual à distância da vista do operador até a sua mão. Simples de operar consiste no seguinte: segurando a régua com o braço esticado, o operador vai se distanciando da árvore qual quer medir até que a linha de visada superior coincida com o topo da árvore e a linha de visada inferior com a base da árvore. Neste ponto, basta esticar uma trena até a base da árvore que se terá a altura da mesma.

De posse do DAP e da altura da árvore (H), pode-se calcular seu volume (em m^3), com a Equação (3):

$$V = DAP^2 \times H \quad (3)$$

Onde:

V = Volume a quantificar

DAP = Diâmetro a altura do peito

H = altura da árvore (da base até seu ápice).

Observando-se a Figura 1, para a medição do diâmetro, o mesmo deve ser medido nas duas extremidades da tora, realizando a média aritmética da medição cruzada e perpendicular entre si.

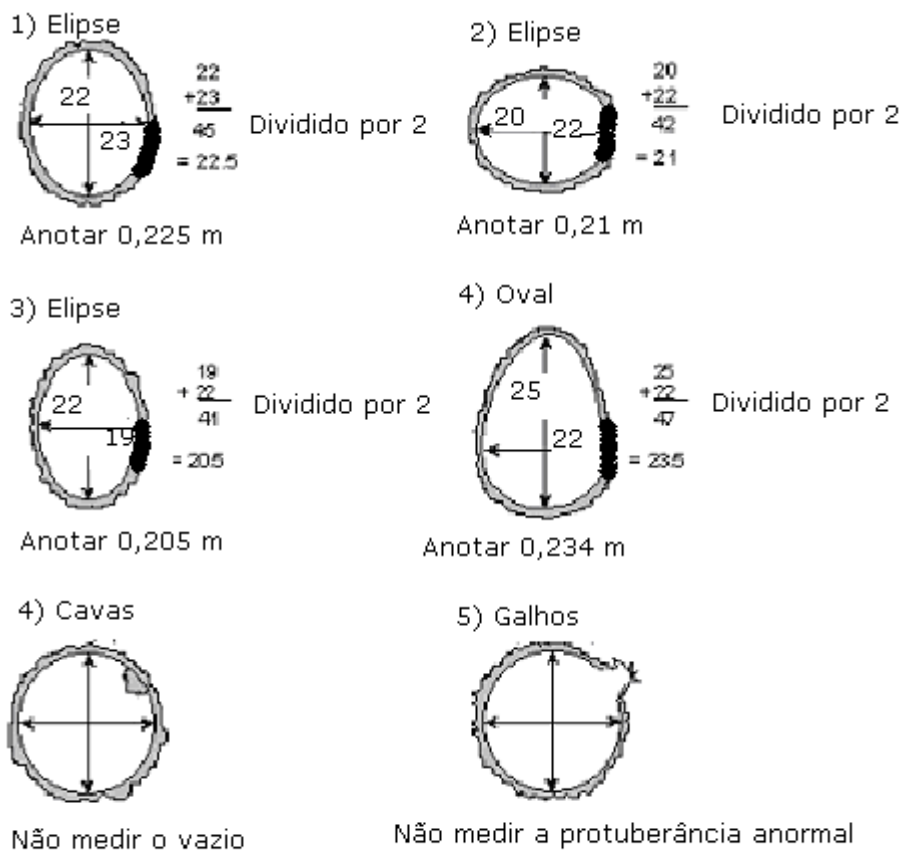


Figura 1. Medição do diâmetro de troncos
 Fonte: <http://www.cpatu.embrapa.br/BomManejo>

Ou ainda pela fórmula de Smalian (também conhecida como formula média das secções) (Eq. 4), onde o volume é obtido pelo produto da média aritmética de áreas seccionadas dos extremos, pelo seu comprimento:

$$V = \left[\frac{\left(d_b^2 \times \frac{\pi}{4} \right) + \left(d_t^2 \times \frac{\pi}{4} \right)}{2} \right] \times L \quad (4)$$

Onde:

V = volume em m^3

L = Comprimento da tora em metro

d_b = Diâmetro da base da tora em metro (obtido a partir da média do maior e menor diâmetro na seção – em cruz).

d_t = Diâmetro do topo da tora em metro (obtido a partir da média do maior e menor diâmetro na seção – em cruz).

Ou de forma mais simples (Fig. 2):

$$V = \frac{g_1 + g_2}{2} \times L \quad (5)$$

Onde:

V = Volume da seção considerada

g_1 = área seccional basal

g_2 = área seccional do topo da árvore

L = comprimento da seção.

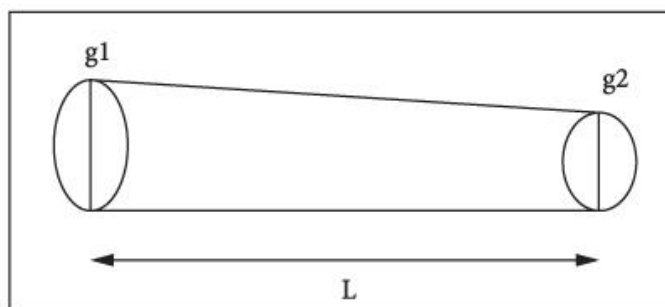


Figura 2. Cálculo do volume

As duas fórmulas permitem realizar cubagem rigorosa do material abatido.

Esta cubagem, conforme Fao (1973), citada por Belchior⁴ (1996), é o método direto de estimação do volume de árvores mais utilizado na rotina de inventários florestais e consiste na medição sucessiva de diâmetros ao longo do tronco, dividindo-o em seções. A aplicação da fórmula de Smalian, por exemplo, resulta no volume sólido.

Buscou-se, assim, a quantificação do volume sólido no povoamento florestal impactado.

Observa-se que, no caso em tela, não nos interessa o volume comercial da árvore e nem seu diâmetro sem casca, pois estamos tratando de pagamento ambiental, e não de valor comercial da árvore abatida.

Para o caso de a árvore abatida já estar empilhada em campo, pode-se utilizar para cálculo de seu volume por simples cubagem (Eq. 6):

$$V_{emp} = H \times L_1 \times L_2 \quad (6)$$

Onde:

V_{emp} = Volume de madeira empilhada.

H = altura da pilha.

L_1 = largura da pilha.

L_2 = profundidade da pilha.

De posse das medidas das árvores abatidas, pode-se partir para o cálculo do pagamento por esse dano.

2.1 Modelo Atual

A crítica ao modelo atual de pagamento ambiental, é pelo fato do mesmo não ter um cálculo aritmético onde se origina a obrigatoriedade de recompor 10 unidades para cada unidade abatida, ou qualquer outro número aleatório. Esse modelo possui falha em desfavor ao meio ambiente, como veremos.

⁴ BELCHIOR, P. R. M. *Estimação de volumes total, de fuste e de galhos em mata secundária no município de Rio Vermelho, MG*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

Pelo atual modelo de pagamento ambiental, teremos a seguinte situação:

Muda de planta com 1,50 m de altura.

DAP = 0,06 m.

$$VB = DAP^2 \times H \quad (7)$$

Onde:

VB = Volume da Biomassa.

DAP = Diâmetro na altura do peito (cm)

H = altura da árvore (m)

$$VB = 0,06 \times 0,06 \times 1,5 = 0,0054 \text{ m}^3$$

Ou seja, uma muda de árvore a repor, nas especificações acima, tem seu volume de biomassa calculado em 0,0054 m³.

OBS: normalmente, em campo, as metragens das mudas em reposição restam entre 1,0 e 1,50 metros.

Multiplicando-se pela reposição obrigatória (10 unidades), teremos:

$$10 \text{ un} \times 0,0054 \text{ m}^3 = 0,054 \text{ m}^3 \text{ (volume de biomassa de 10 mudas a repor)}$$

Ou seja, para cada árvore abatida, obriga-se a reposição de tão somente **0,054 m³**, sem levar em consideração outros fatores de importância para a manutenção do bioma e sustentabilidade ambiental da microrregião, como:

Perda efetiva de Biomassa.

Carbono retido.

Biodiversidade.

2.2 Modelo Proposto

O modelo propõe a recomposição do dano por completo. Entende-se que, tão somente a reposição de mudas, única e simplesmente não é o suficiente. Há que se cubicar a madeira abatida, repondo o mesmo volume de biomassa, além de repor o carbono liberado por essa supressão, preservando a biodiversidade.

Tem-se, então, duas formas de cálculo, uma pela reposição de biomassa e outra pela reposição de carbono liberado.

2.2.1 Reposição da biomassa

Pretende-se a reposição da biomassa perdida, para tanto, calculando a cubagem do material suprimido em sua direta proporção.

Por exemplo: Supondo que seja erradicada, uma (01) espécie vegetal de Ipê (*Tabebuia sp. família Bignoniaceae*) com *DAP* – diâmetro na altura do peito - de 43 cm, e altura de 3,0 metros, com idade média de 8 anos, seguir-se-á com o seguinte cálculo:

$$DAP = 0,43 \text{ m}$$

$$H = 3,0 \text{ m.}$$

O que nos leva ao seguinte volume de biomassa (*VB*):

$$VB = DAP^2 \times H \quad (8)$$

$$VB = 0,43 \times 0,43 \times 3,0$$

$$VB = 0,5547 \text{ m}^3.$$

Comparando a árvore abatida com as mudas repostas calculadas no inciso anterior, tem-se:

Tabela 1 – Comparação da árvore abatida com as mudas repostas

Volume de Biomassa da Árvore abatida (VBaa)	Volume de Biomassa de cada muda a repor (VBm)	Interrelação	Diferencial
0,5547m ³	0,0054 m ³	102,72 : 1	0,5493 m ³

Tem-se então que, o meio ambiente perde, somente em reposição de madeira (biomassa), sem contar a perda da área de copa e carbono liberado, 102,72 árvores ou 0,5493 m³ por cada unidade abatida, pelo cálculo demonstrado.

Cubica-se, pois, a madeira abatida, onde o poluidor – pagador deverá compensar em exata metragem cúbica, divide-se pela metragem cúbica das mudas a implantar, obtendo então, a reposição cúbica da madeira suprimida, utilizando-se a fórmula (8):

$$RB = \frac{VBaa}{VBm} \quad (8)$$

Onde:

RB = Reposição da Biomassa

VBaa = Volume de Biomassa da(s) árvore(s) abatida(s)

VBm = Volume de Biomassa das mudas

Tem-se como calculado:

$$VBaa = 0,5547\text{m}^3$$

$$VBm = 0,0054 \text{ m}^3$$

Então:

$$RB = 0,5547\text{m}^3 \div 0,0054 \text{ m}^3 \rightarrow 103 \text{ unidades.}$$

Ou seja, para cada unidade abatida, a reposição de 103 unidades, de mesma espécie, nas especificações como descrito neste estudo.

2.2.2 Reposição de carbono liberado

Sabendo que as árvores armazenam carbono, pode-se, de forma linear, calcular, que com o abate e queima deste material lenhoso, será liberado na atmosfera todo o carbono armazenado (exceção quando se há a imobilização do carbono - em forma de móveis, e utensílios de madeira em geral).

Segundo a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável⁵ (FBDS), no trabalho realizado por Peter *et al.* (1996), os autores estimaram valores de 50,5% de carbono para folhagem, 47,7% para ramos, 46,8% para o tronco e 46,4% para as raízes. O referido estudo foi realizado com a espécie *Eucalyptus camaldulensis* plantada no cerrado do estado de Minas Gerais. No estudo conduzido por Busnardo⁶ *et al.* (1985), estes autores obtiveram um valor médio de 46% de carbono para o resíduo integral. Resíduo é a parte aérea da árvore que não é colhida, constituída pelos ramos e folhas. Portanto, para cálculo de campo, pode-se utilizar um valor médio de 46% de carbono armazenado para o resíduo integral

Segundo recente estudo de Schoeninger⁷ (2006), o teor de carbono médio determinado na vegetação arbórea em floresta ombrófila densa foi de 422 g kg⁻¹, com erro percentual médio em relação às amostras de verificação de 3,59%, para quantidade de carbono. Extrapolando-se para o estudo em tela, temos que além da reposição da biomassa, há que se recuperar o carbono liberado, para zerar esse débito. Utilizaremos esses valores para o cálculo a seguir.

O modelo proposto se propõe a rearmazenar a quantidade de carbono desprendida quando do abate, partindo dos seguintes parâmetros:

$T_{cm} = 422\text{gr de carbono / kg de unidade abatida.}$

$DM = \text{Densidade da } Tabebuia \text{ sp.} = 1.070,00 \text{ kg/m}^3 \text{ (PAULA \& ALVES}^8, 1997).$

$$CL = QC \times Dm \quad (9)$$

Onde:

$CL = \text{Carbono Liberado.}$

$QC = \text{Quantidade de Carbono armazenado por quilo da madeira.}$

$Dm = \text{Densidade da madeira.}$

$T_{cm} = \text{Teor de Carbono Médio}$

⁵ <<http://www.fbds.org.br/>>.

⁶ BUSNARDO, C. A.; GONZAGA, J. V.; BENITES, E. P. e BORSSATTO, I., 1985. Quantificação para fins energéticos da biomassa florestal de povoamentos de *Eucalyptus saligna* de primeira e segunda rotação. Espaço Florestal. AGEF, Porto Alegre

⁷ SCHOENINGER, E.R., Tese de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - "Uso de redes neurais artificiais para mapeamento de biomassa e carbono orgânico no componente arbóreo de uma Floresta Ombrófila Densa", Universidade Federal do Paraná, 2006.

Para a espécie madeireira em tela (*Tabebuia sp.*), temos:

$$QC = 422 \text{ gr de carbono/kg}$$

$$Dm = 1.070 \text{ kg/m}^3.$$

Ficando:

$$CL = 422 \text{ gr} \times 1.070 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 451,54 \text{ kg/m}^3.$$

Sendo (como já calculado):

$$VBaa = 0,5547 \text{ m}^3$$

$$CLT = CL \times VBaa \tag{10}$$

$$CLT = 451,54 \text{ kg/m}^3 \times 0,5547 \text{ m}^3 \rightarrow 250,4692 \text{ kg}$$

Onde:

$$CLT = \text{Carbono Liberado Total}$$

$$CTI = \frac{CLT}{CIP} \tag{11}$$

Onde:

$$CTI = \text{Carbono Total à Imobilizar}$$

$$CIP = \text{Carbono à Imobilizar pelo Plantio.}$$

$$CIP = 0,0054 \text{ m}^3 \times (422 \text{ gr} \times 1.070 \text{ kg/m}^3) \rightarrow 2,4383 \text{ kg}$$

Calculando agora, a quantidade de mudas à repor, teremos:

$$CTI = \frac{250,4692 \text{ kg}}{2,4383 \text{ kg}} = 103 \text{ unidades}$$

Ou, a fórmula composta:

$$CTI = \frac{(Qc \times Dm) \times VBaa}{RB(Tcm \times Dm)} \tag{12}$$

⁸ PAULA, J.E.; ALVES, J.L.H. Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção, uso. Brasília; Fundação Mokiti Okada, 1997.

2.2.2.1 Densidade de algumas espécies

Visando facilitar os cálculos de outras espécies, tem-se na Tabela 2 com densidade de espécies nativas da flora brasileira.

Tabela - Densidade de espécies nativas da flora brasileira

Nome Popular	Nome Científico	Densidade kg/m ³
Agreste		1.100,00
Amburana ou Cerejeira	<i>Amburana cearensis</i>	600,00
Amendoim	<i>Pterogyne nitens Tul.</i>	770,00
Andiroba	<i>Caraba guianensis Aubl.</i>	720,00
Angelim	<i>Vatairea heteroptera Ducke</i>	930,00
Angelim-Pedra	<i>Hymenolobium</i>	1.210,00
Angico-Preto	<i>Anadenanthera macrocarpa Benth.</i>	1.050,00
Aroeira-Do-Sertão ou Urundeúva	<i>Astronium urundeuva</i>	1.190,00
Cabriúva-Vermelha ou Bálsamo	<i>Myroxylon balsamum L.</i>	950,00
Canafístula	<i>Cassia ferruginea Schrad</i>	870,00
Candeia ou Cambará	<i>Moquinia polymorpha Less.</i>	750,00
Cedro	<i>Cedrela Odorata</i>	635,00
Cumarú	<i>Dipteryx Odorata</i>	1.300,00
Garapa ou Grapiapunha	<i>Apuleia leiocarpa Vog.</i>	830,00
Imbuia	<i>Ocotea porosa Nees ex. Mart.</i>	650,00
Ipê	<i>Tabebuia sp</i>	1.070,00
Ipê-Roxo ou Ipê-Una ou Pau D'arco	<i>Tabebuia impetiginosa Mart.</i>	960,00
Jatobá	<i>Hymenaea Courbaril</i>	1.275,00
Jatobá ou Jataí	<i>Hymenaea stilbocarpa Hayne</i>	960,00
Louro-Frejo	<i>Cordia goeldiana</i>	1.000,00
Louro-Vermelho	<i>Nectandra Rubra</i>	1.100,00
Massaranduba	<i>Manilkara Elata</i>	1.320,00
Mogno ou Aguano	<i>Swietenia macrophylla</i>	630,00
Muiracatiara	<i>Astrnium Lecointei</i>	1.225,00
Pau-Amarelo	<i>Euxylophora Paraensis</i>	1.225,00

Nome Popular	Nome Científico	Densidade kg/m ³
Pau-Marfim	<i>Agonandra Brasiliensis / Balfourodendron Riedelianum</i>	1.015,00
Pequiá	<i>Caryocar Villosum</i>	1.210,00
Peroba-Rosa	<i>Aspidosperma polyneuron Muell.</i>	790,00
Sucupira	<i>Bowdichia Nitida</i>	1.310,00
Sucupira-Parda ou Sucupira-Preta	<i>Bowdichia virgilioides H.B.K</i>	940,00
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis Aubl.</i>	820,00
Tauari	<i>Couratari cf. oblongifolia Ducke</i>	660,00

3. COMO EXEMPLO DE PERDA DE BIOMASSA EM ESCALA

A corroborar com este estudo, foi obtido, para a região de Araçatuba-SP, no mês de maio de 2007, o Quadro 1:

Quadro 1 - Autorizações emitidas para o corte de árvores isoladas

Município	Unidades
Rubiácea	84,00
Valparaíso	1,00
Buritama	93,00
General Salgado	916,00
Auriflama	531,00
Sto. Antonio do Aracanguá	296,00
Turiúba	3,00
Gastão Vidigal	89,00
Araçatuba	421,00
Luiziânia	101,00
Lourdes	212,00
Soma	2.747,00

Fonte: Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais

DEPRN – Araçatuba/SP, Srta. Silvia – 018 3621.3297.

Sendo de várias espécies, idades e tamanhos. Mas, somente para fins de cálculo demonstrativo, utilizaremos os valores demonstrados neste estudo, ficando:

$$\text{Cálculo da Biomassa} = 2.747 \text{ árvores isoladas} \times 0,5547 \text{ m}^3 \rightarrow 1.523,76 \text{ m}^3$$

Sabendo-se que a reposição obrigatória se deu antes da Resolução SMA-18, ou seja, a proporção de 10:1 (dez mudas para cada árvore abatida), tivemos a perda de biomassa assim calculada:

$$2.747 \text{ árvores isoladas (} Q_{aa} \text{)} \times 10 \text{ mudas} \rightarrow 27.470 \text{ mudas.}$$

$$27.470 \text{ mudas} \times 0,0054 \text{ m}^3 \rightarrow 148,34 \text{ m}^3$$

$$\text{Perda de Biomassa} = 1.523,76 \text{ m}^3 - 148,34 \text{ m}^3 \rightarrow 1.375,422 \text{ m}^3.$$

Ou, como cálculo da perda de carbono liberado pela supressão destes repositórios:

$$01 \text{ unidade de } Tabebuia \text{ sp.} = 2,51 \text{ m}^3 \text{ (conforme cálculos neste trabalho)}$$

$$P_{aa} = 1.070,00 \text{ kg/m}^3 \times 2,51 \text{ m}^3 \rightarrow 2.685,70 \text{ kg}$$

$$Q_{C_{laa}} = P_{aa} \times T_{cm}$$

$$Q_{C_{laa}} = 2.685,70 \text{ kg} \times 422 \text{ gr de carbono/kg de unidade abatida}$$

$$\rightarrow 1.133,37 \text{ kg de Carbono}$$

Onde:

P_{aa} = Peso da árvore abatida

$Q_{C_{laa}}$ = Quantidade de Carbono liberada por árvore abatida

$Q_{C_{lt}}$ = Quantidade de Carbono liberado total.

Q_{aa} = Quantidade de árvores isoladas autorizadas para corte.

Para o total de árvores licenciadas para corte pelo DEPRN:

$$Q_{c_{lt}} = Q_{C_{laa}} \times Q_{aa} \tag{13}$$

Onde:

$$Q_{C_{lt}} = 1.133,37 \text{ kg de Carbono} \times 2.747 \text{ árvores isoladas}$$

$$\rightarrow 3.113.367,39 \text{ kg de Carbono}$$

Ou seja, a região de Araçatuba perdeu, somente em um mês, 3.113.367,39 kg de Carbono sequestrado. Além do prejuízo ambiental, temos um prejuízo financeiro em termos de comercialização de carbono, ao preço de mercado de carbono de hoje:

$$\text{US\$ } 16,00/\text{ton} \times (3.113.367,39 \text{ kg} \div 1.000) \rightarrow \text{US\$ } 49.813,88$$

4. CONCLUSÃO

Pelo resultado obtido o modelo proposto apresenta confiabilidade, pois atinge os mesmos valores finais à indenizar, tanto em reposição por biomassa quanto em reposição por carbono retido.

Como visto, pelo modelo proposto, pretende-se tanto recompor o dano em medidas equivalentes (biomassa ou quantidade de carbono sequestrado), sem perda ambiental, procurando manter o mesmo bioma na microrregião, visando evitar a perda genética, minimizando, assim, o impacto ambiental sofrido. Em total consonância com o determinado na CF/88 em seu Art. 225 (BRASIL, 1988).

É um método simples, de fácil cálculo, que poderá beneficiar o meio ambiente já tão agredido, protegendo assim sua biodiversidade (ou variabilidade genética) para as futuras gerações.

Além disso, o modelo proposto atende ao art. 1.533, do Código Civil (lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002), onde se observa que as obrigações estabelecidas devem ser lícitas, possíveis material e juridicamente, bem como serem suscetíveis de quantificação econômica (devem ser “*certa quanto à sua existência e determinada quanto a seu objeto*”).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V. C. L.; LEITE, H. G. *Análise do perfil do tronco de árvores utilizando geometria analítica*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 35 p. (Relatório não Publicado de Iniciação Científica sem bolsa de pesquisa - Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- ANDRADE, V. C. L.; LEITE, H. G. Um novo método para estimar volume de árvores individuais. In: Seminário de Iniciação Científica, 6, 1998, Ouro Preto. Resumos... Ouro Preto: UFOP, 1998a. p. 69-70.
- ANDRADE, V. C. L.; LEITE, H. G. *Uma nova metodologia para medir e totalizar parcelas em um inventário florestal*. In: Seminário de Iniciação Científica, 6, 1998, Ouro Preto, Resumos... Ouro Preto: UFOP, 1998b. p. 73-74.
- ANDRADE, V. C. L.; LEITE, H. G. *Uso da geometria analítica para descrever o taper e quantificar o volume de árvores individuais*. Revista *Árvore*, v. 25, n. 4, p.481-486, 1998c.
- ARANTES, C.A., *Apostila do curso de Perícias Ambientais* – IBAPE.
- BATISTA, J. L. F. *Levantamentos florestais: conceitos de amostragem aplicados ao levantamento de florestas*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Florestais, 1998. 45 p.
- BELCHIOR, P. R. M. *Estimação de volumes total, de fuste e de galhos em mata secundária no município de Rio Vermelho, MG*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- BUSNARDO, C. A.; GONZAGA, J. V.; BENITES, E. P. e BORSSATTO, I., 1985. *Quantificação para fins energéticos da biomassa florestal de povoamentos de Eucalyptus saligna de primeira e segunda rotação*. Espaço Florestal. AGEF, Porto Alegre.
- Constituição Federal Brasileira de 1.988.
- HUFFEL, G. *Économie forestière*, tome II, 2 ed. Paris. La Maison Rustique. 1919.
- Norma Técnica ABNT 14.653.
- PARDÉ J. & BOUCHON – *Dendrométrie* (1988).
- PAULA, J.E.; ALVES, J.L.H. *Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção, uso*. Brasília; Fundação Mokiti Okada, 1997.

PRODAN, M. Messung der Waldbestände. Frankfurt – am – Main. J.D. Sauer – Lander's Verlag. (1957)

Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986.

Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997.

SCHOENINGER, E.R., Tese de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - "*Uso de redes neurais artificiais para mapeamento de biomassa e carbono orgânico no componente arbóreo de uma Floresta Ombrófila Densa*", Universidade Federal do Paraná, 2006.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. *Logarithmic expression of the timber volume*. Journal of Agriculture Research, v. 47, n. 9, p. 719-34, 1933.

SPIEGEL, M. R. *Mathematical Handbook of Formulas and Tables*. Schaum's Outline series in Mathematics. McGraw-Hill Book Co., 1968.

<<http://www.fbds.org.br/>>.

<<http://www.cpatu.embrapa.br/BomManejo>>