

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

**ESTOQUE DE CARBONO EM PLANTIOS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A.
St.- Hil.)**

CANOINHAS

2017

DOUGLAS PRADO MARCOS

ESTOQUE DE CARBONO EM PLANTIOS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St.-
Hil.)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.
Orientador: Prof. PhD Carlos Roberto Sanquetta

CURITIBA

2017

ESTOQUE DE CARBONO EM PLANTIOS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.)

Douglas Prado Marcos¹,

¹ Administrador de Empresas – UnC – Universidade do Contestado, Ciências Biológicas – UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Especialista em Gestão Pública - UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, douglasmarco@gmail.com

RESUMO

O objetivo da pesquisa é a quantificação do carbono e da biomassa total em um plantio convencional de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.) de propriedade da Ervateira Dranka, localizado na cidade de Canoinhas-SC. Foi realizado o inventário florestal com unidades amostrais circulares de forma sistemática para determinar os intervalos das classes diamétricas, permitindo a escolha das árvores a serem destruídas para o estudo. Para a determinação da biomassa foi seguida a metodologia de Sanquetta et al. (2006), escolhidas e abatidas trinta árvores sendo seis para cada classe diamétrica. As amostras frescas foram acondicionadas em pacotes de plástico para determinar o peso em balança de precisão. Em seguida sendo direcionadas para a secagem até atingir peso constante, determinando a biomassa seca das árvores amostradas. Para a determinação de teores de carbono, utilizou-se a média para a espécie, conforme Watzlawick (2003). Através da modelagem estatística obteve-se o estoque estimado de carbono na produção de erva-mate para esse povoamento.

Palavras chave: Biomassa total, Carbono, *Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.

ABSTRACT

The objective of the research is the quantification of the carbon and the total biomass in a conventional planting of mate herb (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.) owned by Ervateira Dranka, located in the city of Canoinhas-SC. The forest inventory was performed with circular sampling units in a systematic way to determine the diametrical class intervals, allowing the selection of the trees to be destroyed for the study. For the determination of the biomass, the methodology of Sanquetta et al. (2006), chosen and felled thirty trees being six for each diametrical class. The fresh samples were packed in plastic packages to determine the weight on a precision scale. After being directed to the drying until reaching constant weight, determining the dry biomass of the trees sampled. For the determination of carbon contents, the mean was used for the species, according to Watzlawick (2003). By the statistical modeling, the estimated carbon stock was obtained in the production of the mate herb for this population.

Keywords: Total biomass, Carbon, *Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. JUSTIFICATIVA	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	3
1.4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2. MATERIAIS E MÉTODOS	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
4. CONCLUSÕES	21
5. RECOMENDAÇÕES.....	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.) (Aquifoliaceae), é uma espécie de ocorrência na América do Sul, compreendendo os países Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai com predominância no Brasil se estendendo dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul, consumida principalmente sob a forma de infusão, porém sendo introduzida no mercado mundial, especialmente nos Estados Unidos e na Europa, seja na forma de chá ou como ingrediente para alimentos e suplementos dietéticos (BARZOTTO; ALVES, 2016).

A comercialização dos produtos oriundos da espécie erva-mate está em expansão sendo valorizado por suas propriedades químicas. Estudos indicam o potencial antioxidante, além da sua consolidada utilização através do chimarrão (infusão das folhas secas e trituradas em um modo muito particular utilizado a muito tempo pela população indígena dos locais de ocorrência), demonstram o potencial de utilização da espécie.

Toda a biomassa produzida pela espécie *Ilex paraguariensis* A. St.- Hil. pode ser utilizada de diferentes formas: a biomassa foliar, matéria prima para fabricação da erva mate para chimarrão, a biomassa dos galhos, oriundos da colheita, para a produção de carvões ativados que apresentaram área superficial específica mais elevada que a de materiais carbonáceos obtidos por pirólise comumente relatados na literatura. Os carvões apresentaram boas capacidades máximas de adsorção para três potenciais poluentes ambientais: o corante têxtil reativo vermelho reativo, o corante azul de metileno e o herbicida atrazina (GONÇALVES, 2007)

A importância econômica da espécie para a região do planalto norte catarinense, demonstra uma evolução do mercado da erva mate, possibilitando uma atenção maior ao potencial da espécie, em consonância com isso, os estudos para aprimoramento e identificação dos benefícios do seu cultivo e utilização vem ganhando espaço na academia, políticas públicas de incentivo a cadeia produtiva estão em votação, toda essa evolução traz uma ótima perspectiva econômica. A Comissão de Agricultura, Pecuária, Abastecimento e Desenvolvimento Rural aprovou o projeto do deputado Afonso Hamm (PP-RS) que institui a Política Nacional da Erva-mate (PL 4137/15), para estimular a cadeia produtiva da erva, muito tradicional em estados do sul do País (ASSUMPTÃO e JÚNIOR, 2016).

Por ser uma espécie nativa da América do sul, a produção ocorre muitas vezes em sub bosque de florestas nativas e proporcionam em tese, uma preservação de espécies consideradas em extinção como a Imbuia (*Ocotea porosa*) e o Pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*), os ervais, como são chamados, tem um ótimo desenvolvimento com a interação entre essas importantes espécies da região, que proporcionam o sombreamento e as condições adequadas para um bom desenvolvimento do plantio, a quantificação de biomassa e do estoque de carbono da erva mate é de grande relevância para os ecossistemas naturais.

1.1. JUSTIFICATIVA

A empresa Ervateira Dranka, está no mercado a mais de 30 anos, possui plantios de erva mate na região de Canoinhas, com foco na produção de erva mate para chimarrão, uma empresa com atitude voltada a sustentabilidade. Na localidade de Rio Pretinho, interior do município de Canoinhas, possui uma área de plantio de 16,73 hectares, destinada a pesquisas de produção, poda e educação ambiental. Os estudos sobre o estoque de carbono para a espécie são uma novidade para a região, a produção da biomassa foliar, renovada a cada colheita, estoca carbono através da fotossíntese e, além ser uma espécie nativa, promove o desenvolvimento sustentável.

Quando uma região promove o seu desenvolvimento econômico utilizando os recursos disponíveis sem agredir o meio em que vive, e gera renda e perspectiva social, atende plenamente a visão de sustentabilidade, deste modo uma espécie nativa da região, que seja utilizada comercialmente gerando pequenos impactos ambientais podendo ser explorada racionalmente e promovendo crescimento econômico torna-se viável para o crescimento de uma das regiões mais pobres do estado de Santa Catarina?

1.2. OBJETIVOS

- Objetivo Geral:

Quantificar o estoque de carbono em plantio convencional de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.) com o intuito de viabilizar um valor agregado a produção ervateira na região do planalto norte catarinense.

- Objetivos Específicos:
 - Quantificar a biomassa e carbono total em florestas plantadas de erva mate;
 - Determinar a relação das variáveis biomassa seca, bem como, determinar o teor médio de carbono dos compartimentos.
 - Identificar o valor agregado ao apelo ambiental das florestas de erva mate;

1.3. CONTEXTUALIZAÇÃO

As plantações de Erva-mate contribuem significativamente para o desenvolvimento sustentável de uma cultura que vem se estabelecendo como uma alternativa economicamente viável e de grande potencial de crescimento.

A obtenção do extrato da planta abriu um leque de novas possibilidades para o seu uso, ele pode ser matéria-prima para medicamentos; cosméticos; perfumaria; corantes e tinturas; bebidas (refrigerante, cerveja, vinho, licor e energético); sorvetes e doces; suplementos alimentares. A Alemanha inovou ao patentear o extrato da erva para a tinta de cabelo, com o intuito de fugir dos amoníacos que queimam o couro cabeludo; oportunidade de mercado que o Brasil perdeu (SANTOS *et al*, 2011).

O novo código florestal prevê a utilização de florestas delimitadas como reserva legal para a sua exploração comercial desde que não agrida significativamente o ambiente local. O plantio de espécies nativas, podendo ser exploradas comercialmente, emerge como uma alternativa a erva mate, gerando uma floresta preservada e como um ativo ambiental e não um passivo, como geralmente é visualizada pela população que vive nas propriedades rurais.

Como alternativa para o uso sustentável da Reserva Legal, são apresentados os Produtos florestais não-madeireiros (PFNMs), explorados há muito tempo por populações tradicionais, principalmente para fins medicinais e alimentícios. (VIEIRA, 2012)

A erva-mate a muito tempo vem sendo explorada comercialmente, seu potencial econômico gera muitos empregos e também riqueza para a região. Os remanescentes florestais nativos sofrem grande pressão pelo setor agrícola que representa a maior parcela de renda da população rural, a subutilização das florestas faz com que ocorra desmatamentos e em consequência o desequilíbrio do ambiente.

1.4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A quantificação do estoque de carbono da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.), nos plantios convencionais deve atender a uma metodologia aplicada e testada em outras espécies florestais nativas, de preferência que esteja de acordo com a região estudada e se aproximando ao máximo às condições ambientais da Floresta Ombrófila Mista.

Os estudos de fixação de carbono seguem parâmetros que devem ser observados de forma criteriosa, um dos aspectos mais relevantes, é a variável biomassa, que precisa ser determinada e estimada de forma fidedigna, para uma consistência na quantificação de carbono estocado nos ecossistemas florestais (SANQUETTA *et al.*, 2006).

Os serviços florestais prestados pela erva mate, são parte de uma cultura regional e tem sua relevância histórica e econômica do centro sul do Brasil, a valoração deste patrimônio reserva uma perspectiva de desenvolvimento pelo que representa a população, principalmente dos estados do sul.

Alegre, Vilcahuamán e Corrêa (2007), relatam que a erva-mate é uma cultura característica da agricultura familiar da região Sul do Brasil. Além de sua importância cultural é uma alternativa de geração de emprego, renda e de reposição florestal, com grande potencial de proporcionar serviços ambientais como o de sequestro de carbono.

A metodologia para a quantificação do estoque de carbono é uma questão a ser resolvida, segundo Sanquetta *et al.* (2006), metodologias para estimativa dos estoques de carbono e seu monitoramento é carente entre as diferentes ferramentas empregadas nos distintos padrões espaciais e temporais requeridos.

Neste estudo temos uma situação particular que retrata uma área de plantio com uma espécie nativa e com tratamentos silviculturais diferenciados, podendo aplicar a metodologia proposta por Sanquetta *et al.* (2006), onde temos em sequência o mapeamento da área florestal alvo da quantificação, o Inventário florestal da área, a determinação de biomassa e a determinação dos teores de carbono.

O mapeamento da área florestal com base na elaboração de projeto de carbono para áreas plantadas é fundamental para verificar a área do mesmo e suas características, existência de tipologias diferentes ou extratos compostos por diferentes espécies, idades, classes de produtividade (sítio florestal) (SANQUETTA *et al.* 2006).

As avaliações espaciais localizam geograficamente os estoques de carbono. Com uma boa análise espacial via mapeamento pode-se atender a algumas exigências para a elegibilidade dos projetos de comercialização de créditos de carbono gerados a partir de florestas, pois existem áreas que atendem o preconizado pelas convenções internacionais e outras não (SANQUETTA *et al.* 2006).

O inventário florestal da área de acordo com SCOLFORO e MELLO (1997), uma maneira de se detectar o estágio em que a floresta se encontra, e as possíveis alterações ali ocorridas é realizar a análise estrutural da vegetação existente, de tal modo que possam ser observados os aspectos que envolvem as espécies quando consideradas isoladamente (aspectos autoecológicos) e as interações relativas aos indivíduos que compõem a comunidade florestal (aspectos sinecológicos).

O inventário florestal é a base para o planejamento do uso dos recursos florestais, através dele é possível a caracterização de uma determinada área e o conhecimento quantitativo e qualitativo das espécies que a compõe.

Definição das Variáveis de Interesse do Inventário Florestal

Após a definição do procedimento de inventário florestal a ser utilizado, no caso com utilização de um processo de amostragem e com definição do método de amostragem de área fixa, deve-se determinar as variáveis de interesse a serem mensuradas nas unidades amostrais secundárias. Com a mensuração das variáveis de interesse nas unidades amostrais secundárias obtêm-se as estimativas dos parâmetros necessários para o Inventário Florestal.

Determinação da biomassa

Métodos diretos implicam em determinações, enquanto métodos indiretos geram estimativas. Determinações não são possíveis em grandes extensões de florestais, cabendo em áreas pequenas e amostras tomadas na população para ajustar e calibrar os modelos empregados nas estimativas de biomassa. Dessa forma pode-se dizer que na maioria dos estudos de biomassa florestal o que se gera é estimativa e não determinação (SANQUETTA *et al.* 2006).

Determinação dos teores de carbono

Sanquetta *et al.* (2006), descreve que para a determinação dos teores de carbono é dada pela combustão úmida ou seca. Na combustão seca as amostras são condicionadas em um recipiente de cerâmica e levadas ao equipamento, que em cerca de 60 segundos realiza a

combustão e quantifica o teor de carbono da amostra. Alguns *softwares*, que acompanham os equipamentos, geram um gráfico resultante da análise.

Modelagem Estatística

Os modelos estatísticos mais utilizados utilizam Técnicas de Regressão, relacionando variáveis de difícil obtenção ou que requerem técnicas destrutivas (como é o caso da biomassa) associadas a variáveis de fácil obtenção, pelo inventário florestal, como dap, altura. Este princípio é chamado de alometria, que consiste em relacionar duas ou mais dimensões para poder estimar umas em função das outras. (SANQUETTA *et al.*, 2006)

Para as variáveis de interesse, escolhemos primeiro as variáveis dependentes (variáveis meta) do modelo (diâmetro, área transversal, entre outros). Na sequência selecionar com métodos adequados as variáveis que influenciam nas variáveis meta (variáveis independentes). Essa influência pode ser medida de diferentes formas, por uma análise de correlação, análise fatorial ou então o método de “*stepwise*” (análise de regressão) (SANQUETTA *et al.*, 2006).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de Estudo

A área para o levantamento de dados sobre o estoque de carbono em plantações de Erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.) em um povoamento de idade entre 13 a 15 anos, está localizada no planalto norte catarinense, na cidade de Canoinhas, localidade de Rio Pretinho a 18 quilômetros do centro de Canoinhas, na figura 1 podemos observar a área de estudo, localizada entre os municípios de Canoinhas e Porto União, com acesso pela BR-280 a 18 km do centro de Canoinhas conforme figura 2.

O clima da região segundo a classificação de Köppen (HERRMANN, 1997), o Estado de Santa Catarina foi classificado como o de clima mesotérmico úmido (sem estação seca) - Cf, incluindo dois subtipos, Cfa e Cfb. Canoinhas no Planalto Norte Catarinense tem uma pluviosidade significativa e a classificação do clima é Cfb de acordo com Köppen e Geiger, tendo uma temperatura média anual de 17°C.

Figura 1: Localização da área de estudo identificando os municípios no entorno do povoamento



Fonte: Google Earth (2016)

Levantamento de dados

A metodologia para quantificação de estoques de carbono possibilita uma visão do povoamento existente para determinar uma amostragem ideal que possa ser extrapolada para os demais indivíduos e proporcionar uma fácil localização da área de estudo. Segue a sequência metodológica de acordo com Sanquetta *et al.*, (2006):

1. Mapeamento da área florestal alvo da quantificação;
2. Inventário florestal da área;
3. Determinações de biomassa.
4. Determinação dos teores de carbono.

Sequência da metodologia em campo:

- a) Mapeamento da área florestal alvo da quantificação;

Foi realizado o levantamento expedito juntamente com o proprietário com vistas ao reconhecimento do local. Ao percorrer o perímetro da propriedade foram anotadas as coordenadas geográficas e posteriormente comparadas as imagens disponíveis no Google Earth. Neste reconhecimento observa-se os gradientes da floresta determinando a melhor localização para implantação das unidades amostrais (figura 2).

Figura 2: Levantamento expedido comparando as coordenadas com as imagens do Google Earth para determinar a melhor localização das unidades amostrais identificadas por círculos azuis



Fonte: Autor

Inventário florestal da área

No inventario florestal observou-se que a amostragem precisa atender a três premissas básicas:

- Ser representativa: a amostra instalada na população alvo deve representa-la com fidelidade;
- Ser abrangente: deve cobrir toda a população de forma a captar amplamente todas as suas realidades;
- Ter validade estatística: a distribuição das unidades amostrais deve ser um processo inconsciente e livre de arbitrariedades, fazendo com que o princípio da casualidade prevaleça e os fundamentos probabilístico se façam valer (SANQUETTA *et al.*, 2006).

Técnicas de amostragem e Mensuração de campo:

Para a quantificação da biomassa e carbono, três estimadores merecem destaque:

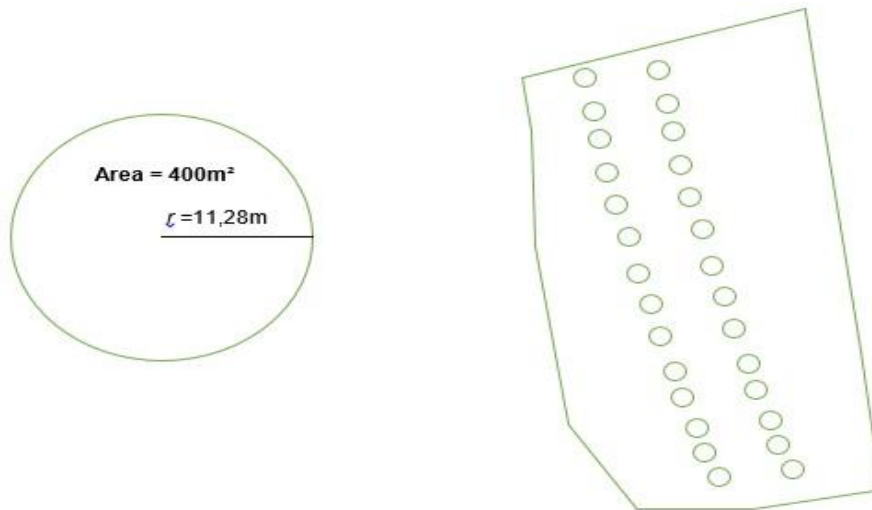
- Intensidade amostral: refere-se à quantidade de unidades amostrais posta na população florestal alvo do trabalho, a qual deve ser suficiente para se obter estimativas precisas a um determinado nível probabilístico. O nível de precisão depende do objetivo, mas geralmente 90% é um grau aceitável, enquanto a probabilidade geralmente apregoada é de 95% de confiança;
- Erro de amostragem: é o erro que se comete por se ter medido apenas parte da população, ou seja, é a diferença entre o valor verdadeiro e o valor estimado decorrente da aplicação de amostragem. O erro de amostragem aceitável na maioria dos casos fica em 10% da média estimada;
- Intervalo de confiança: explicita a validade estatística das estimativas da média e do total estimado a um nível probabilístico. Os dois limites são o limite inferior e superior, os quais demonstram a amplitude das estimativas média e total (SANQUETTA *et al.*, 2006).

A metodologia estatística para o inventário florestal determina os limites permitidos de erro amostral no processo de mensuração em campo, sendo expresso e calculado para que se obtenha um valor mais próximo possível da realidade devido as dificuldades que podem ocorrer no processo prático.

No presente inventário florestal foi utilizado o método de amostragem de área fixa, implantando-se unidades amostrais de forma e áreas definidas, no caso utilizando-se uma linha amostral composta por 30 unidades amostrais secundárias circulares com área de 400 m² (r=11,28m).

As unidades amostrais tinham 400m² de área sendo em formato circular e determinadas pelo raio de 11,28 metros sendo alocadas conforme observamos na figura 3.

Figura 3: Unidades amostrais de 400m² e distribuição das unidades amostrais no esboço do mapa



Fonte: Autor

As unidades amostrais foram distribuídas por toda a área tendo como parâmetro duas linhas sentido sul/norte. O intervalo entre as unidades amostrais foi de 40 metros em uma extensão de 600 metros em linha reta.

Medições nas unidades amostrais

O tamanho da unidade amostral foi dado pelo raio de 11,28 m, para implantação de uma área circular de 400m². Diâmetros medidos a 1,30 m, denominados por CAP (Circunferência à Altura do Peito), utilizando-se de fita métrica sendo substituída a cada dia para reduzir a possibilidade de erro pelo desgaste. Além do CAP outras variáveis foram mensuradas, o fuste, a copa, a fitossanidade e a altura total da árvore.

Notação Matemática do Inventário Florestal

A realização do inventário florestal utiliza a seguinte formulação matemática para a determinação do DAP (cm), da área transversal de cada árvore mensurada e do volume de cada árvore mensurada.

- ✓ $CAP = \text{Circunferência a altura do peito}_{(1,30 \text{ m altura})} \text{ (cm)}$ Ou
- ✓ $DAP = \text{Diâmetro a altura do peito}_{(1,30 \text{ m altura})} \text{ (cm)}$
- ✓ $DAP = \frac{CAP}{\pi} \text{ (cm)}$
- ✓ $H = \text{Altura total da árvore (m)}$
- ✓ $gi = \frac{(DAP)^2 * \pi}{40.000} \text{ (m}^2\text{)}$
- ✓ $vi = gi * hi * ff \text{ (m}^3\text{)}$
- ✓ $G \text{ (m}^2\text{ha)} = (\sum_{i=1}^n gi \text{ unidade amostral}) * fc$

- ✓ $G (m^2 ha) = \text{área basal por hectare da unidade amostral } i$
- ✓ $V (m^3 ha) = (\sum_{i=1}^n vi \text{ unidade amostral}) * fc$
- ✓ $V (3ha) = \text{volume por hectare da unidade amostral } i$

Onde:

- ✓ $fc = \text{fator de conversão dos valores de unidade amostral para hectare}$
- ✓ $fc = \text{área hectare em } m^2 / \text{área da unidade amostral em } m^2$
- ✓ $fc = \frac{10000}{\text{área unidade amostral}}$
- ✓ $fc = \frac{10000}{400} = 25$
- ✓ $ff = \text{fator de forma}$
- ✓ $ff = 0,48$

Os instrumentos de medição utilizados correspondem a fita métrica para a medição do CAP (cm) (em função do CAP foi determinado o DAP) e um hipsômetro para a H (m). O fator de forma ff corresponde a um fator de despoite da árvore sendo um valor médio ajustado por cubagem rigorosa para as espécies florestais da região, utilizando-se cubagem rigorosa de árvores em pé com Relascópio de Bitterlich.

Análise Estatística do Inventário Piloto

A análise estatística do inventário florestal piloto visa determinar se as estimativas das variáveis de interesse apresentam um erro de amostragem dentro de um limite desejado e se o número de unidades amostrais secundárias implantadas foi suficiente.

A amostragem sistemática utiliza o sorteio aleatório apenas de uma unidade amostral secundária, sendo as demais implantadas sistematicamente com distâncias pré-definidas entre as unidades primárias (linhas amostrais) e entre as unidades secundárias dentro das unidades primárias.

O sorteio de apenas uma unidade amostral não permite a determinação matemática do erro de amostragem, ou seja, para os resultados de uma amostragem sistemática não existe um método aceitável para se determinar a estimativa do erro padrão da média amostral (COCHRAN; SNEDECOR, 1967), uma vez que o cálculo da variância exige, no mínimo, duas unidades amostrais obtidas aleatoriamente na população. De acordo com PÉLLICO NETTO e BRENA (1997), uma amostra sistemática seria equivalente a uma amostra aleatória, se todas as unidades da população fossem aleatoriamente distribuídas e independentes da tendência de

qualquer agrupamento na distribuição espacial. Neste caso, as fórmulas da amostragem aleatória são aplicáveis para estimar o erro de amostragem.

Para a análise estatística do presente inventário florestal será utilizada a formulação matemática da amostragem aleatória simples, sendo o nível probabilístico de erro considerado de 5% ($\alpha = 0,05$). As fórmulas utilizadas foram:

Média Aritmética

$$\checkmark \quad \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (m^3 / ha)$$

Variância

$$\checkmark \quad s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n-1} \quad (m^3 / ha)^2$$

Desvio Padrão

$$\checkmark \quad s = \sqrt{s^2} \quad (m^3 / ha)$$

Variância da Média

$$\checkmark \quad s_{\bar{x}}^2 = \pm \frac{s^2}{n} * (1 - f) \quad (m^3 / ha)^2$$

Desvio Padrão da Média

$$\checkmark \quad s_{\bar{x}} = \pm \frac{s}{\sqrt{n}} * \sqrt{(1 - f)} \quad (m^3 / ha)$$

Determinação de biomassa

A coleta por amostragem de indivíduos nas propriedades da empresa Ervateira Dranka segue as técnicas de determinação de biomassa em campo de Sanquetta *et al.* (2006), sendo coletas e destinadas ao laboratório para quantificar o carbono estocado.

Para a determinação da biomassa da erva-mate, foram selecionadas as árvores a serem removidas de acordo com as classes diamétricas (menores de 7cm, de 7 a 9 cm, de 9 a 11 cm de 11 a 13 cm e maiores que 13 cm de diâmetro). Selecionadas seis amostras para cada classe diamétrica.

Após a remoção a árvore foi pesada toda a biomassa fresca por compartimentos (fuste, folhas, galhos e raízes) (figura 8 – D). Foram retiradas as amostras do disco 1 (base) /colo), disco 2 (meio do fuste), disco 3 (começo copa) (figura 8-B), de 2 a 3 cm com casca e regular, das folhas, dos galhos e selecionadas dez árvores para retirar amostras das raízes (figura 8 - C) Todas as amostras pesando entre 200 a 500g. As amostras foram devidamente etiquetadas, inclusive o toco que permanece no campo sendo identificado com plaquetas

Figura 4: Remoção e coleta das amostragens por compartimento, total da amostra (A), separação por compartimentos (B), pesagem das raízes (C) e pesagem do fuste (D)



Fonte: Autor

As amostras de biomassa por compartimento foram retiradas e acondicionadas em pacotes plásticos com o intuito de manter a umidade relativa, pesadas em balança com uma maior precisão, para identificar a biomassa verde, a fim de comparar o peso verde e o peso seco da biomassa.

Após a pesagem das amostras da biomassa verde, essa foi acondicionada em pacotes de papel *Kraft* e colocadas em local aberto e ventilado para que iniciassem o processo de secagem aguardando para secagem.

As amostras das trinta árvores, seguiram para o laboratório BIOFIX, para iniciar o processo de secagem até atingir peso constante.

Metodologia do laboratório

As amostras relacionadas pela metodologia de determinação da biomassa, devidamente pesadas, direcionadas para secagem a 65°C até atingir o peso constante, determinando a biomassa seca do experimento. A determinação dos teores de carbono é feita através do equipamento LECO C-144, pelo processo de combustão gerando o gráfico de teor de carbono existente nas amostras, por *software* específico que gera os gráficos e as informações do levantamento realizado. No caso deste estudo foi utilizado o teor médio de carbono de Watzlawick (2003).

Análise dos dados

Com os dados de biomassa fresca e as amostras de biomassa secas em laboratório determina-se o teor de massa seca (por compartimento) com os seguintes cálculos:

$$TMS = BS / BF$$

Onde:

TMS= teor de massa seca (%)

BS = biomassa seca (kg);

BF = biomassa fresca (kg);

Para determinar a biomassa seca utilizamos o teor de massa seca e o peso total da biomassa fresca por compartimentos

$$BS_t = BF_t \times TMS$$

Onde:

BS_t = biomassa seca total (kg);

BF_t = biomassa fresca total (kg);

TMS = teor de massa seca (%).

Com o resultado da biomassa seca, calcula-se a quantidade de carbono para cada compartimento das amostras.

$$Carb = BS_t \times TC_W$$

Onde:

$Carb$ = carbono (kg)

BS_t = biomassa seca total (kg);

TC_W = teor de carbono (%) conforme Watzlawick (2003).

Com os dados do carbono por compartimento para ajuste da equação volumétrica, utilizamos o modelo de Schumacher - Hall, para estimar através da altura e DAP o carbono existente no povoamento.

$$\log x = \beta_0 + \beta_1 \log (d) + \beta_2 \log (h)$$

Onde:

$\log x$ = carbono estimado;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = parâmetros;

d = diâmetro (DAP)

h = Altura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Resultado dendrométrico e Determinação das classes diamétricas

O inventário florestal identificou que em média o povoamento possui 7.521,67 árvores por hectare, 2,36 cm de diâmetro altura do peito, altura média de 2,76 metros (tabela 1), além de determinar os intervalos das classes diamétricas, permitindo a escolha das árvores a serem destruídas para o estudo.

Tabela 1: Resultado Dendrométrico estimando número médio de árvores, diâmetro, altura, área basal e volume médios por hectare

<i>Resultado Dendrométrico/ Ha</i>						
Unidade Amostral	Número de Árvores / ha	DAP Médio (cm)	H Média (m)	Área Basal (m²/ha)	V (m³/ha)	
1	8.475	4,57	2,10	18,8319	19,1452	
2	10.500	3,53	2,24	6,0900	6,4330	
3	7.875	3,46	2,15	10,4047	11,2134	
4	8.975	2,50	1,90	6,6261	6,6390	
5	12.400	3,56	2,13	15,8312	16,1390	
6	9.000	2,52	2,06	4,7865	4,9672	
7	10.950	2,04	2,27	5,1544	5,8388	
8	9.825	1,91	2,14	4,7341	5,7822	
9	13.925	2,20	2,42	7,9579	9,9928	
10	15.875	1,88	2,51	6,5697	8,4111	
11	13.175	1,65	2,05	4,5085	4,8558	

Tabela 1: Resultado Dendrométrico estimando número médio de árvores, diâmetro, altura, área basal e volume médios por hectare (Continuação)

12	22.525	1,58	2,16	6,4030	6,7618
13	10.350	1,74	1,94	4,3079	4,8515
14	2.325	1,66	2,92	0,8308	1,5166
15	2.850	1,64	2,67	0,9010	1,2541
16	4.125	1,65	3,06	1,3878	4,2778
17	3.575	2,11	4,06	0,0143	0,0000
18	4.300	1,52	3,84	1,1924	3,1973
19	2.850	1,95	3,81	1,2447	2,7338
20	1.025	2,43	2,70	0,8753	1,3660
21	5.575	1,73	3,04	2,1153	3,4934
22	2.800	2,02	4,08	1,2288	2,7507
23	8.300	1,98	2,99	3,3272	4,8626
24	6.525	1,75	2,50	2,1174	2,8768
25	4.725	2,17	2,97	2,7452	4,5049
26	7.775	3,18	3,63	7,8416	13,5673
27	3.050	2,08	2,51	1,7762	2,6377
28	4.375	3,36	3,74	5,4797	10,3985
29	5.575	4,80	4,13	12,0035	23,2757
30	2.050	1,47	2,02	0,3989	0,3980
Média	7.521,67	2,36	2,76	4,9229	6,4714

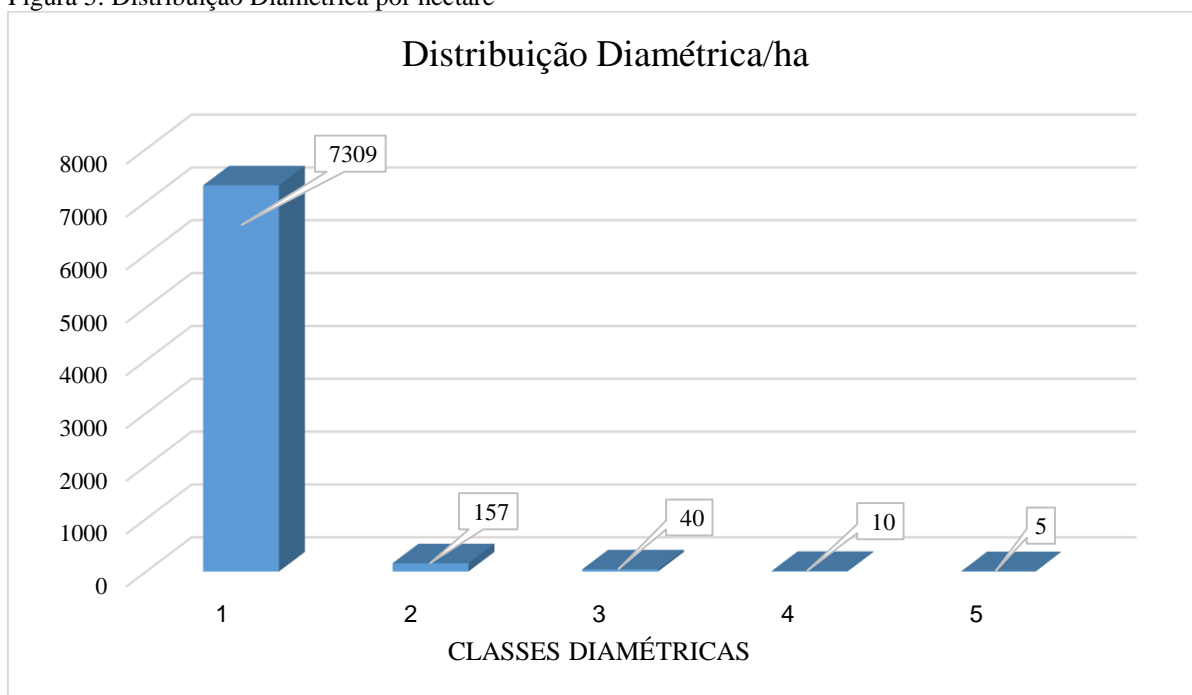
As classes diamétricas escolhidas variam de 0,64 cm a 7 cm, de 7 a 9 cm, de 9 a 11 cm, de 11 a 13 cm, e de a 13 a 18,14 cm de diâmetro, na tabela 2 observamos os números médios de árvores por hectare dentro das classes diamétricas estipuladas.

Tabela 2: Classes diamétricas determinadas no inventário por hectare

Classe de dap (cm)	Limite inferior Diâmetro (cm)	Limite superior Diâmetro (cm)	Nº de Árvores/Ha	%
I	0,1	7	7309	97,18
II	7,01	9	157	2,09
III	9,01	11	41	0,53
IV	11,01	13	10	0,13
V	13,01	18	5	0,07
Total			7521	100,00

O povoamento florestal mensurado detém 97 % das árvores com um diâmetro inferior a 7cm, onde a figura 5 ilustra essa evidência.

Figura 5: Distribuição Diamétrica por hectare



Fonte: Autor (2017).

Distribuição da biomassa por compartimentos

Tabela 3: Determinação da biomassa seca, por compartimento

BIOMASSA SECA – POR COMPARTIMENTO						
ARVORE	Bfolhagem	Bgalhos	Bfuste	Baérea	Braízes	Btotal
1	1,47	0,44	5,52	7,43	4,84	12,26
2	0,41	0,22	1,00	1,63	0,91	2,54
3	1,75	1,03	5,66	8,44	6,69	15,13
4	0,48	0,34	1,62	2,44	1,54	3,99
5	0,74	0,43	3,43	4,60	2,55	7,15
6	0,72	0,61	5,79	7,11	5,27	12,39
7	0,98	0,65	3,74	5,37	3,98	9,35
8	0,95	0,43	9,09	10,47	7,76	18,24
9	2,09	1,72	15,09	18,90	14,01	32,90
10	0,97	0,57	7,63	9,18	6,80	15,98
11	0,62	0,43	3,21	4,26	3,16	7,42
12	0,88	0,45	8,69	10,03	7,43	17,46
13	1,07	0,75	9,90	11,72	8,69	20,41
14	1,65	1,25	7,35	10,25	7,60	17,85
15	1,09	0,52	3,28	4,89	3,62	8,51
16	2,98	1,68	10,88	15,54	11,52	27,05
17	1,63	0,60	4,42	6,65	4,93	11,59
18	0,95	0,52	16,94	18,41	10,41	28,83
19	0,90	0,42	12,27	13,58	19,19	32,77
20	1,81	0,69	14,49	16,99	17,00	33,99
21	1,49	0,73	10,35	12,56	10,03	22,60

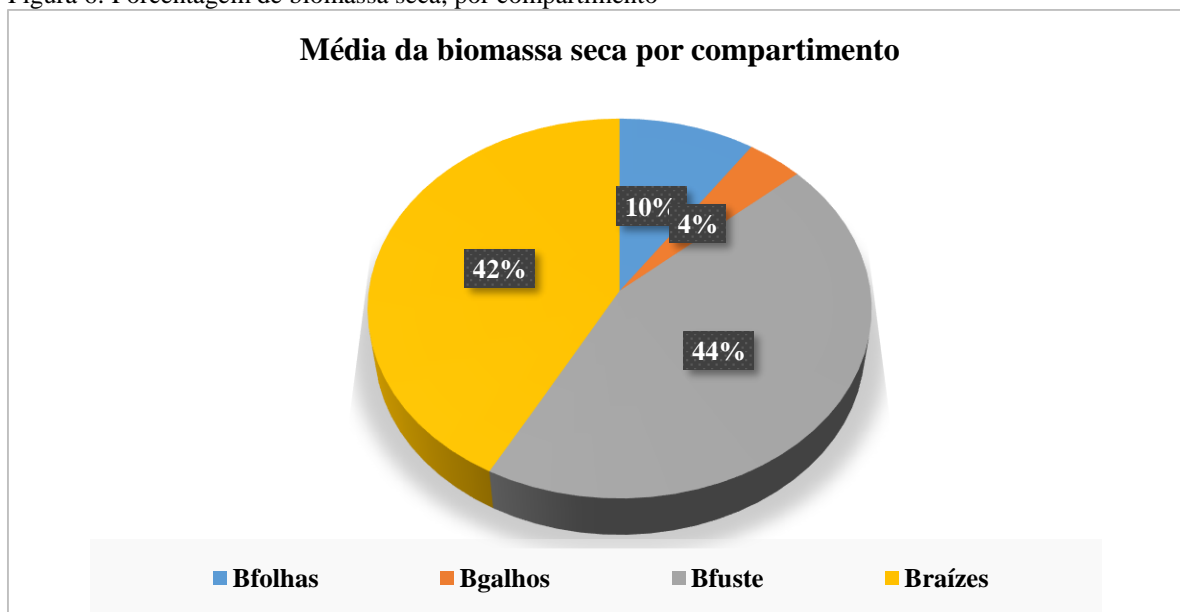
Tabela 3: Determinação da biomassa seca, por compartimento (Continuação)

22	1,31	0,57	10,86	12,74	5,75	18,49
23	0,51	0,40	2,05	2,96	2,19	5,15
24	1,01	0,58	2,82	4,41	3,27	7,67
25	0,95	0,73	11,73	13,41	9,94	23,35
26	2,07	1,60	11,69	15,35	11,38	26,74
27	0,64	0,30	5,51	6,45	4,78	11,24
28	1,86	0,37	13,16	15,38	11,40	26,78
29	2,25	0,81	5,54	8,59	6,37	14,97
30	1,45	0,70	6,18	8,33	6,17	14,50
Média	1,26	0,68	7,66	9,60	7,31	16,91
Desvio Padrão	0,60	0,39	4,28	4,79	4,34	8,86
CV%	47,57	56,62	55,88	49,89	59,45	52,41
Variância	0,37	0,16	18,97	23,74	19,52	81,24

Fonte: Autor (2017).

As árvores selecionadas apresentaram uma média de 16,91 kg de biomassa seca por amostra, com 1,26 kg de biomassa de folhagem, 0,68 kg de biomassa de galhos, 7,66 kg de biomassa do fuste e 7,31 kg de biomassa das raízes, na tabela 3 podemos observar a quantidade em quilos para cada amostra retirada em campo. A figura 6 descreve a porcentagem média de biomassa seca separada por compartimento, das árvores amostradas, com o total de massa seca variando entre 5,369 kg e 32,749kg por árvore.

Figura 6: Porcentagem de biomassa seca, por compartimento



Fonte: Autor (2017).

Análise de correlação de variáveis de Biomassa

As variáveis biomassa da folhagem/galhos, fuste/biomassa aérea e biomassa aérea com as raízes, se relacionaram significativamente para a biomassa fresca conforme tabela 4.

Tabela 4: Correlação das variáveis para biomassa fresca

Biomassa fresca					
	Bfolhagem	Bgalhos	Bfuste	Baérea	Braízes
Bfolhagem	1				
Bgalhos	0,81	1			
Bfuste	0,48	0,40	1		
Baérea	0,64	0,56	0,98	1	
Braízes	0,61	0,37	0,87	0,88	1

Fonte: Autor (2017).

Para a biomassa seca as variáveis da biomassa do fuste/biomassa aérea, biomassa do fuste/biomassa das raízes e biomassa aérea/biomassa das raízes se relacionaram significativamente (tabela 5).

Tabela 5: Correlação das variáveis para biomassa seca

Biomassa Seca					
	Bfolhagem	Bgalhos	Bfuste	Baérea	Braízes
Bfolhagem	1				
Bgalhos	0,78	1			
Bfuste	0,46	0,41	1		
Baérea	0,60	0,55	0,99	1	
Braízes	0,51	0,43	0,88	0,88	1

Fonte: Autor (2017).

Determinação da quantidade de carbono por árvore

O carbono por compartimento nas árvores amostradas foi determinado pelo teor médio de carbono para espécie, representando o total de 6,19 kg de carbono por árvore (tabela 6). As raízes representam 50,60% do total de carbono médio por árvore (figura 7).

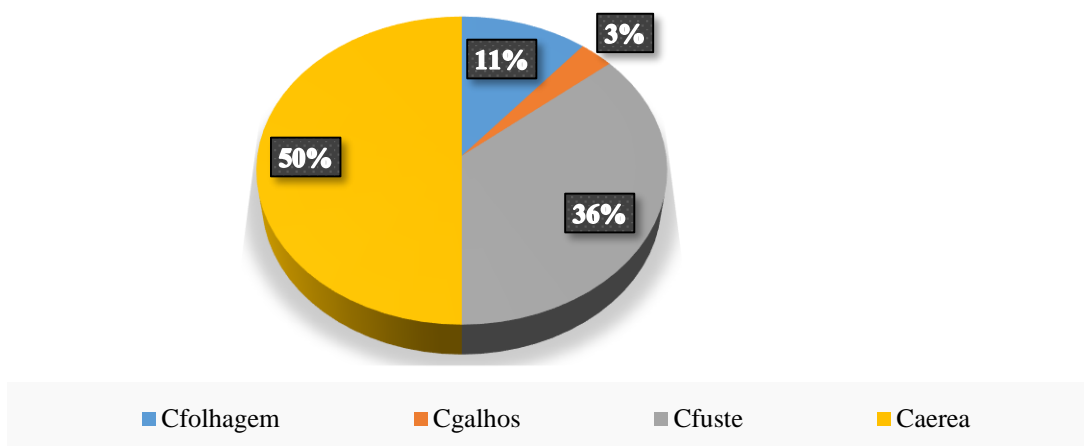
Tabela 6: Quantidade de carbono por compartimento

Carbono por compartimento	
Compartimento	Carbono/kg
Cfolhagem	0,67
Cgalhos	0,18
Cfuste	2,21
Craízes	3,12
Total	6,19

Fonte: Autor (2017)

Figura 7: Determinação do estoque médio de carbono estimado para Erva mate

Estoque médio de carbono - por compartimento



Fonte: Autor (2017).

Quantidade de carbono por unidade de Área

Na tabela 7 observa-se que temos em média 13,45 toneladas de carbono por hectare.

Tabela 7: Quantidade de carbono em toneladas por hectare estimada nas unidades amostrais

Quantidade de carbono em toneladas por hectare	
Parcela	t/ha
1	23,27
2	24,30
3	17,34
4	13,57
5	27,42
6	12,47
7	15,62
8	13,05
9	22,79
10	23,00
11	14,53
12	24,50
13	11,36
14	3,58
15	3,89
16	7,09
17	9,02
18	7,51
19	6,17
20	2,11
21	8,83
22	6,54
23	14,41
24	9,03
25	9,07
26	23,77
27	5,18
28	14,76
29	27,26
30	2,02
Média	13,45

Fonte: Autor (2017).

Análise estatística dos dados biométricos

A análise estatística identificou a média de 537,93 kg de carbono estimado para as trinta unidades amostrais, com um intervalo de confiança de 424,29|-|651,57 kg, coeficiente de variação de 58,72 %, a variância é de 99.773 kg² com um desvio padrão de 315,87 kg. Pelos cálculos identificamos que é uma população finita, calculando o erro padrão obtemos 55,56 kg, o erro absoluto de 113,64 kg e o erro relativo de 21,13%, através da análise foi determinado o intervalo de confiança da média e do carbono total encontrado. O total de carbono para o povoamento teve um intervalo de confiança entre 177.436,68|-|272.482,94 kg.

Produção total de carbono estimado para o povoamento

A quantidade total de carbono estimado é de 224,96 toneladas, na tabela 8 temos a quantidade total estimada de carbono e de CO₂ equivalente e o intervalo de confiança.

Tabela 8: Quantidade total de carbono estimado para o povoamento

Quantidade total de carbono estimado para o povoamento		
	Total/ Toneladas	IC/Toneladas
Carbono	224,96	177,44 - 272,48
CO ₂ eq	824,86	650,61 - 999,11

Fonte: Autor (2017).

A produção de erva-mate para esse povoamento estocou 824,86 toneladas de carbono, em termos de equivalência pelo *GHG Protocol*, observamos que isso representa a quantidade de carbono emitida pelo uso de 392.98 litros de gasolina (tabela 9).

Tabela 9: Equivalência de emissões de CO₂ em relação ao carbono estocado no povoamento

<i>Equivalência do carbono estocado em relação a utilização de gasolina como combustível</i>					
	Carbono em Kg	Carbono em T	GHG Protocol/T	Kg	Litros de Gasolina
Total de CO ₂ eq	824860,10	824,86	2,099	0,002099	392.98

Fonte: Autor (2017).

4. CONCLUSÕES

Estoque estimado para o povoamento é de 824,86 toneladas de carbono podendo ser expandido, a quantificação de carbono da erva-mate demonstra que pode existir um balanço entre as emissões no processo produtivo e a produção de biomassa evidenciando um potencial argumento de publicidade para venda de seu principal produto que são as folhas torradas e moídas e consumidas no chimarrão.

O total de biomassa determinado nas árvores amostradas variou entre 5,37 kg e 32,75 kg por árvore.

A correlação das variáveis de biomassa identificou a relação dos compartimentos retirados pela análise destrutiva das árvores, principalmente relacionado ao compartimento folhagem em relação parte aérea, sendo que essa correlação indica o objeto de comercialização desta floresta a cada 3 anos.

A porcentagem de carbono por compartimento folhagem representa quase 10% da árvore, portanto, a cada 3 anos temos esse incremento de biomassa, representando que até 2030, teremos 4 vezes esse incremento, cerca de 80 toneladas de carbono estocado.

O inventário florestal determinou as classes diamétricas, a biomassa, que somado aos compartimentos podemos extrapolar para todo o povoamento, resultando em um valor estimado de carbono estocado nesse povoamento.

A produção de erva-mate para esse povoamento teve uma estimativa de estoque de 824,86 toneladas de carbono, em termos de equivalência pelo *GHG Protocol*, observamos que isso representa a quantidade de carbono emitida pelo uso de 392.978 litros de gasolina. O estoque de carbono de um plantio de erva mate estabelece um parâmetro para analisar o balanço de emissões de gases de efeito estufa na produção da matéria prima do chimarrão, através disso efetivar o apelo ambiental desta espécie nativa de um plantio conduzido entre espécies ameaçadas de extinção que possibilita um desenvolvimento sustentável com recursos naturais renováveis e de grande valor econômico.

5. RECOMENDAÇÕES

No caso da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.), os plantios convencionais representam uma atividade de poda (colheita) com intervalos de 2 a 4 anos, permitindo picos de biomassa (principalmente folhas e galhos), essa atividade deve ser considerada em um estudo mais aprofundado quantificando nesses períodos de colheita o carbono estocado e a produção envolvida nesse acréscimo folhar.

No plantio de árvores, as podas, além dos cortes seletivos, podem aumentar a produção de biomassa, uma maior produção de matéria prima para indústria e como consequência uma quantidade mais significativa de estoque de carbono, estimativa por suposição, porém, plausível de ser testada.

Algumas variáveis levantadas na determinação da biomassa podem ser correlacionadas com a produção do povoamento, como exemplo, temos amostras retiradas em diferentes intensidades de luz de acordo com o sombreamento existente no local de coleta, porém, necessitam de um aprofundamento dos dados e algumas coletas com luxímetro para mensurar a intensidade de luz.

As amostras residuais podem servir como objeto de estudo para determinar a densidade da madeira bem como, a análise dendrocronológica da espécie estudada

Quanto ao viés comercial, a espécie é uma das riquezas existentes na mata atlântica, durante muitos anos um importante meio de subsistência no meio agrícola, que ainda não tem seu valor evidenciado. Existem alguns estudos que retratam a pesquisa de novos produtos para agregar mais valor a essa riqueza da região. Numa perspectiva de mercado futuro a erva-mate vem evoluindo como um grande potencial de geração de riqueza. Os resultados encontrados contribuem para a pesquisa e valorização da espécie na região podendo ser inserida no contexto da indicação geográfica, projeto em pauta, na EPAGRI da cidade de Canoinhas-SC.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEGRE, Júlio Cesar; VILCAHUAMÁN, Luciano Javier Montoya; CORRÊA, Gabriel. **Geração da Curva Alométrica para Avaliar as Reservas de Carbono em Plantios de Erva-mate, no Sul do Brasil**. Colombo, PR: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2007. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/42628/1/BPD33.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

ARAUJO, Laíne Furlanetto; GUIOTOKU, Marcela. Produção de Carvão Ativado a partir de Resíduo de Erva-mate. In: ENCONTRO DE QUÍMICA DA REGIÃO SUL, 18., 2010, Curitiba. **Resumo....** Curitiba: Sociedade Brasileira de Química (sbq), 2010. p. 1 - 1. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27541/1/2010-Marcela-EQRS1.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

ASSUMPÇÃO, Regina Céli; JANARY JÚNIOR, (Ed.). **Agricultura aprova criação de política para cadeia produtiva da erva-mate**. 2016. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/AGROPECUARIA/516519-AGRICULTURA-APROVA-CRIACAO-DE-POLITICA-PARA-CADEIA-PRODUTIVA-DA-ERVA-MATE.html>>. Acesso em: 19 set. 2016.

BARZOTTO, Ionete Lúcia Milani; ALVES, Luis Francisco Angeli. **Bioecologia e manejo de Gyropsylla spegazziniana em erva-mate.** Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-16572013000400457&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 03 out. 2016.

CIG (Org.). **Indicação Geográfica: IG.** 2016. Adaptado pela CIG/MAPA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/indicacao-geografica>>. Acesso em: 28 set. 2016.

CIG - Ministério da agricultura (Org.). **Indicação Geográfica: IG.** 2016. Adaptado pela CIG/MAPA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/indicacao-geografica>>. Acesso em: 28 set. 2016.

Ministério da Agricultura (Org.). **Indicação Geográfica: IG.** 2016. Adaptado pela CIG/MAPA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/indicacao-geografica>>. Acesso em: 28 set. 2016.

MINISTERIO DA AGRICULTURA (Org.). **Indicação Geográfica: IG.** 2016. Adaptado pela CIG/MAPA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/indicacao-geografica>>. Acesso em: 28 set. 2016.

Ministério da agricultura (Org.). **Indicação Geográfica: IG.** 2016. Adaptado pela CIG/MAPA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/indicacao-geografica>>. Acesso em: 28 set. 2016.

Ministério da agricultura. **Indicação Geográfica: IG.** 2016. Adaptado pela CIG/MAPA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/indicacao-geografica>>. Acesso em: 28 set. 2016.

OLIVEIRA, Jorge Eremites de; ESSELIN, Paulo Marcos. UMA BREVE HISTÓRIA (INDÍGENA) DA ERVA-MATE NA REGIÃO PLATINA: DA PROVÍNCIA DO GUAIRÁ AO ANTIGO SUL DE MATO GROSSO. **Espaço Ameríndio.** Porto Alegre, p. 278-318. Jul. 2015. Disponível em: <<https://doaj.org/article/26a5903cbf9c4682a4c4bf01afd02230>>. Acesso em: 03 out. 2016.

SANTOS, Leandro dos; MILAN, Pollianna; SANTOS, Leandro dos. **Erva-mate: O ouro verde do Paraná:** A erva-mate no século 21. 2011. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/especiais/erva-mate/hoje.jpp>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

SANQUETTA, Carlos Roberto; ZILLOTTO, Marco Aurélio Busch; CORTE, Ana Paula Dalla. **Carbono:** Desenvolvimento tecnológico, aplicação e mercado global. Curitiba, PR: Instituto Ecoplan, 2006.

VIEIRA, Timni. **VIABILIDADE ECONÔMICA DA CULTURA DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St. –Hil.) EM ÁREAS DE RESERVA LEGAL NO PARANÁ.** 2012. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Economia e Política Florestal, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Pr, 2012.

WATZLAWICK, Luciano Farinha. **ESTIMATIVA DE BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E PLANTAÇÕES FLORESTAIS A PARTIR DE DADOS DE IMAGENS DO SATÉLITE IKONOS II.** 2003. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2003. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/26789/T> - WATZLAWICK, LUCIANO FARINHA. Acesso em: 21 fev. 2017.