

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Aplicação de quatro métodos indiretos na medição de densidade de
dossel em fragmento de mata nativa, recuperada e floresta de
Eucalyptus urophylla (S.T. Blake)**

Julianne Oliveira Sbeghen Lima

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos
Florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo
Florestal

**Piracicaba
2016**

Julianne Oliveira Sbeghen Lima
Engenheira Florestal

**Aplicação de quatro métodos indiretos na medição de densidade de
dossel em fragmento de mata nativa, recuperada e floresta de
Eucalyptus urophylla (S.T. Blake)**

Orientador:
Prof. Dr. **ANTONIO NATAL GONÇALVES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos
Florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo
Florestal

Piracicaba
2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Lima, Julianne Oliveira Sbeghen

Aplicação de quatro métodos indiretos na medição de densidade de dossel em fragmento de mata nativa, recuperada e floresta de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) / Julianne Oliveira Sbeghen Lima. - - Piracicaba, 2016.

70 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Foto hemisférica 2. Índice de área foliar 3. Densiômetro I. Título

CDD 634.9734
L732a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Ao meu pai, Julio da Costa Lima, por toda oportunidade de viver, estudar, pela educação e principalmente por ter sido um exemplo de homem: maior herança que um filho pode herdar de seu pai.

Aos meu avós, Manoel da Costa Lima e Julite Junieta Sbeghen Lima, por todo carinho e cuidado.

À família, Nildo Lima, Erica Lima, Vinicius Lima, Felipe Lima e Francisca por todo acolhimento.

À república NóisQSab, por ter participado de momentos especiais em minha vida e também por estarem presentes nos difíceis.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus agradeço por conceder essa oportunidade e por estar presente sempre.

Ao Prof. Antonio Natal Gonçalves pela orientação e apoio neste trabalho.

Ao Prof. Ciro Abbud Righi, pelas ideias, conversas, coorientação e empréstimo da câmera fotográfica.

Ao Dr. Jefferson Lordello Polizel pelo conhecimento transferido sobre o uso do software e pelo auxílio com os mapas.

Ao Laboratório de Métodos Quantitativos do Departamento de Ciências Florestais – ESALQ/USP, pelo empréstimo do densiômetro, densitômetro e ângulo reto.

Ao Laboratório de Ecologia Aplicada do Departamento de Ciências Florestais – ESALQ/USP pelo empréstimo do quadro reticulado e facão.

Ao Grupo de Adequação Ambiental (GADE), pela ajuda em campo e empréstimo das estacas, barbante, fita métrica e trena.

À Acad. Paula Costa, pelo auxílio em limpar as áreas, instalar as parcelas e na coleta de dados.

Aos meus amigos, Leonardo Sartori, Thaís Soares, Matheus Docema, Bruno Mantega, Júlia Morosini, Fernando Garcia, Gustavo Popin e Aline Neves, pela companhia no tradicional “Bar dos Rolezinhos”

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” pela acolhida.

A todos que contribuíram para o êxito desse trabalho.

"O Senhor é o meu Pastor,
E nada me faltará"

Salmos 23:1

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivos gerais	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 Caracterização dos tipos de áreas estudadas.....	19
3.1.1 Mata Atlântica	19
3.1.2 Desmatamento	20
3.1.3 Áreas degradadas e sucessão ecológica	21
3.1.4 Floresta de Eucalipto.....	22
3.2 Metodologias diretas para obtenção do Índice de área foliar	23
3.2.1 Densímetro Esférico Modelo A	23
3.2.2 Densitômetro	23
3.2.3 Quadro reticulado	24
3.2.4 Fotografia Hemisférica.....	24
3.3 Biomassa florestal	25
3.3.1 Floresta nativa	25
3.3.2 Floresta de eucalipto	28
3.5 Relação do índice de área foliar com biomassa.....	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1 Áreas de estudos.....	31
4.1.1 Mata nativa	31
4.1.2 Mata regenerada	32
4.1.3 Eucalipto	32
4.2 Amostragem e coleta dos dados	32
4.2.1 Estabelecimento dos transectos, coleta do DAP e altura.....	32
4.2.2 Cálculo de biomassa: Mata Nativa e Restaurada.....	33
4.2.3 Calculo de biomassa: <i>Eucalyptus ssp.</i>	33
4.2.4 Calculo de área basal	34
4.2.5 Fotografias hemisféricas.....	34

4.2.6 Análise das Imagens pelo Gap Light Analyzer 2.0 (GLA).....	35
4.2.7 Quadro reticulado e densiômetro.....	35
4.2.8 Densitômetro.....	36
4.2.9 Confecção dos transectos verticais e horizontais.....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 Fragmento de Mata Nativa.....	39
5.1.1 Correlação de metodologias	39
5.1.2 Correlação dos parâmetros florestais com densidade.....	42
5.1.3 Transectos verticais e horizontais.....	43
5.2 Fragmento de Mata Restaurada	44
5.2.1 Correlação de metodologias	44
5.2.2 Correlação dos parâmetros florestais	45
5.2.3 Transectos verticais e horizontais.....	46
5.3 Plantação de Eucalipto	47
5.3.1 Correlação de metodologias	47
5.3.2 Correlação dos parâmetros florestais	48
5.3.3 Transectos verticais e horizontais.....	49
6 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS.....	53
APÊNDICES	57

RESUMO

Aplicação de quatro métodos indiretos na medição de densidade de dossel em fragmento de mata nativa, recuperada e floresta de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake)

A cobertura de dossel em uma floresta controla a quantidade, a qualidade e a distribuição da incidência de radiação solar, o que vem a refletir em diferentes níveis de umidade do solo, promovendo a interceptação das chuvas, conseqüentemente, reduzindo o seu impacto do solo. Além disso, a estrutura vegetal e a densidade do dossel condicionam não apenas o regime de radiação, mas também as trocas de energias e gases entre floresta e atmosfera. Este trabalho teve como objetivo comparar o uso do densiômetro, densitômetro, quadro reticulado e fotografias hemisféricas na obtenção da densidade do dossel visando encontrar uma metodologia de baixo custo e que garanta a mesma eficiência dos resultados de densidade de dossel obtidos de fotografias hemisféricas com máquina fotográfica. Resultados significativos foram obtidos para o uso do quadro reticulado, do densiômetro e da lente hemisférica *fish-eye clip* para celular.

Palavras-chave: Foto hemisférica; Índice de área foliar; Densiômetro

ABSTRACT

Four indirect application methods on measuring canopy density in native, recovered and *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) forests

The canopy cover in a forest controls the solar radiation incidence quantity, quality and distribution, which it comes to reflect different levels of soil moisture, promoting the interception of rainfall and, thereafter, reducing its impact soil. Furthermore, plant canopy structure and density promotes not only the radiation system, but also energy and the exchange of gases between atmosphere and forest. This study aimed to compare the densiometer, densitometer lattice frame and hemispherical photographs uses on getting the canopy density in seeking a low methodology costs and guaranteeing the same efficiency of canopy density results hemispherical photographs with camera . This work presented significant results as the lattice frame, densiometer and hemispheric fisheye lens clip for mobile uses.

Keywords: Hemispherical photo; Leaf area index; Densiometer

1 INTRODUÇÃO

O crescente desmatamento das florestas nativas associado à demanda por produtos florestais ressaltou a importância da conservação do que ainda resta de mata nativa, além de promover constantemente um aprimoramento nas técnicas de manejo que são aplicadas nas áreas de florestamento.

Em decorrência da atividade exploratória humana, acaba ocorrendo a ruptura de processos ecológicos. No entanto, existem diferentes modelos de restauração florestal baseados nos conhecimentos da estrutura de florestas naturais, em que os processos ecológicos de sucessão são recriados e a heterogeneidade das espécies são priorizadas. Assim, as áreas florestais que vem ganhando importância econômica e apresentam um grande valor na manutenção da biodiversidade, possuem uma grande capacidade de acumular biomassa, também (FIORENTIN, 2015).

A copa da árvore é a parte estrutural que dá sustentação para as folhas, que são as responsáveis por transformarem energia luminosa do sol em energia química por meio da fotossíntese, alimentando a árvore inteira. Logo, sua medição pode ser um aspecto importante para quantificar volume lenhoso ou biomassa.

Nos processos ecológicos e fisiológicos dos vegetais, a luminosidade pode influenciar positiva ou negativamente o estabelecimento de plântulas, sendo que sua variação proporciona grande diversidade de micro-habitats dentro da floresta podendo apontar como o motivo responsável a abertura de clareiras. Sendo assim, a cobertura de dossel promove qualidade e distribuição temporal e espacial da radiação solar incidente, temperatura e condições de umidade do solo. Por sua vez, a quantidade e a forma de orientação da vegetação em um determinado ambiente determinam a densidade de uma cobertura e constituem os fatores primários, não só no regime da radiação, como, também, nas trocas gasosas e energéticas entre o meio vegetal e atmosfera (GALVANI; LIMA, 2014).

O conhecimento da estrutura do dossel vegetativo é importante para um maior entendimento das respostas dos vegetais às condições do meio ambiente, sabendo que a área foliar e o índice de área foliar (IAF) são determinantes da produtividade e do consumo de água da vegetação. Sendo por esses motivos importante estudar a densidade de dossel.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Medir a densidade do dossel com o densiômetro, densitômetro, quadro reticulado e fotografias hemisféricas em três fragmentos de florestas (nativa, recuperada e eucalipto), visando observar, correlacionar os valores obtidos e indicar a possível melhor metodologia para cada tipo florestal.

2.2 Objetivos específicos

- Correlação, por fragmento, dos dados obtidos com todas as metodologias usadas;

- Comparação de uma metodologia de alto custo com uma de baixo custo, a partir das análises das imagens tiradas com: lente *fisheye* câmera e foto *clip fisheye*. Visando o teste da metodologia de baixo custo.

- Encontrar uma possível metodologia, dentre as utilizadas, que se correlaciona bem com os dados obtidos com a lente hemisférica da câmera fotográfica e que é de baixo custo e que não necessita de tecnologia;

- Indicar a possível melhor metodologia, que, correlacionada, com os dados da imagem da câmera é a melhor para cada tipo de floresta estudada;

- Correlacionar biomassa, área basal e índice de área foliar com os dados obtidos pelas metodologias, visando o desenvolvimento de um modelo de regressão linear que estimem esses parâmetros a partir densidade do dossel.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Caracterização dos tipos de áreas estudadas

3.1.1 Mata Atlântica

O conceito adotado pela FAO (2004) define floresta como “área medindo mais de 0,5 ha com árvores maiores que 5 m de altura e cobertura de copa superior a 10%, ou árvores capazes de alcançar estes parâmetros *in situ*. Isso não inclui terra que está predominantemente sob o uso agrícola ou urbano”. As florestas desempenham papel chave para a conservação da biodiversidade, ciclagem de água e nutrientes e armazenamento de carbono (FEARNSIDE, 1997).

A Mata Atlântica esteve compreendida entre os paralelos 5° 30' até 30° 00' Sul, abrangendo desde o estado do Rio Grande do Norte até o estado do Rio Grande do Sul, em uma faixa contínua de vegetação de largura máxima de 200 km e atingindo altitudes superiores a 2.000 m. Na região do Rio Doce o seu limite chegava até a borda da Serra do Espinhaço e nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina abrangia toda a extensão até o Rio Paraná (DÁRIO, 1999). É constituída pelas florestas Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta, juntamente com outros ecossistemas associados como as restingas, os manguezais e os campos de altitude.

Atualmente o bioma Mata Atlântica é considerado como um dos mais ameaçados do mundo. No estado de São Paulo apenas 12% da área é ocupada pela vegetação nativa original, sendo que desses, somente 5% é coberto com vegetação nativa com baixo grau de perturbação antrópica (LACERDA et al., 2009).

Além de abrigar centenas de comunidades tradicionais, a Mata Atlântica presta ainda importantes serviços ambientais como a proteção aos solos e encostas, regulação do clima e produção de água potável. Estima-se que ainda abrigue cerca de 20.000 espécies vegetais, o que representa 35% das espécies existentes no Brasil. A riqueza de sua biodiversidade é maior que a de alguns continentes, conferindo alta relevância para sua conservação também em termos mundiais. Com relação à fauna, já foram identificadas cerca de 850 espécies de aves, 370 espécies

de anfíbios, 200 espécies de répteis, 270 de mamíferos e cerca de 350 espécies de peixes (BRASIL, 2016).

3.1.2 Desmatamento

O histórico de destruição da Mata Atlântica iniciou-se no período da colonização, onde os portugueses tinham como principal objetivo a extração e exportação do pau-brasil (*Caesalpinia echinata*), do qual se extraía tinta para tecido. Paralelamente ao uso do pau-brasil, a implantação de engenhos de cana-de-açúcar na região Nordeste contribuíram fortemente para a extinção quase total da Floresta Atlântica. Além dos incidentes de devastação já citados, na região Sudeste esse fenômeno ocorreu devido à mineração e ao cultivo do café, tendo como resultado poucos remanescentes atualmente existentes (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS - IBF, 2009).

A degradação das florestas se mostra na retirada direta de madeira para construção, produção de móveis, lenha para carvão, desmatamentos de grandes áreas para a agricultura, pastagens, empreendimentos imobiliários, implantação de barragens e rodovias, extrativismo de produtos florestais não madeireiros, queimadas e poluição (REIS et al., 1999). O bioma Mata Atlântica tem sido afetado de tal forma, que está dentre os mais ameaçados do mundo (LACERDA et al., 2009). A fragmentação acelerada da Mata Atlântica fez com que esta se tornasse uma das áreas de mais alta prioridade de conservação biológica no mundo inteiro, visto que a maioria dos fragmentos florestais desse bioma já sofreu algum tipo de perturbação antrópica. As áreas desse bioma que ainda não sofreram interferência antrópica são as que se encontram em locais de difícil acesso e de topografia acidentada (DÁRIO, 1999).

Em termos globais, entre os anos 2000 e 2010, aproximadamente 13 milhões de hectares de florestas primárias e secundárias foram convertidas para outros fins ou perdidas em função de causas naturais (FAO, 2010). Embora o desmatamento tenha caído na década passada, em muitos países a taxa ainda continua alarmante. Na década de 1990, a título de comparação, os hectares convertidos somaram cerca de 16 milhões (FAO, 2010). No ranking mundial de impacto ambiental absoluto, o Brasil se destaca como o primeiro da lista, seguido dos Estados Unidos, da China e da Indonésia. O *ranking* leva em consideração fatores como desmatamento e degradação de florestas, pesca predatória, uso de fertilizantes, poluição de recursos

hídricos, emissões de carbono e proporção de espécies ameaçadas (BRADSHAW et al., 2010).

3.1.3 Áreas degradadas e sucessão ecológica

No Brasil, a destruição das florestas tornou-se um fato tão comum que o trabalho de se recuperar áreas degradadas se faz cada vez mais importante e imperativo (REIS et al., 1999). Entende-se que uma área está degradada quando essa apresenta em algum grau perturbações em sua integridade, sejam elas de natureza física, química ou biológica. Portanto, pode ter ocorrido perda de solo, vegetação ou biodiversidade, perda de funções ambientais como regulação de regime hídrico, proteção do solo contra erosão, redução da produtividade primária dos ecossistemas, entre outros. Além disso o que caracteriza uma área degradada são fatores como alterações da paisagem (mudanças significativas no relevo, presença de resíduos, alteração da fisionomia da vegetação, feições erosivas ou exposição de solo) e risco à saúde e à segurança das pessoas (SANCHES, 2006).

No que diz respeito à recuperação de áreas degradadas, é essencial ter em mente a promoção de uma dinâmica de sucessão ecológica, na qual a área impactada é entendida como o ponto de partida para o restabelecimento de novas espécies (REIS et al., 1999). O conhecimento e estudo da dinâmica temporal da vegetação podem revelar padrões, processos e mecanismos, os quais, por sua vez, podem ser utilizados para realizar previsões (PILLAR, 1994).

O pensamento de que a recuperação de áreas degradadas está no plantio de árvores é frequente e tem levado a perda de muitos recursos. No entanto, experiências bem sucedidas mostram que a aplicação de princípios básicos de ecologia tropical torna a recuperação dessas áreas menos trabalhosa e mais efetiva na recuperação da resiliência natural (REIS et al., 1999). De acordo com Soares (2009), é importante o desenvolvimento de uma dinâmica de sucessão ecológica em que haja fortes interações entre produtores, consumidores e decompositores de forma que ocorra um ciclo contínuo de morte e nascimento.

A sucessão ecológica é um processo complexo e concomitante, o que significa que ocorre de maneira conjunta à evolução das condições do solo, do microclima, da biodiversidade da flora e da fauna (REIS et al., 1999). Considera-se recuperado – e restaurado – um ecossistema contém recursos bióticos e abióticos suficientes para poder prosseguir com seu desenvolvimento sem ajuda ou subsídios

adicionais. Exemplos de regeneração ocorrem em terras de cultivo que foram abandonadas, queimadas, derrubadas, após aplicação de agroquímicos, entre outros (PILLAR, 1994). Dentro da sucessão ecológica, florestas secundárias são aquelas que se regeneram, principalmente, por processos naturais nos locais onde as florestas primárias foram removidas, tiveram impactos humanos ou de origem natural significativos (BRANCALION, 2012).

É importante prever e provocar o aparecimento de novas espécies, tanto de fauna quanto de flora, levando sempre em consideração as etapas da sucessão e reconhecendo em quais estágios os distintos grupos ecológicos ficarão inseridos. Dessa forma, é importante que as espécies escolhidas sejam adequadas às restrições locais condicionadas pelo solo que, após interferências, seja ela antrópica ou natural, possa vir a apresentar deficiência de minerais e nutrientes, além de se tornar fisicamente inadequado para o crescimento da planta (REIS et al., 1999).

A Mata Atlântica apesar de estar bastante fragmentada e devastada ainda abriga uma diversidade biológica significativa e com alto grau de endemismo, apresentando um dos maiores recordes mundiais de diversidade de plantas lenhosas. Existem estimativas de que pertencem a esse bioma aproximadamente 20.000 espécies de plantas vasculares sendo que metade são de exclusividade desse tipo de vegetação. Sua conservação e recuperação são difíceis visto que o conhecimento sobre sua diversidade está fragmentado e a pressão antrópica ainda existe. Dessa forma, a importância da conservação do pouco que sobrou é de alta relevância e depende de ações que exigem a participação da sociedade em sua defesa (INSTITUTO DE BOTÂNICA, 2009).

3.1.4 Floresta de Eucalipto

O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) é uma árvore nativa da Austrália introduzida no Brasil no ano de 1903 com o objetivo de suprir as necessidades de lenha, postes e dormentes das estradas de ferro. Em decorrência do alto desmatamento da Mata Atlântica, o plantio de espécies exóticas para perfazer a demanda de madeira passou a ser visto como uma alternativa e foi apoiado pelo governo, na década de 70, com a política de incentivos fiscais para o reflorestamento (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS - SNIF, 2016).

Foi, então, que se iniciaram as pesquisas na silvicultura dessas espécie, sendo, por esse, motivo que o Brasil possui uma das melhores tecnologias nesse sentido para a cultura, sendo realizada no sistema de monocultura e com um ciclo de 7 anos.

O Brasil possui uma área total de floresta plantada de 7,74 milhões de hectares, o que corresponde 0,9% de todo o território nacional, sendo que a área ocupada com eucalipto é de 5,56 milhões de hectares, distribuídos principalmente entre os Estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBA, 2015).

3.2 Metodologias diretas para obtenção do Índice de área foliar

3.2.1 Densiômetro Esférico Modelo A

O Densiômetro Esférico Modelo A é fabricado com um espelho convexo que tem a finalidade de refletir a copa das árvores para quantificar a densidade de dossel de uma floresta. Possui gravado em sua superfície 24 quadrados de 1/4" x 1,4" que, ao olho do observador, devem ser imaginariamente subdivididos em 4 quadrados menores de 1/8" x 1/8", totalizando 96 quadrados que podem ser contados (Densimeter®, 1989).

Para fazer a leitura dos pontos é necessário que haja uma distância entre o instrumento e o corpo do observador, de forma que sua cabeça não fique dentro da grade da esfera.

Os pontos contados devem ser multiplicados por 1,04 para obter em porcentagem aérea o espaço não ocupado pelas copas das árvores, sendo que a diferença do valor calculado e 100 representa a densidade do dossel. A leitura deve ser feita nas direções norte, sul, leste e oeste, sendo que o valor de cada ponto é calculado a partir da média dos quatro valores obtidos pela multiplicação já realizada.

3.2.2 Densitômetro

O GRS Densitômetro fornece estimativas da porcentagem da cobertura de copa a partir de dados coletados em trajetos linha-ponto. É composto por um espelho em seu interior e guias de nível, vertical e horizontal, que possibilitam o

usuário coletar informação da densidade da cobertura de copa em uma vegetação (GEOGRAPHIC RESOURCE SOLUTIONS, 1989).

Podem ser traçados trajetos de diferentes formas para coleta dos dados, no entanto, são marcados como positivos os pontos que foram cobertos pela cobertura de copa das árvores e como negativos os pontos que não foram cobertos por essa. Assim, calcular-se-á o total de pontos sendo então possível obter a porcentagem de área amostrada coberta pelo dossel (EMLEN, 1967).

3.2.3 Quadro reticulado

O quadro reticulado foi desenvolvido com a finalidade de auxiliar na obtenção da densidade de fechamento do dossel em valores que variam de 0 a 100%. Feito por uma moldura de madeira de dimensões 0,5 x 0,5 metros, possui sua parte interna da moldura dividida em 100 retículos de 0,05 x 0,05 metros constituindo um gabarito.

A coleta dos dados na vegetação amostrada deve ser realizada no mínimo em 10 pontos ao acaso e, em cada ponto, realizadas cinco contagens. Tais contagens são realizadas observando-se através do quadro, contendo o gabarito desenhado, sendo considerados apenas os quadrados onde o observador possui sua visão com interferência da copa das árvores (POGGIANI et al., 1996).

A porcentagem da densidade de dossel é estimada a partir da contagem em cinco direções no ponto dentro da vegetação. A primeira é realizada com o observador segurando o quadro com os braços esticados com a moldura em cima da cabeça mantendo-a na direção horizontal. Já as demais contagens são realizadas nas direções norte, sul, leste e oeste, mantendo os braços esticados e a moldura em uma inclinação que se aproxima dos 45° um pouco acima do rosto.

Assim, com a contagem realizada nas cinco direções deve ser feito um cálculo de média para obtenção do índice de área foliar em porcentagem do ponto. Já a estimativa para toda a vegetação, basta a produção da média de todos os resultados obtidos pela coleta de dados dentro da floresta em que se realiza o estudo.

3.2.4 Fotografia Hemisférica

A utilização da fotografia hemisférica para quantificação do Índice de Área Foliar – IAF é uma técnica que utiliza fotografias com uma lente hemisférica 180° – *fisheye* orientada na direção zênite. A partir dessas fotos, é possível o mapeamento do tamanho, da magnitude e da distribuição das aberturas de copa. Permite-se descrever a abertura do dossel e as relações de luz, obtendo-se os valores de IAF pelo uso de *softwares* (PAIVA, 2009; CANTINHO, 2013; GALVANI; LIMA, 2014).

É importante evitar as possíveis fontes de erro que ocorrem devido à má exposição das fotografias, o que danifica o contraste entre folhas e céu, projeção da imagem hemisférica deformada e o espelhamento da difração da luz pelas folhas (COELHO FILHO et al., 2012).

Apresentam-se como limitações a simplificação da forma da folha, dificuldades de ajustar a variação dos ângulos entre as folhas, os galhos e os frutos em relação a radiação incidente. Assim, tem-se a perda de precisão quando comparado aos métodos diretos, embora apresente como vantagem uma maior versatilidade no processamento na análise devido ao fato de apresentar um maior número de variáveis relacionadas ao dossel (GALVANI; LIMA, 2014).

3.2.4.1 Gap light Analyzer 2.0

O Gap Light Analyzer 2.0 – GLA é um software gratuito desenvolvido para analisar fotografias digitais hemisféricas do dossel e, assim, obter o índice de área foliar, a abertura de dossel e o índice de incidência luminosa. As imagens podem ser importadas em diferentes formatos e são processadas pelas diversas ferramentas e funções que possui, sendo possível obter a informação desejada (FRAZER et al., 1999).

Os autores Saganuma et al. (2008), Sanches et al. (2008) e Galvani e Lima (2014) utilizaram em seus trabalhos, para obter a densidade do dossel, fotografias hemisféricas que foram analisadas a partir do GLA 2.0 e obtiveram resultados significativos.

3.3 Biomassa florestal

3.3.1 Floresta nativa

Existe dentro de um ecossistema florestal quatro reservatórios de carbono, que são: a biomassa acima do solo, a biomassa abaixo do solo, a serapilheira e a

necromassa. Faz parte da biomassa acima do solo o tronco que normalmente representam em média mais de 80% em uma floresta madura, galhos, sementes, folhas, vegetação rasteira, arbustos e gramíneas. Já da biomassa abaixo do solo, as raízes vivas, com exceção das que possuem diâmetro inferior a 2 mm devido ao fato de se misturarem com a matéria orgânica no solo (VOGUEL, 2005; PARRON et al., 2015).

A estimativa de biomassa dentro de uma floresta pode ser feita por métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos consistem na pesagem de toda a biomassa que é realizada pelo processo destrutivo e é inviável em grandes áreas devido ao custo e tempo. No entanto existem os métodos indiretos que utilizam modelos alométricos, por meio dos quais, com variáveis medidas em campo, é possível relacionar à biomassa e carbono (SOTOMAYOR, 2013; FIORENTIN et al., 2015).

A relevância de estudar sobre a biomassa das florestas se deve ao esclarecimento parcial do papel das florestas a nível global, incluindo o ciclo do carbono e de outros nutrientes. Além disso, para que seja possível determinar a energia primária que pode ser obtida das florestas, a biomassa é uma variável fundamental. No sistema climático a biomassa desempenha o papel de sumidouro de carbono no processo de fotossíntese, o que dimensiona e administra a produtividade do ecossistema e a crescente demanda de geração de bioenergia (SOTOMAYOR, 2013).

O estudo realizado por Cunha et al. (2009) na Mata Atlântica da região norte do estado do Rio de Janeiro encontrou um valor médio de biomassa (parte aérea + serrapilheira) de 166,8 Mg . ha⁻¹. Ainda na mesma floresta foi determinado, pelo produto do teor e matéria seca, um valor de acumulação de carbono de 67,2 Mg . ha⁻¹.

Já o estudo feito por Ribeiro et al. (2009), em uma floresta madura no município de Viçosa em Minas Gerais, teve como valor obtido da quantificação da biomassa do fuste sem casca 166,67 t. ha⁻¹. Desse valor, a quantidade de carbono correspondeu a 83,34 t. ha⁻¹, sendo o método utilizado para esta determinação o uso de relações empíricas entre a biomassa e outras variáveis da árvore (DAP, altura total, etc).

Ambas as florestas estudadas apresentam balanço positivo de carbono. Logo, é possível elevar o nível de importância dos fragmentos de Mata Atlântica em regeneração para servir de estímulo para o estabelecimento de projetos de carbono.

3.3.1.1 Estoques de carbono

As florestas são responsáveis por armazenar grande quantidade do carbono na vegetação e no solo. O ciclo do carbono é um dos mais importantes ciclos biogeoquímicos por regular a concentração do dióxido de carbono, que é o principal gás do efeito estufa (GEE). Alterações no solo e a queima de combustíveis fósseis aceleram o processo de aquecimento global por representarem acréscimos instantâneos desses gases à atmosfera (STUCCHI, 2013).

O CO₂ atmosférico, absorvido pelas plantas por meio da fotossíntese, e que não foi liberado pelo processo de respiração, é armazenado temporariamente nos tecidos vegetais. Esse C pode entrar no solo através da senescência e da decomposição do material orgânico (MOREIRA, 2010). Pesquisas com biomassa florestal apresentam finalidades importantes, dentre as quais se destacam sua quantificação para fins energéticos, mercado de crédito de carbono e ciclagem de nutrientes (RETUCHNE, 2010).

Um dos serviços ambientais prestados pelas florestas é o sequestro e estocagem do carbono. Com a intensificação do efeito estufa, em 2005 o Protocolo de Quioto entrou oficialmente em vigor, implementando o Comércio de Emissões, a Implementação Conjunta e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (RIBEIRO et al., 2009).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é umas das formas de utilizar o carbono florestal dentro de uma gestão econômica, sendo esse MDL a compensação de comércio de créditos de carbono entre países desenvolvidos e os que estão em desenvolvimento. Nestes projetos as formas de sequestro de carbono florestal que foram aceitas são: aumento do estoque de carbono pelo manejo florestal sustentável, regeneração florestal e reflorestamento em áreas degradadas, inserção de atividades agroflorestais nas áreas de agricultura e substituição de combustíveis fósseis por produtos de biomassa vegetal sustentáveis (STUCCHI, 2013).

Para auxiliar na quantificação do carbono em florestas, diversos estudos foram desenvolvidos e, de acordo com Lacerda et al. (2009), a quantidade de biomassa de uma floresta determina o potencial de estoque de carbono da mesma, visto que 1Mg de biomassa é equivalente a 0,5 Mg. Assim, as estimativas de biomassa e de estoques de carbono das florestas podem ser usadas como

referência para o estabelecimento de projetos de florestamento e reflorestamento, auxiliando no serviço ambiental e no MDL, por exemplo (RIBEIRO et al., 2009).

3.3.2 Floresta de eucalipto

Devido à expansão do plantio de eucalipto no Brasil para outras localidades no país, além das já existentes nas regiões Sul e Sudeste, houve a necessidade de pesquisas sobre a produção e demanda de nutrientes desses novos plantios. Foi então que se descobriu que, aumentando a disponibilidade de água e de nutrientes, a produtividade da floresta tende a aumentar. Além disso, a produção de biomassa também é determinada pelas características genéticas da espécie (SANTANA et al., 2008).

A produtividade de uma floresta é um parâmetro de ótimo referencial por ser influenciada pelos fatores bióticos e abióticos que estão envolvidos no ambiente florestal. Portanto, as florestas jovens apresentam taxas variáveis de biomassa, enquanto que as florestas maduras, que não sofrem distúrbios, acabam tendo menos alterações na matéria orgânica e mantém o saldo de carbono positivo no sistema (WINK, 2009).

3.3.2.1 Estoque de carbono

Com a possibilidade de utilizar as florestas como mitigadora dos problemas ambientais, torna-se necessária a utilização de um manejo florestal moderno que integre as florestas, indústrias e mercados. A ideia é maximizar o retorno financeiro e ao mesmo tempo garantir uma base sustentável do estoque de carbono a partir crescimento florestal. Assim, criam-se perspectivas otimistas de expansão do setor florestal brasileiro devido à possibilidade de agregar valores ambientais em florestas plantadas com o emergente mercado de créditos de carbono (PAIXÃO et al., 2006).

A produtividade da cultura do eucalipto, além de ser voltada em função do retorno financeiro, pode também contribuir na retenção do carbono da atmosfera e no acúmulo de compostos poluentes nocivos à qualidade de vida. No entanto, a quantidade de carbono que pode vir a ser estocada depende das condições de sítio e idade do plantio que, associadas às práticas de manejo adequadas, minimiza as

taxas de decomposição do material vegetal superficial e de matéria orgânica e também auxilia no balanço do mesmo (WINK, 2009).

As florestas do gênero *Eucalyptus* apresentam um rápido crescimento, rusticidade e facilidade de adaptação a uma diversidade de ambientes e, nesse contexto, são rápidas e eficientes na absorção do carbono atmosférico. Levando isso em consideração, a quantificação do carbono total da floresta e, também, da raiz, do tronco, da folha, dos galhos e da casca em florestas que possuem um rápido crescimento recebem uma atenção maior. O que se deve ao fato do potencial de servirem como sumidouros e/ou reservatórios de CO₂ quanto de emitirem esse gás (SILVA, 2013).

3.5 Relação do índice de área foliar com biomassa

A cobertura de dossel em uma floresta controla a quantidade, a qualidade e a distribuição da incidência de radiação solar, o que vem a refletir em diferentes níveis de umidade do solo, promovendo a interceptação das chuvas reduzindo o seu impacto do solo. Além disso, a estrutura vegetal e a densidade do dossel promove não apenas o regime de radiação, mas também as trocas de energias e gases entre floresta e atmosfera (PAIVA, 2009; GALVANI, 2014).

Há duas categorias por meio das quais é possível estimar a densidade da cobertura do dossel: métodos diretos e indiretos. No entanto, os métodos diretos são, em sua maioria, destrutivos e demorados, o que se deve à necessidade da colheita das folhas ou da biomassa que, muitas vezes, se torna um trabalho difícil. Adicionalmente, esses demandam mais tempo e dinheiro por conta das variáveis espacial e temporal do meio ambiente (COELHO FILHO et al., 2012; GALVANI, 2014).

O Índice de Área Foliar – IAF de uma floresta é considerado como indicativo de produtividade de uma floresta devido à fixação do carbono pelas plantas depender da interceptação da radiação e de sua conversão em energia química. É a área foliar integrante do dossel por unidade de superfície projetada no solo em m²/m² (PAIVA, 2009). Contudo, a produção de uma floresta é determinada pela quantidade de radiação solar que intercepta a copa e pela eficiência da conversão da radiação em biomassa, influenciada pela disponibilidade de água e de nutrientes (SANTANA et al., 2008).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Áreas de estudos

As áreas de estudos foram mata nativa, mata restaurada e de florestas plantada com *Eucalyptus urophylla*, localizadas no município de Piracicaba, no estado de São Paulo (Figura 1) situado geograficamente 22°43'30" latitude sul e 47°38'56" longitude oeste, a uma altitude de 554 m e de classificação climática, segundo Koeppen, Cwa (CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA - CEPEAGRI, 2016).

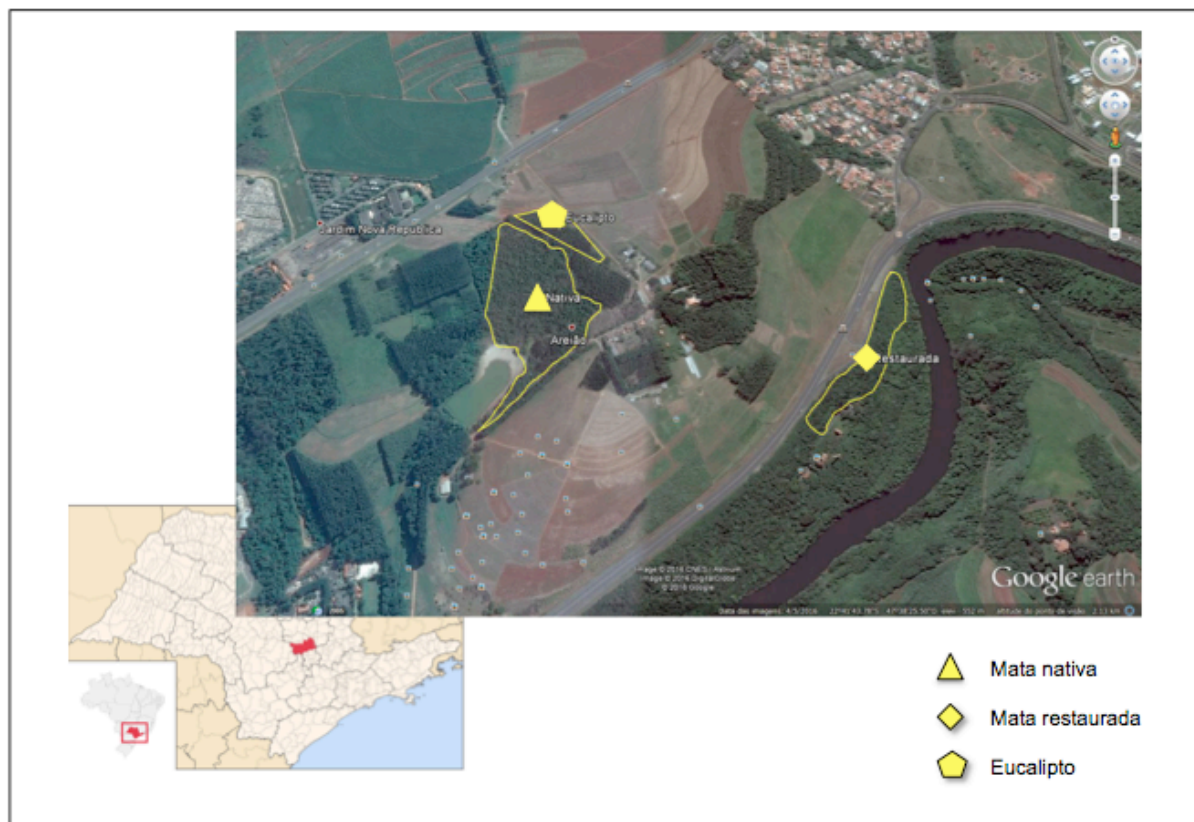


Figura 1 - Mapa de São Paulo com o município de Piracicaba destacado em vermelho e em ampliação maior uma imagem das áreas onde o estudo foi realizado
 Fonte: <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1653125>>

4.1.1 Mata nativa

O fragmento de mata nativa se localiza na Fazenda Areão que possui uma área de 130 ha e pertencente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, no município de Piracicaba, estado de São Paulo.

A mata nativa possui uma área de 10 ha e sua vegetação é caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual. Sofreu um incêndio em sua borda em 1986 e no ano de 1996 o engenheiro agrônomo Luiz Fernando, atual coordenador da fazenda, pediu para que a área fosse cercada favorecendo a regeneração natural da borda da floresta. Atualmente a mata apresenta um desequilíbrio ecológico constatado pela grande presença de lianas (*Argyreia nervosa*).

4.1.2 Mata regenerada

A área possui 16 ha e anteriormente era ocupada por cana-de-açúcar. No ano de 2006 foi implantada uma floresta de mata nativa pela empresa EPR Soluções Ambientais LTDA, como parte de um contrato com a SOS Mata Atlântica integrada com o programa Florestas do Futuro.

O plantio foi realizado com alta diversidade de espécies, com adubação tradicional, controle de capim com herbicida, em um espaçamento 3 x 2 m.

4.1.3 Eucalipto

A floresta de clones de *Eucalyptus urophylla* foi implantada no ano de 2006 com espaçamento 3 x 1 m, pelos estagiários acadêmicos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, integrantes do Grupo Florestal Monte Olimpo – GFMO, ocupando uma área de 0,76 ha.

O objetivo desse plantio foi cruzar as espécies que possuem alto potencial para madeira e floração, para que assim fosse possível selecionar os melhores clones, visando a produção de mel e madeira para múltiplos usos.

4.2 Amostragem e coleta dos dados

4.2.1 Estabelecimento dos transectos, coleta do DAP e altura

Em cada um dos três tipos de florestas, foram demarcados 10 transectos de dimensões 10 x 30 m, que eram desfeitos após o término da coleta dos dados. Cada parcela foi subdividida em 3 sub-parcelas de 10 x 10 m, onde os dados de densidade de dossel foram coletados no centro das mesmas (Figura 2).

O diâmetro na altura do peito – DAP de todas as árvores, que estavam dentro da parcela, foram medidos e anotados em uma ficha de campo impressa. A altura, por sua vez, foi medida utilizando um aplicativo de celular iHypsometer Lite 1.0.3.

Utilizou-se uma fita métrica de 50 m, 8 estacas de 1,20 m de comprimento, barbante para delimitação da parcela, ângulo reto e fita métrica de 1,20m.

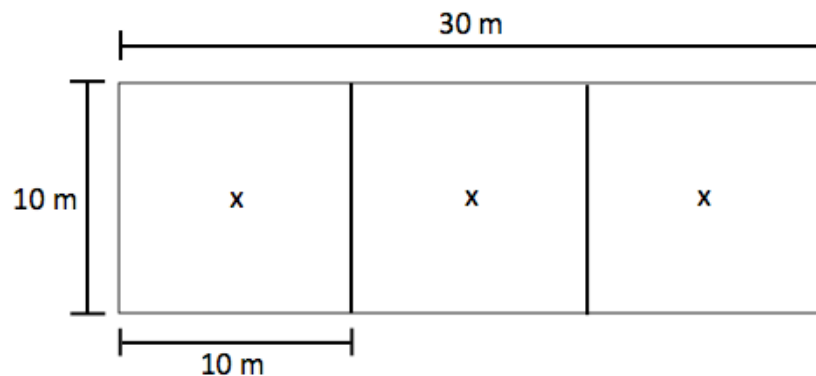


Figura 2 - Desenho esquemático do transecto das parcelas e sub-parcelas e indicação dos pontos amostrados

4.2.2 Cálculo de biomassa: Mata Nativa e Restaurada

A biomassa foi estimada de acordo com o modelo de equação elaborado por Lacerda et al. (2009) no bioma Mata Atlântica (Expressão 1).

$$\ln(b_T) = -1,19829 + 1,98391 \ln(d) \quad R^2 = 0,8656 \quad (1)$$

Em que:

\ln – logaritmo neperiano;

b_T – biomassa total da parte aérea: tronco + galhada (Kg);

d – diâmetro à altura do peito (cm);

R^2 – coeficiente de determinação.

Foram correlacionados os dados de densidade de dossel com a biomassa estimada, considerando significância de 5%.

4.2.3 Cálculo de biomassa: *Eucalyptus ssp.*

O cálculo de biomassa para a floresta de eucalipto foi calculado de acordo com a seguinte equação abaixo (Expressão 2).

$$b_T = (\pi/4) \cdot (d)^2 \cdot H \cdot f \cdot \rho \quad (2)$$

Em que:

b_T – biomassa estimada em t/ha;

d – diâmetro à altura do peito;

H – altura total;

f – fator de forma 0,5;

ρ – densidade básica 0,5 g/cm³.

Foi correlacionada a biomassa estimada com os dados de densidade de dossel considerando significância de 5%.

4.2.4 Calculo de área basal

Foram calculadas a área basal de todas as árvores pertencentes às parcelas de todas as áreas de estudo de acordo com Poggiani et al. (1996):

$$AB = \pi \cdot (d)^2 / 4 \quad (3)$$

Em que:

d - diâmetro à altura do peito (m)

AB – área basal (m²)

π – razão entre perímetro de uma circunferência

Foram correlacionadas em todas as áreas a somatória da área basal de todas as árvores das sub-parcelas, com a densidade de dossel de seu respectivo ponto dentro das mesmas. Considerou-se significância de 5%.

4.2.5 Fotografias hemisféricas

As fotos foram tiradas com uma máquina fotográfica Canon EOS 7D com uma lente hemisférica *fisheye* EF 8-15mm f/4L, que possuem, juntas, um custo total de R\$ 15.499,98 reais. Também foi utilizado um aparelho celular com uma lente

hemisférica *Clip fisheye* que custa R\$14,99, com a finalidade de correlacionar os dados de ambas e observar se há possibilidade de utilizar a metodologia de baixo custo para o mesmo tipo de análise (adotando índice de significância de 5%).

Com cada lente foi tirada 1 foto do dossel à distância de 1m do solo, no centro das sub-parcelas de 10 x 10 m, resultando em 6 fotos por parcela.

4.2.6 Análise das Imagens pelo Gap Light Analyzer 2.0 (GLA)

Foram tiradas 60 fotos na mata nativa, 60 na mata regenerada e 60 na floresta de eucalipto. Somaram-se, então, 180 fotos, sendo 90 registradas com a máquina fotográfica e 90 com o celular com *clip*. A partir das imagens foram estimados o índice de área foliar – IAF e a porcentagem de densidade do dossel no Gap Light Analyzer 2.0.

O *software* fornece diretamente os valores de IAF4 e IAF5, além do valor em porcentagem de parte da imagem em que céu não fica obstruído pelas copas das árvores. Assim, foram feitas subtrações de 100% para encontrar o valor da densidade de dossel em cada ponto das sub-parcelas das diferentes áreas.

4.2.7 Quadro reticulado e densiômetro

Foram feitas medições em cinco direções com o quadro reticulado, conforme suas instruções de manuseio em campo. Os dados foram anotados em uma ficha de campo e posteriormente transferidos para uma planilha Microsoft Office Excel® 2011, onde foram calculadas as médias dos valores medidos nos 30 pontos amostrais de cada área de estudo. Dessas médias resultou a densidade de dossel, em porcentagem, de cada sub-parcela, totalizando 90 pontos.

Com o densiômetro foram anotadas as medições nas direções norte, sul, leste e oeste com ele posicionado a uma altura de 1m em relação ao solo e próximo ao corpo. Os dados foram, também, passados para uma planilha e, então, realizou-se os cálculos conforme instrui a empresa fabricante do equipamento. O resultado final de densidade de dossel, também em porcentagem, foi obtido nas mesmas proporções de pontos que o quadro reticulado e foram correlacionados com os métodos considerando a mesma significância anteriormente citada.

4.2.8 Densitômetro

Os pontos onde a copa interceptava ou preenchia o limite do círculo menor interno do densitômetro (Figura 3) foram anotados na ficha de campo com o sinal de positivo (+) conforme as instruções de uso deste método. No entanto, essa metodologia fornece apenas a porcentagem de dossel da parcela e não nos pontos amostrais das sub-parcelas como os métodos anteriores, visto que é necessário ter o número de pontos marcados como (+) para que se faça a relação com o total amostrado e seja possível calcular a densidade do dossel.

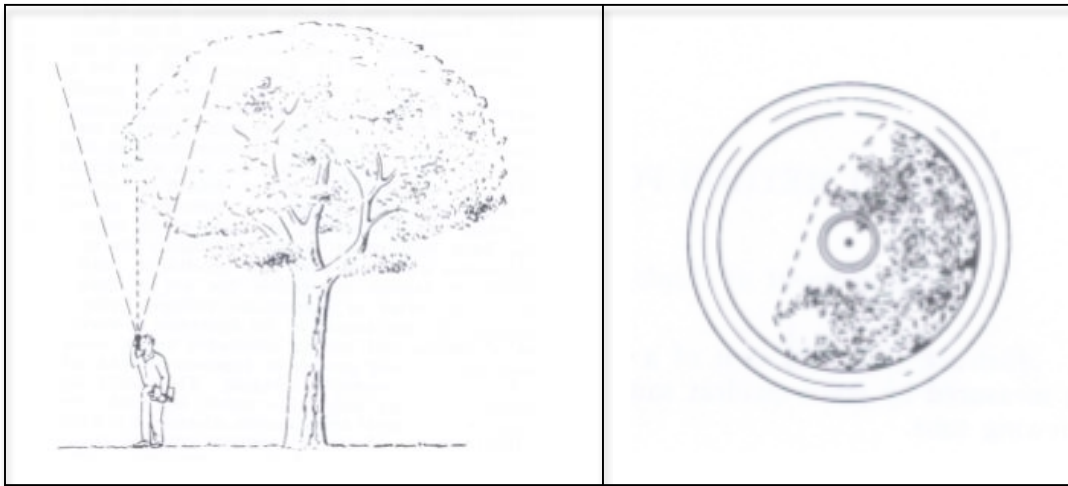


Figura 3 - Posicionamento do observador no ponto amostral e leitura do reflexo da imagem do dossel no densitômetro

Com os pontos anotados como (+) fez-se sua relação com o número total dentro de cada parcela (3) e, dessa forma, calculou-se o resultado de porcentagem do dossel.

4.2.9 Confecção dos transectos verticais e horizontais

Com a finalidade de proporcionar uma visualização do posicionamento das árvores dentro das parcelas, foi elaborado o perfil vertical e horizontal para um transecto de cada área. Pelo perfil vertical é possível observar a estratificação das copas, sua expansão, altura e diâmetro das árvores, formato do tronco e dos ramos, presença de cipós e epífitas e a densidade de cobertura. Pelo horizontal, por sua vez, é possível observar o número de árvores por área, sua distribuição e a forma de agrupamento de área basal.

Foram considerados na elaboração dos perfis apenas os indivíduos que possuem DAP > 5 cm. As árvores que corresponderam a esse pré-requisito tiveram suas coordenadas espaciais anotadas em relação aos dois lados da parcela medidos (comprimento e largura). Informações de DAP, altura total, altura do início de copa e largura de copa (ambas estimadas) foram utilizadas para confecção dos perfis. Com essas informações, a elaboração dos perfis prosseguiu de acordo com as seguintes etapas: (1) o desenho foi confeccionado com um lápis preto em um papel milimetrado, utilizando a escala de 1:100, no campo; (2) posteriormente foi passado a nanquim para um papel vegetal; (3) em seguida para uma folha sulfite e, então, escaneado e anexado a este trabalho (POGGIANI et al., 1996).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Fragmento de Mata Nativa

5.1.1 Correlação de metodologias

As distribuições dos dados relativos às variáveis de metodologias de mensuração e de parâmetros florestais analisados estão presentes na Figura 4. Ainda nessa, é possível observar uma linha média do comportamento distributivo dos dados, contribuindo para interpretações relativas a análises de correlação.

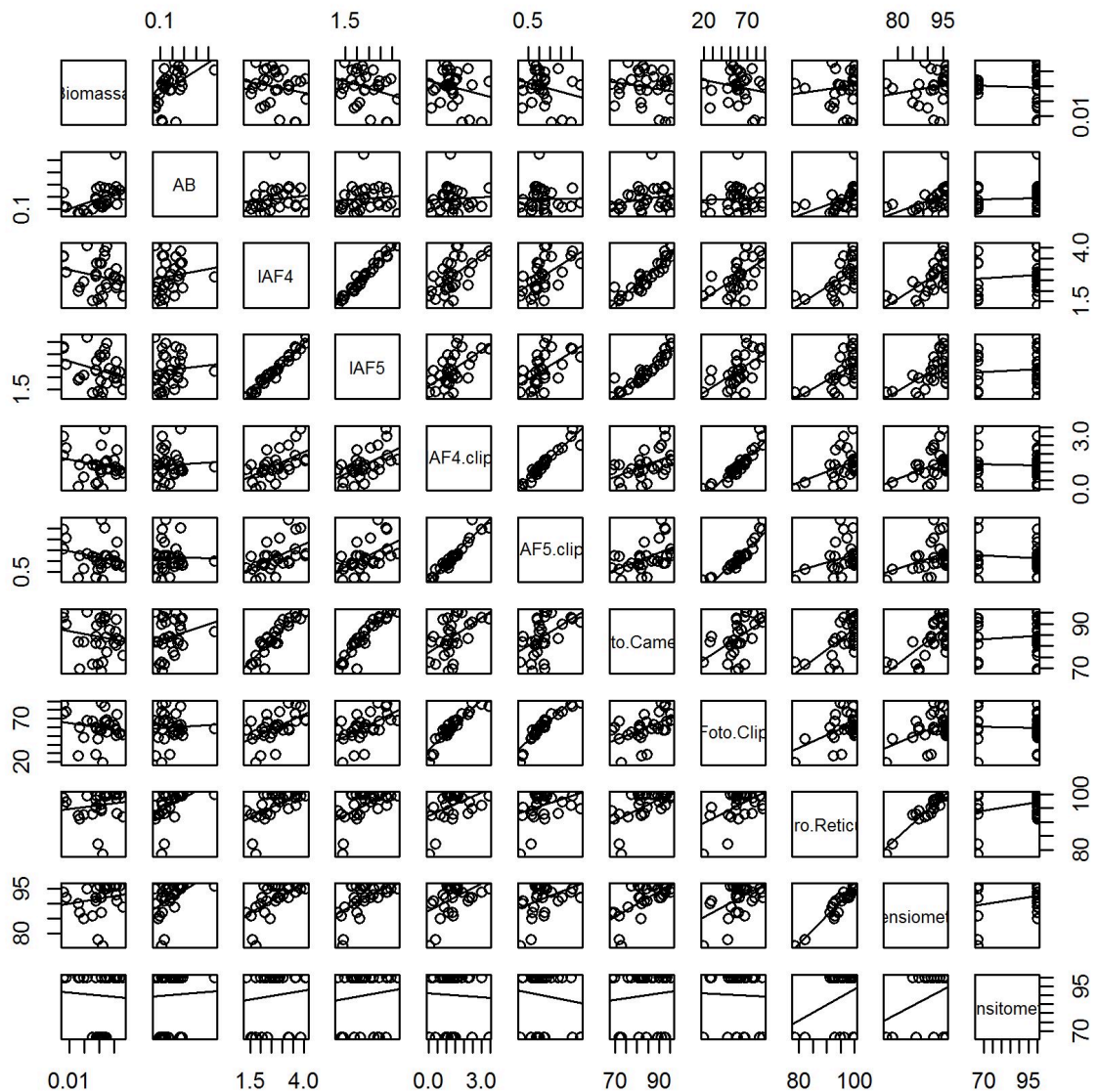


Figura 4 – Gráficos de dispersão dos dados de densidade de dossel por metodologias e das variáveis de parâmetros florestais

Em relação às comparações entre metodologias é possível observar uma correlação entre a foto câmera e foto clip, corroborada pelo p-valor de 0,004 que forneceu uma correlação de 0,509. Essa relação era esperada visto que ambas as fotos foram analisadas pelo mesmo *software* e tiradas com lentes hemisféricas. Além disso, é possível substituir a câmera fotográfica pela lente *clip*, visto que é o mesmo princípio de análise e apresenta um baixo custo.

Houve, também, correlação de 0,616 entre a foto câmera e o quadro reticulado (p-valor de $2,9 \cdot 10^{-4}$). É considerado um indicativo favorável a essa relação

o quadro reticulado ser um instrumento de coleta precisa dos dados, visto que quantifica a porcentagem do dossel em cinco direções em um ponto. Isso garante uma maior confiabilidade da informação de densidade de dossel por ele obtida e torna o resultado acurado. Por meio dessa correlação é possível afirmar que o uso em campo do quadro reticulado ao invés da câmera fotográfica é preferível, pois, além de ser uma metodologia também de baixo custo, fornece a informação ainda em campo.

Entre a foto câmera e o densiômetro houve uma correlação de 0,664 (p-valor de $6,11 \cdot 10^{-5}$). Esse resultado era esperado pois as coletas das informações da densidade do dossel com o densiômetro são bem similares às do quadro reticulado, o que também o torna mais preferível em campo comparado com a máquina fotográfica pelos mesmos motivos citados anteriormente.

A foto *clip* e o quadro reticulado apresentaram uma correlação significativa de 0,483 (p-valor 0,007), que era esperado também, uma vez que a foto *clip* apresenta correlação com a foto câmera, que, por sua vez, também apresenta com o quadro reticulado. Além disso, a foto *clip* e o densiômetro também apresentaram correlação significativa, de 0,481 (p-valor de 0,007) e o que pode-se dever aos motivos aqui apontados.

O quadro reticulado e o densiômetro apresentaram uma correlação extremamente significativa de 0,966 (p-valor de 0,000), o que reforça o argumento que pressupôs o fato de ambos terem correlação com foto câmera e foto *clip*.

O único que não apresentou correlação com nenhuma metodologia foi o densiômetro. Tal fato pode se dever à forma que a metodologia quantifica a densidade do dossel, visto que, quando comparado com as outras, é o único que não utiliza valores para quantificar. Também o ponto onde o mínimo de reflexo de copa que intercepta o instrumento, é marcado como se houvesse uma grande parte aérea que obstrui a visão do observador quando tenta enxergar o céu.

Com relação aos dados obtidos de densidade de dossel em campo, os valores com o densiômetro, densitômetro e quadro reticulado foram maiores do que os obtidos a partir das fotografias hemisféricas. Essa diferença pode ser decorrente do *software* quantificar toda região do dossel, registrado na fotografia, onde há entrada de luz do sol.

5.1.2 Correlação dos parâmetros florestais com densidade

Não foram encontradas correlações de nenhum dos parâmetros florestais acima com a densidade do dossel que foi obtida pelas metodologias. Isso pode se dever à pequena quantidade de pontos amostrados dentro da parcela, considerando que, em uma floresta, a visualização do horizonte além do ponto onde está o observador é dificultada pela presença de outros indivíduos arbóreos.

Todos os cálculos (de área basal e de biomassa) e os dados de densidade de dossel coletados, referentes a esse fragmento estão no Apêndice A.

5.1.3 Transectos verticais e horizontais

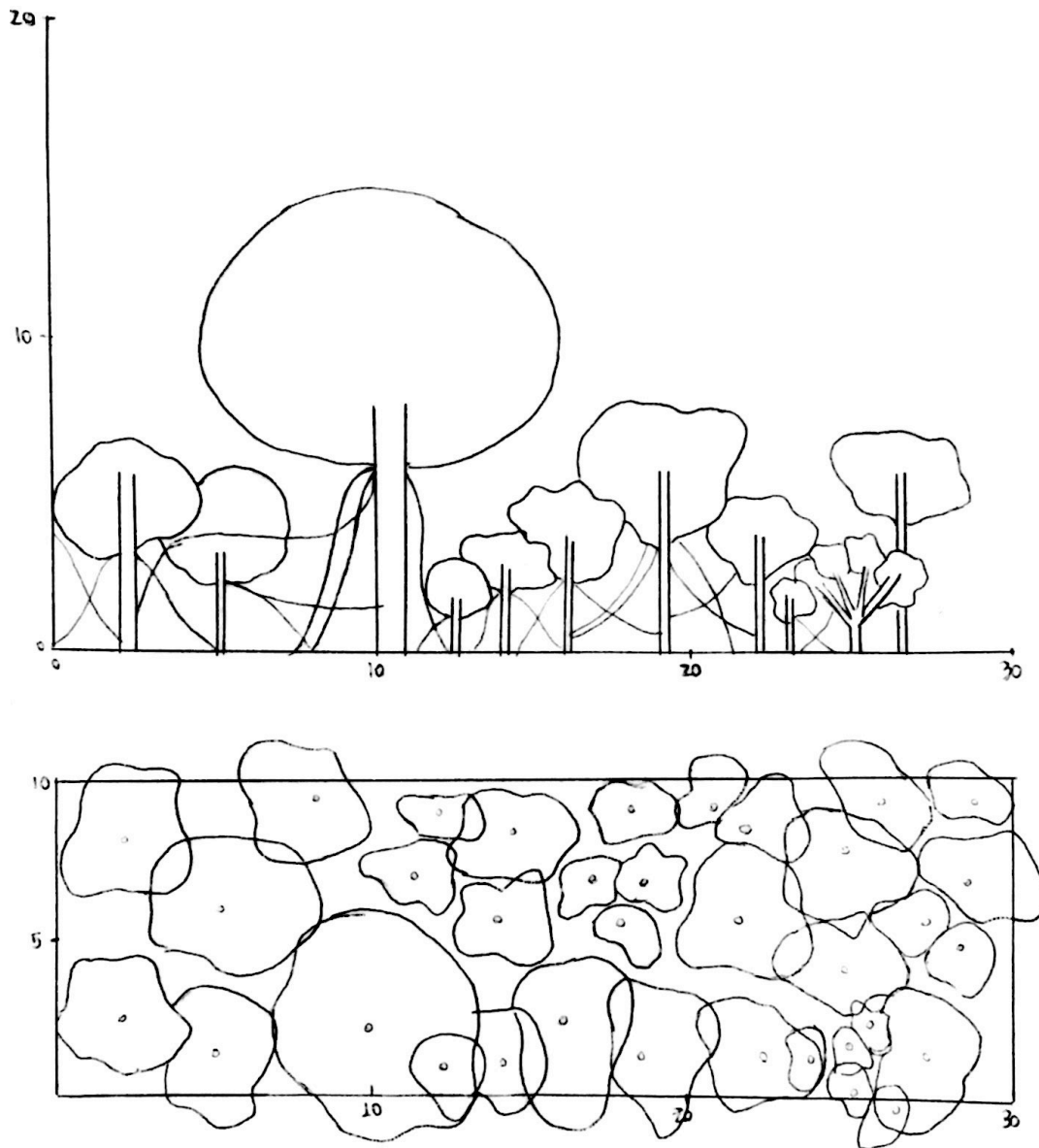


Figura 5 - Representação do perfil vertical e horizontal da parcela 8 do fragmento de mata nativa na escala 1:100

A representação do perfil vertical e horizontal (Figura 5) do fragmento de mata, nos mostra a dinâmica da sucessão ecológica, por meio da estratificação arbórea. Também é possível perceber que a mata encontra-se desequilibrada ecologicamente devido à presença de lianas, fato comprovado pela presença de emaranhados densos de cipós. Logo, esse desequilíbrio pode ser um indício de uma degradação natural ocorrendo no local. Além disso, o crescimento e desenvolvimento das pioneiras são prejudicados pela competição por nutriente e luz.

5.2 Fragmento de Mata Rescuperada

5.2.1 Correlação de metodologias

Semelhante as observações de distribuição dos dados, correlações entre metodologias e seus resultados correlacionados com parâmetros florestais do item anterior, segue abaixo a Figura 6.

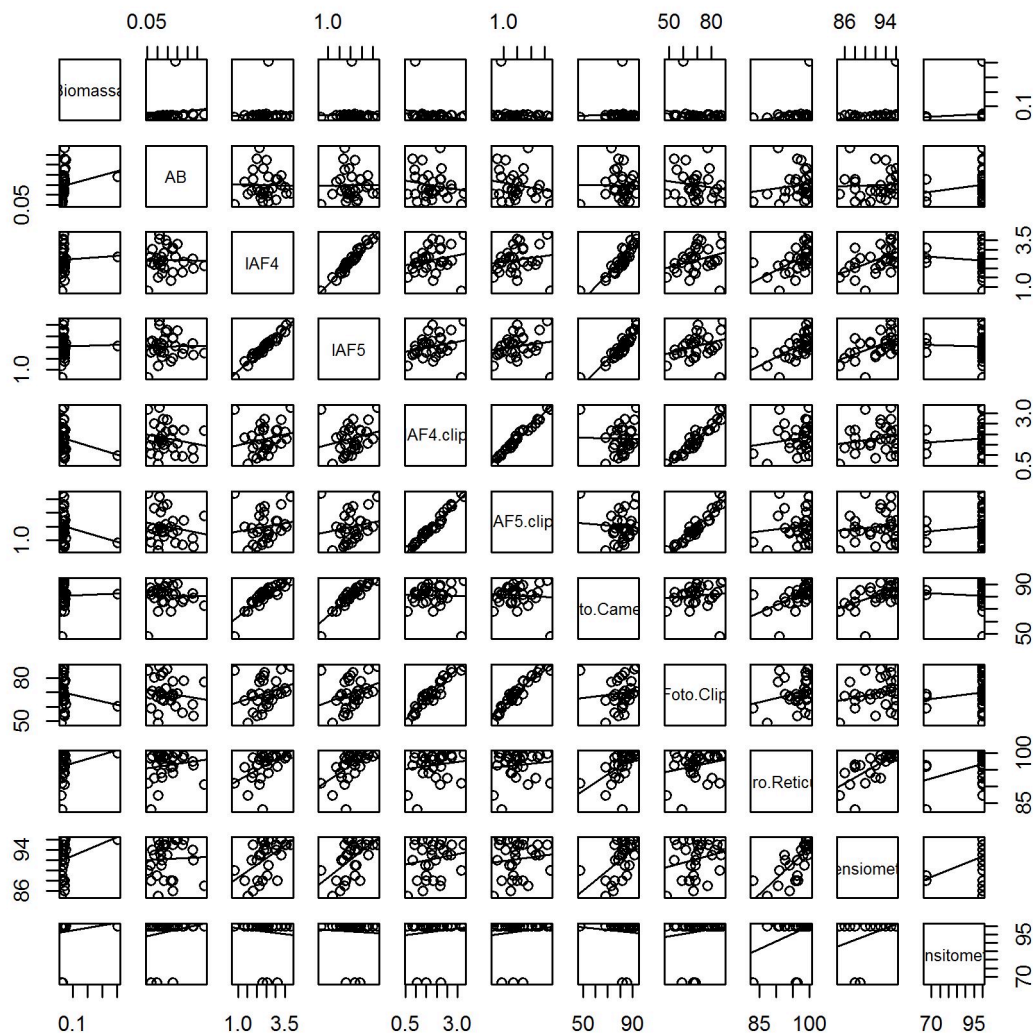


Figura 6 - Gráficos de dispersão dos dados de densidade de dossel por metodologias e das variáveis de parâmetros florestais

É possível observar uma correlação também presente neste fragmento florestal entre a foto câmera e o quadro reticulado de 0,543 (p-valor de 0,002), podendo ser explicada pela precisão na coleta dos dados de densidade de dossel,

com o quadro, como já anteriormente citado. O fato dessa correlação ser novamente significativa reforça o argumento de que o quadro pode ser um substituto da máquina fotográfica para obter os resultados de porcentagem de dossel.

Entre a foto câmera e o densiômetro houve uma correlação de 0,531 (p-valor de 0,003), visto que ambos possuem basicamente a mesma metodologia e forma de leitura em campo. Reafirmou-se que o densiômetro pode possivelmente substituir a máquina fotográfica em campo para essa finalidade de análise.

Entre o quadro reticulado e o densiômetro houve uma esperada correlação de 0,735 (p-valor de $3,64 \cdot 10^{-6}$), indicando não haver preferência de uso entre os dois por argumentos já citados anteriormente.

O quadro reticulado e o densitômetro tiveram uma correlação de 0,370 (p-valor de 0,044). O que pode explicar tal relação é o dossel da floresta nos pontos amostrados estar homogêneo, ou seja, dificilmente existiam no local áreas de abertura do dossel.

Como esperado pelo exposto, houve, também, correlação entre o densiômetro e densitômetro de 0,384 (p-valor de 0,035).

Os dados obtidos da densidade de dossel em campo, mostra e permite dizer que os valores com o densiômetro, densitômetro e quadro reticulado foram maiores do que os obtidos a partir das fotografias hemisféricas.

5.2.2 Correlação dos parâmetros florestais

Os dados dos parâmetros florestais estimados para o fragmento de mata restaurada, não tiveram correlação com a densidade do dossel obtida pelas metodologias. Isso pode, como já citado, ser decorrente da dificuldade de visualizar outros pontos dentro da floresta, levando em consideração a localização do observador. Outra possibilidade é a pouca quantidade de pontos amostrados comparado ao tamanho da parcela.

Todas os cálculos (de área basal e de biomassa) e os dados de densidade de dossel coletados, referentes a esse fragmento estão no Apêndice B.

5.2.3 Transectos verticais e horizontais

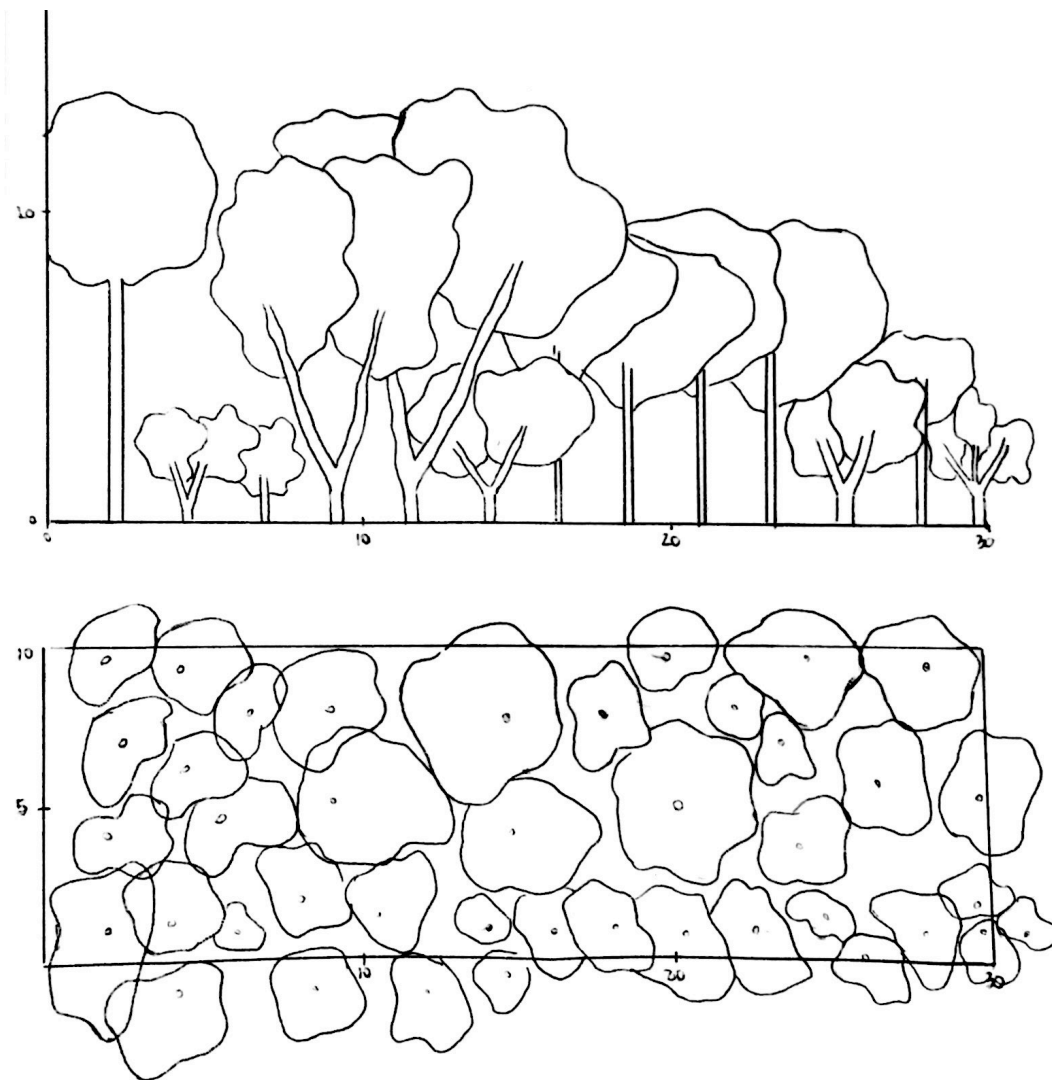


Figura 7- Representação do perfil vertical e horizontal da parcela 9 do fragmento de mata restaurada na escala 1:100.

Com a Figura 7, é possível afirmar que o ambiente encontra-se recuperado. Visto que, de acordo com Pillar (1994), a floresta assim se considera quando ela possui a habilidade de se desenvolver apenas com a resiliência local e sem interferência humana. Logo, nota-se, também, que ela não está apresentando desequilíbrio visto que não há a presença de nada que comprometa a estabilidade de sucessão ecológica do fragmento.

5.3 Plantação de Eucalipto

5.3.1 Correlação de metodologias

A Figura 8 abaixo segue o mesmo padrão de análise das correlações visto nos tópicos anteriores. Sendo assim, também permite uma visualização da dispersão dos dados.

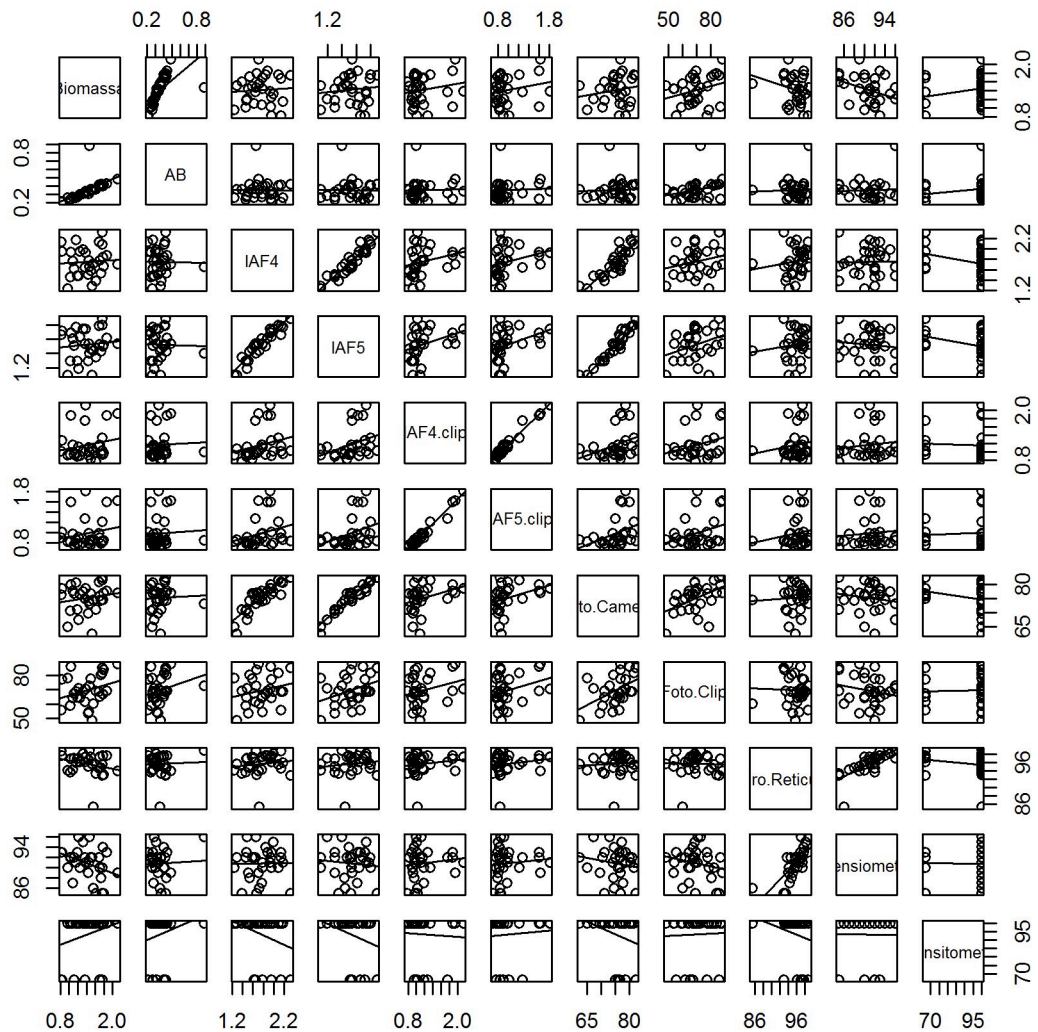


Figura 8 - Gráficos de dispersão dos dados de densidade de dossel por metodologias e das variáveis de parâmetros florestais

Foi possível perceber pela análise do p-valor de 0,009, que houve uma correlação da foto câmera com a foto clipe de 0,464. O fato já argumentado anteriormente que pode explicar essa relação é a questão do método de análise

empregado ser bem semelhante, havendo diferença apenas na resolução e qualidade das câmeras e lentes.

O quadro reticulado e o densitômetro, como também já esperado tiveram correlação altamente significativa de 0,736 (p – valor $3,58 \cdot 10^{-6}$).

Não houve correlação do densitômetro com nenhuma metodologia, acredita-se o que se credita ao fato de, além de sua metodologia de amostragem ser destoante das que foram utilizadas neste trabalho, ele não quantificar, do ato da coleta de dados, em valores a informação do ponto.

Por fim, comparando-se a foto câmera e a foto *clip* com o quadro reticulado e o densitômetro, a não existência de correlação pode-se dever às copas das árvores desse plantio não serem densas como as de uma floresta nativa, por exemplo. Esse fragmento florestal permite maior incidência de radiação solar que o considerado pelo *software* no momento de rodar a imagem para o resultado final, enquanto que com o quadro reticulado e densitômetro isso não é possível.

Com relação aos dados obtidos de densidade de dossel em campo, os valores com o densitômetro, densitômetro e quadro reticulado foram maiores do que os obtidos a partir das fotografias hemisféricas. Essa diferença pode ser decorrente do *software* quantificar toda região do dossel, registrado na fotografia, onde há entrada de luz do sol.

Como ocorreu em todas as áreas, os valores com o densitômetro, densitômetro e quadro reticulado foram maiores do que os obtidos a partir das fotografias hemisféricas. Como já citado, essa diferença pode ser decorrente do *software* quantificar toda região do dossel, registrado na fotografia, onde há entrada de luz do sol.

5.3.2 Correlação dos parâmetros florestais

Não existiram correlações entre os parâmetros florestais com os dados das metodologias de densidade de dossel devido aos fatos já comentados nos tópicos anteriores.

Todas os cálculos (de área basal e de biomassa) e os dados de densidade de dossel coletados, referentes a esse fragmento estão no Apêndice C.

5.3.3 Transectos verticais e horizontais

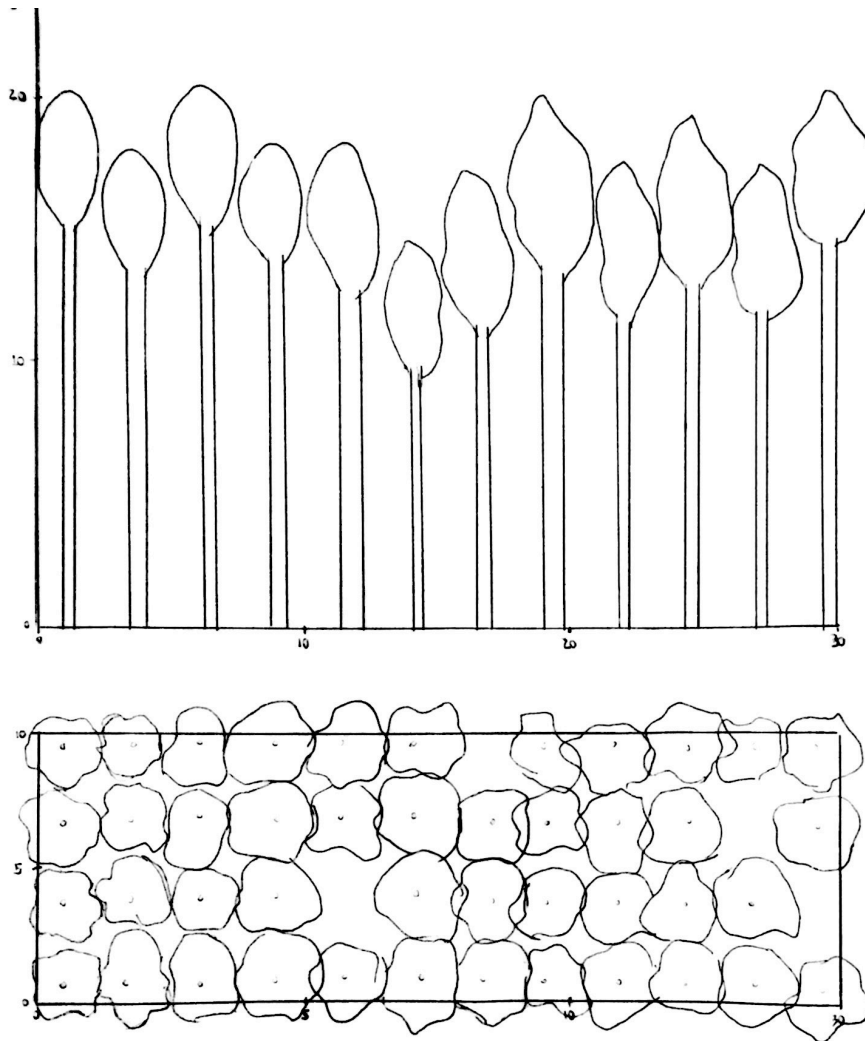


Figura 6 - Representação do perfil vertical e horizontal da parcela 10 do *Eucalypto urophylla* na escala 1:100

Observando a Figura 6, é possível perceber que a plantação de eucalipto não se desenvolveu homogeneamente como é comum observar em plantios de monoculturas. No entanto, tal fato pode ser explicado devido à questão de ser um teste em que são utilizados cruzamentos entre *Eucalyptus* spp. com clones de variedades diversas. Outro fator que pode acarretar na heterogeneidade de um plantio em monocultura é a declividade do terreno, disponibilidade de nutrientes, água, intensidade luminosa, competição, entre outros.

6 CONCLUSÕES

- A lente *fisheye clip*, pode ser uma metodologia alternativa de baixo custo;
- O quadro reticulado e o densiômetro, podem ser classificados metodologias que não necessitam de tecnologia e são de baixo custo;
- O quadro reticulado e o densiômetro podem ser considerados metodologias que deram correlações boas em todas as áreas de estudo.
- Não houve correlação da biomassa, área basal, IAF₄ câmera, IAF₅ câmera, IAF₄ clip, IAF₅ clip com os dados de densidade de dossel;
- São necessários estudos com um número maior de pontos amostrados na parcela para constatar se não há correlação entre os parâmetros florestais com os metodológicos.

REFERÊNCIAS

BRADSHAW, C.J.A.; GIAM, X.; SODHI, N.S. Evaluating the relative environmental impact of countries. **Plos One**, Boston, v. 5, n. 5, p. 6-7, 2010.

BRANCALION, P.H.S.; VIANI, R.A.G.; RODRIGUES, R.R.; CÉSAR, R.G. Estratégias para auxiliar na conservação de florestas tropicais secundárias inseridas em paisagens alteradas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 7, n. 3, p. 219-234, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Serviço Florestal Brasileiro. **Florestas do Brasil em Resumo**: dados de 2005 – 2010. Brasília, 2016. v. 1, p. 152-153.

CANTINHO, R.Z.; PONZONI, F.J.; SANTOS, S.B. Estimativas de índice de área foliar em plantios de *Eucalyptus spp.* segundo três alternativas metodológicas. **Cerne**, São José dos Campos, v. 20, n. 3, p. 485-492. 2014.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_436.html>. Acesso em: 20 fev. 2016.

COELHO FILHO, M.A.; VILLA-NOVA, N.A.; ANGELOCCI, L.R.; MARIN, F.R.; RIGHI, C.A. Método para estimativa do IAF de árvores isoladas ou de plantações com dossel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 529-538, 2012.

DÁRIO, F.R. **Influência de corredor florestal entre fragmentos da Mata Atlântica utilizando-se a avifauna como indicador ecológico**. 1999. 172 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

Densimeter®. **Geographic resource solutions**. Arcata, 1989. 1 p.

EMLLEN, J.T. A rapid method for measuring arboreal canopy cover. **Ecology**, Washington, v. 48, n. 1, p. 158-160, 1967.

FAO. **Global forest resources assessment: terms and definitions**. Rome, 2004. 34 p.

_____. **Desmatamento mundial diminui, mas segue alarmante em muitos países**. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/ddmcramp.asp>>. Acesso em: 18 jul. 2015.

FIORENTIN, L.D.; CORTE, DALLA, A.P.; SANQUETTA, C.R.; BEHLING, A. Quantificação e modelagem da biomassa e carbono da regeneração natural em área de área de floresta ombrófila mista. **Revista Brasileira de Biomassa**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 251-267, 2015.

FRAZER, G.W.; CANHAM, C.D.; LERTZMAN, K.P. **Gap Light Analyzer (GLA), version 2.0**: users manual and program documentation. New York, 1999. 40 p.

GALVANI, E.; LIMA, N.G.B. Fotografias hemisféricas em estudos microclimáticos: Referencial teórico-conceitual e aplicações. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, ed. esp., p. 215-221, 2014.

IBA. **Indústria brasileira de árvores**. 80p. 2015. Disponível em: http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf. Acesso em: 20 fevereiro 2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Bioma Mata Atlântica**. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/bioma-mata-atlantica.html>>. Acesso em: 07 ago. 2015.

INSTITUTO DE BOTÂNICA. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo, 2009. v. 1, 256 p.

LACERDA, J.S.; COUTO, H.T.Z. do; HIROTA, M.K.; PASISHNYK, N.; POLIZEL, J.L. Estimativa da biomassa e carbono em áreas restauradas com plantio de essências nativas. **Metrum**, Piracicaba, n. 5, p. 1-23, 2009.

MAESTRI, R.; SANQUETTA, C.R.; MACHADO, S.A.; SCOLFORO, J.R.S.; CÔRTE, A.P.D. Viabilidade de um projeto florestal de *Eucalyptus grandis* considerando o sequestro de carbono. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 347-360, 2004.

MOREIRA C.S. **Estoques de carbono no solo em áreas de reflorestamento: bases para projetos de mecanismos de desenvolvimento limpo**. 2010. 188 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PAIVA, Y.G. **Estimativa do índice de área foliar por métodos óticos e sensoriamento remoto para calibrar modelo ecofisiológico em plantios de eucalipto em áreas de relevo ondulado**. 2009. 76 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Faculdade de Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

PAIXÃO, A.F.; SOARES, C.P.B.; JACOVINE, L.A.G.; SILVA, M.L.; LEITE, H.G.; SILVA, G.F. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 411-420, 2006.

PARRON, L.M.; GARCIA, J.B.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília: EMBRAPA, 2015. 370 p.

PILLAR, V.D. Dinâmica temporal da vegetação. **Dinâmica Temporal**, Porto Alegre, v. 1, p. 7, nov. 1994.

POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R.E.; CUNHA, G.C. Práticas de ecologia florestal. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v. 16, p. 1-44, 1996.

REIS A.; ZAMBONIN R.M.; NAKAZONO E.M. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. **Caderno 14: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica**, São Paulo, v. 1, p. 42-45, 1999.

RETUCHNE, L.C. **Equações alométricas para a estimativa de biomassa, carbono e nutrientes em uma floresta ombrófila**. 2010. 101 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2010.

RIBEIRO, S.C.; JACOVINE, L.A.G.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V.; SOUZA, A.L.; NARDELLI, A.M.B. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais, **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 917-926, 2009.

SAGANUMA, M.S.; TOREZAN, J. M.D.; CAVALHEIRO, A.L.; VANZELA, A.L.L.; BENATO, T. Comparando metodologias para avaliar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 377-385, 2008.

SANCHES, L.; ANDRADE, N.L.R.; NOGUEIRA, J.S.; BIUDES, M.S.; VOURLITIS, G.L. Índice de área foliar em floresta de transição amazônica cerrado em diferentes métodos de estimativa. **Ciência e Natura**, Cuiabá, v. 30, n. 1, p. 57-69, 2008.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LEITE, H.G.; COMEFORD, N.B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2723-2733, 2008.

SOTOMAYOR, J.F.M. **Determinação de biomassa aérea em florestas nativas num ambiente agrícola do Estado de São Paulo**. 2013. 130 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. **As florestas plantadas**. Brasília, 2016. Disponível: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>> Acesso em: 20 mar. 2016.

SILVA, C.A. **Carbono na parte aérea de plantios de *Eucalyptus spp.* em nível de árvore por amostragem destrutiva e para talhões inteiros após o ajuste de métricas LiDAR**. 2013. 153 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SILVA, C.A.; KLAUBERG, C.; CARVALHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; RODRIGUEZ, L.C.E. Estoque de carbono na biomassa aérea florestal em plantações comerciais de *Eucalyptus spp.* **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 135-146, 2015.

STUCCHI, G.B. **Estimativas dos estoques de carbono na parte aérea de reflorestamentos de espécies nativas e remanescentes florestais**. 2013. 79 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

VOGEL, H.L.M. **Quantificação da biomassa e nutrientes em uma floresta estacional decidual em Itaara - RS, Brasil**. 2015. 94 p. Tese (Doutorado em Silvicultura) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

WINK, C. **Estoque de carbono em plantações de *Eucalyptus spp.* implantados em campo nativo**. 2009. 132 p. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

APÊNDICES

Apêndice A – Dados de campo Mata Nativa

Nativa			
Tratamento	Parcela	Biomassa (t)	AB (m ²)
N	1	0,0075	0,113467182
N	1	0,0058	0,232894783
N	1	0,0059	0,121397138
N	2	0,0311	0,146056150
N	2	0,032	0,114807105
N	2	0,0335	0,268572065
N	3	0,0193	0,087273603
N	3	0,0157	0,064344681
N	3	0,0276	0,177663770
N	4	0,0314	0,120629218
N	4	0,0418	0,135896140
N	4	0,046	0,216579927
N	5	0,0167	0,064888353
N	5	0,0217	0,058166380
N	5	0,0278	0,191829422
N	6	0,0351	0,144547046
N	6	0,0411	0,284665298
N	6	0,0411	0,220526961
N	7	0,0397	0,248977726
N	7	0,0348	0,210541285
N	7	0,0336	0,132819025
N	8	0,028	0,263787204
N	8	0,0301	0,279804342
N	8	0,029	0,136865809
N	9	0,0366	0,268317020
N	9	0,0409	0,549288125
N	9	0,0436	0,252360919
N	10	0,0253	0,097696894
N	10	0,0307	0,118275003
N	10	0,0342	0,170110871
Total		0,8876	5,493049444

Nativa				
Tratamento	Parcela	IAF4 (m2/m2) - câmara	IAF5 (m2/m2)) - câmara	
N	1	2,86	2,56	
N	1	3,59	3,30	
N	1	3,63	3,25	
N	2	3,28	2,89	
N	2	1,77	1,39	
N	2	3,86	3,22	
N	3	2,44	2,10	
N	3	2,00	1,89	
N	3	2,67	2,31	
N	4	1,32	1,18	
N	4	2,28	1,99	
N	4	1,78	1,49	
N	5	2,17	1,98	
N	5	4,11	3,72	
N	5	2,78	2,34	
N	6	4,09	3,44	
N	6	2,15	1,78	
N	6	3,02	2,68	
N	7	2,68	1,97	
N	7	2,15	1,75	
N	7	3,62	2,95	
N	8	3,29	2,71	
N	8	3,32	2,95	
N	8	1,61	1,42	
N	9	2,80	2,38	
N	9	2,65	2,28	
N	9	2,54	2,23	
N	10	1,53	1,34	
N	10	2,06	1,87	
N	10	2,30	2,14	
Total		80,35	69,5	

Nativa				
Tratamento	Parcela	IAF4 - clip	IAF5 - clip	
N	1	2,32	2,05	
N	1	1,90	1,57	
N	1	3,00	2,47	
N	2	2,49	2,89	
N	2	0,04	0,15	
N	2	3,43	2,53	
N	3	0,69	0,66	
N	3	0,16	0,24	
N	3	0,29	0,27	
N	4	1,12	0,69	
N	4	2,23	1,89	
N	4	0,91	0,77	
N	5	1,37	1,25	
N	5	1,67	1,34	
N	5	1,36	1,17	
N	6	1,59	1,25	
N	6	1,04	0,81	
N	6	0,82	0,90	
N	7	1,63	1,25	
N	7	1,16	0,92	
N	7	1,48	1,25	
N	8	1,29	1,00	
N	8	1,10	0,90	
N	8	0,39	0,63	
N	9	1,13	1,09	
N	9	1,25	1,02	
N	9	1,07	0,84	
N	10	1,39	1,23	
N	10	0,96	0,87	
N	10	1,52	1,27	
Total		40,8	35,17	

Nativa						
% densidade de dossel						
Tratamento	Parcela	Câmera	Clip	Quadro	Densiômetro	Densitômetro
N	1	89,9	78,3	97,4	92	
N	1	95,1	75,9	98,8	94	100
N	1	92,8	86,7	96	94	
N	2	90,8	88,0	94,8	92	
N	2	72,8	19,2	78,4	76	66,6
N	2	92,4	83,8	99,4	95	
N	3	81,8	47,9	92,6	85	
N	3	82,0	27,1	92,4	90	100
N	3	84,5	28,6	95,4	91	
N	4	68,7	56,9	94	87	
N	4	83,4	75,1	93	91	100
N	4	75,8	51,5	92	89	
N	5	69,7	60,0	91,2	87	
N	5	95,3	68,1	99,6	95	100
N	5	81,4	60,3	98	92	
N	6	95,6	68,8	99,4	95	
N	6	80,4	50,7	100	96	100
N	6	91,9	57,2	98,6	93	
N	7	81,2	62,2	100	96	
N	7	77,4	54,3	100	96	100
N	7	93,3	66,7	100	96	
N	8	89,3	58,5	99,6	95	
N	8	92,6	57,0	99,6	96	66,66
N	8	71,9	46,9	82	78	
N	9	87,4	63,0	100	96	
N	9	86,6	58,8	100	96	100
N	9	82,6	53,3	100	96	
N	10	71,9	66,7	92,8	86	
N	10	80,9	57,6	96,4	92	66,6
N	10	84,2	66,0	100	95	

Apêndice B – Dados de campo Mata Regenerada

Regenerada			
Tratamento	Parcela	Biomassa (t)	AB (m2)
R	1	0,0343	0,103645933
R	1	0,0360	0,117331957
R	1	0,4080	0,190018214
R	2	0,0426	0,279941889
R	2	0,0309	0,132882108
R	2	0,0316	0,140352462
R	3	0,0243	0,067477745
R	3	0,0265	0,095961563
R	3	0,0302	0,177803658
R	4	0,0255	0,076156711
R	4	0,0211	0,103118236
R	4	0,0255	0,131606904
R	5	0,04	0,224885628
R	5	0,0497	0,274952453
R	5	0,0399	0,176491093
R	6	0,0427	0,334428646
R	6	0,0266	0,052561294
R	6	0,0338	0,119763631
R	7	0,0257	0,083949810
R	7	0,0258	0,121197163
R	7	0,0445	0,232084459
R	8	0,0398	0,129814676
R	8	0,0405	0,166154876
R	8	0,0398	0,176907320
R	9	0,0289	0,066133041
R	9	0,0332	0,115573076
R	9	0,0368	0,108462741
R	10	0,0322	0,108527875
R	10	0,0392	0,149484792
R	10	0,038	0,198169440
Total		1,3936	4,455839394

Regenerada			
Tratamento	Parcela	IAF4 (m2/m2) - câmara	IAF5 (m2/m2) -câmara
R	1	2,27	1,89
R	1	2,15	1,81
R	1	2,63	2,06
R	2	2,00	1,67
R	2	2,83	2,34
R	2	3,52	2,70
R	3	2,31	1,79
R	3	2,56	2,18
R	3	3,10	2,41
R	4	3,04	2,31
R	4	1,52	1,19
R	4	2,04	1,77
R	5	1,80	1,73
R	5	2,52	2,19
R	5	1,78	1,53
R	6	2,14	1,74
R	6	0,79	0,67
R	6	2,63	2,19
R	7	2,22	1,87
R	7	1,74	1,58
R	7	2,34	1,94
R	8	2,43	2,10
R	8	1,36	1,37
R	8	3,04	2,45
R	9	2,61	2,25
R	9	2,38	2,00
R	9	3,83	3,19
R	10	3,58	3,00
R	10	3,30	2,78
R	10	3,32	2,75
Total		73,78	61,45

Regenerada			
Tratamiento	Parcela	IAF4 - clip	IAF5 - clip
R	1	0,97	0,85
R	1	1,78	1,43
R	1	0,97	0,92
R	2	0,85	0,79
R	2	1,32	1,15
R	2	2,12	1,58
R	3	1,06	0,93
R	3	1,50	1,35
R	3	2,20	1,71
R	4	1,77	1,43
R	4	0,59	0,65
R	4	1,50	1,30
R	5	0,95	0,85
R	5	1,30	1,08
R	5	1,35	1,26
R	6	2,17	1,90
R	6	3,19	2,69
R	6	1,60	1,31
R	7	2,51	2,16
R	7	1,94	1,44
R	7	2,22	1,72
R	8	2,72	2,24
R	8	1,83	1,50
R	8	2,17	1,70
R	9	1,46	1,23
R	9	2,33	2,02
R	9	3,29	2,58
R	10	1,79	1,49
R	10	2,69	2,30
R	10	1,57	1,36
Total		53,71	44,92

Regenerada						
% densidade de dossel						
Tratamento	Parcela	Câmera	Clip	Quadro	Densitômetro	Densitômetro
R	1	83,4	54,4	100	96	
R	1	81,5	69,2	98	93	100
R	1	81,8	60,2	100	96	
R	2	78,8	53,6	96,4	92	
R	2	87,6	64,8	99	96	100
R	2	88,3	72,7	98,4	95	
R	3	81,5	59,1	83	88	
R	3	85,2	67,1	96,4	89	66,66
R	3	81,7	68,8	96	88	
R	4	83,9	71,1	99	94	
R	4	68,1	48,4	87,2	85	100
R	4	75,7	64,1	96,6	88	
R	5	75,6	55,7	98,6	95	
R	5	82,8	61,7	97,4	94	100
R	5	74,7	67,5	94	86	
R	6	73,0	77,4	90,6	87	
R	6	47,7	85,6	91	90	100
R	6	83,9	65,4	94	91	
R	7	79,1	80,4	92,4	93	
R	7	75,8	68,8	92,6	92	100
R	7	77,7	78,4	99,2	96	
R	8	83,7	84,2	98,8	95	
R	8	68,0	64,5	95,8	88	100
R	8	89,1	77,8	98,8	95	
R	9	87,4	68,7	98,4	91	
R	9	81,6	82,1	99	94	100
R	9	93,0	88,2	99,8	95	
R	10	93,3	70,6	99	95	
R	10	91,5	86,6	99,4	93	100
R	10	90,4	69,5	100	96	

Apêndice C – Dados de campo *Eucalyptus urophylla*

Eucalipto			
Tratamento	Parcela	Biomassa (t)	AB (m2)
E	1	1,4508	0,312655176
E	1	1,6123	0,365699405
E	1	1,5558	0,354570681
E	2	1,4421	0,329066558
E	2	1,1860	0,272206758
E	2	1,4710	0,883958731
E	3	1,0238	0,243408932
E	3	1,7722	0,399716068
E	3	1,3225	0,310405765
E	4	1,2083	0,287469098
E	4	1,5203	0,360203673
E	4	1,2484	0,300537138
E	5	0,8210	0,208176805
E	5	1,3693	0,318439489
E	5	1,1134	0,266950917
E	6	0,8333	0,215222737
E	6	1,7609	0,425384358
E	6	1,6967	0,402804304
E	7	1,7249	0,426479023
E	7	1,6840	0,414102289
E	7	0,9615	0,264546728
E	8	1,7935	0,420168067
E	8	1,0834	0,274844029
E	8	1,4986	0,366690142
E	9	1,1573	0,267475172
E	9	1,7653	0,410053794
E	9	2,1189	0,485188678
E	10	1,3817	0,338633181
E	10	1,0387	0,245603355
E	10	1,8601	0,435960180
Total		42,476	10,60662123

Eucalipto			
Tratamento	Parcela	IAF4 (m2/m2) - câmara	IAF5 (m2/m2) -câmara
E	1	1,78	1,54
E	1	1,39	1,35
E	1	1,72	1,44
E	2	1,51	1,30
E	2	1,48	1,30
E	2	1,66	1,40
E	3	1,46	1,30
E	3	1,84	1,50
E	3	1,99	1,74
E	4	1,49	1,19
E	4	1,29	1,10
E	4	1,95	1,64
E	5	2,14	1,66
E	5	1,64	1,54
E	5	1,62	1,51
E	6	1,95	1,72
E	6	2,32	1,89
E	6	1,78	1,53
E	7	1,53	1,43
E	7	2,13	1,79
E	7	1,24	1,10
E	8	1,67	1,52
E	8	1,77	1,61
E	8	1,58	1,47
E	9	2,17	1,77
E	9	2,09	1,80
E	9	1,71	1,54
E	10	1,93	1,74
E	10	1,94	1,69
E	10	1,88	1,62
Total		52,65	45,73

Eucalipto			
Tratamento	Parcela	IAF4 - clip	IAF5 - clip
E	1	1,11	0,98
E	1	0,77	0,70
E	1	1,03	0,83
E	2	0,92	0,79
E	2	0,89	0,78
E	2	0,99	0,84
E	3	0,94	0,82
E	3	0,94	0,82
E	3	1,01	0,80
E	4	1,12	0,91
E	4	1,08	0,86
E	4	0,90	0,76
E	5	1,01	0,89
E	5	1,75	1,27
E	5	0,94	0,76
E	6	1,27	1,01
E	6	1,03	0,83
E	6	1,17	0,90
E	7	0,95	0,78
E	7	1,14	0,98
E	7	0,92	0,82
E	8	0,96	0,84
E	8	1,17	0,97
E	8	0,83	0,76
E	9	0,95	0,86
E	9	1,33	1,21
E	9	1,93	1,63
E	10	2,13	1,81
E	10	1,87	1,60
E	10	1,87	1,60
Total		34,92	29,41

Eucalipto						
% densidade de dossel						
Tratamento	Parcela	Câmera	Clip	Quadro	Densiômetro	Densitômetro
E	1	74,1	54,4	96,6	91	
E	1	71,2	69,2	93,4	85	100
E	1	74,6	60,2	85,4	86	
E	2	69,7	53,6	95,2	89	
E	2	71,1	64,8	97	93	100
E	2	73,1	72,7	99	96	
E	3	70,6	59,1	93,8	92	
E	3	74,5	67,1	97,8	94	100
E	3	77,4	68,8	98,2	95	
E	4	67,4	71,1	97,2	96	
E	4	62,4	48,4	95,8	92	100
E	4	76,6	64,1	96,2	90	
E	5	76,4	55,7	98,8	93	
E	5	75,0	61,7	96,2	92	66,66
E	5	76,7	67,5	97,2	92	
E	6	78,7	77,4	97,8	93	
E	6	82,4	85,6	93	85	66,66
E	6	75,9	65,4	97,4	90	
E	7	74,4	80,4	94,8	88	
E	7	80,9	68,8	94,6	92	100
E	7	65,0	78,4	94,2	90	
E	8	76,9	84,2	93,2	85	
E	8	77,8	64,5	94,4	87	100
E	8	76,8	77,8	97,4	92	
E	9	80,6	68,7	96	91	
E	9	81,6	82,1	95,6	90	100
E	9	76,9	88,2	94	89	
E	10	78,6	70,6	97,4	91	
E	10	80,0	86,6	97	92	100
E	10	77,6	69,5	97,8	93	