TERO.002 - REDD

VERSÃO 1.0

METODOLOGIA, AFOLU, REDD

TERO CARBON AVALIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES LTDA

IDENTIFICAÇÃO

METODOLOGIA	TERO.002 - REDD
VERSÃO	1.0
STATUS	Aprovada em Consulta Pública
DATA DA PUBLICAÇÃO	24 de julho de 2023 (24/07/2023)
DESENVOLVEDOR	Hdom Engenharia e Projetos Ambientais Ltda
TIPO	AFOLU (Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra)
CATEGORIA	REDD (Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal)
BIOMA	Amazônia
ATIVO GERADO	Crédito de Carbono Verificado (tCO_2e)
ATIVIDADE DO PROJETO	Desmatamento Planejado Evitado (APD)

ACRÔNIMOS

AFOLU	Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra, em Inglês, *Agriculture, Forestry, and Other Land Use*
AGB	Biomassa florestal acima dos solos, em Inglês, *Above Ground Biomass*
AP	Área do Projeto
APD	Desmatamento Planejado Evitado, em Inglês, *Avoided Planned Deforestation*
APP	Área de Preservação Permanente
ARL	Área de Reserva Legal
AUM	Área de Uso Múltiplo
BGB	Biomassa florestal abaixos dos solos, em Inglês, *Below Ground Biomass*
Btot	Biomassa florestal total (AGB + BGB)
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CND	Certidões Negativas de Débito
COP	Conferência das Partes, em Inglês, *Conference of the Parties*
CO_2e	Dióxido de Carbono equivalente
DAP	Diâmetro à Altura do Peito
DCP	Documento de Concepção de Projeto, em Inglês, *Project Design Document*
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, em Inglês, *Food and Agriculture Organization of United Nations*
GEE	Gases de Efeito Estufa
GPS	Sistema de Posicionamento Global, em Inglês, *Global Positioning System*
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Intervalo de Confiança

IFC	Inventário Florestal Contínuo
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática, em Inglês, *Intergovernmental Panel on Climate Change*
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MRV	Mensuração, Reporte e Verificação
SNIF	Sistema Nacional de Informações Florestais
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
PF	Pessoa Física
PJ	Pessoa Jurídica
REDD	Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal, em Inglês, *Reduction of Emissions from Deforestation and Forest Degradation*
REDD+	Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal, incluindo a conservação e aumento dos estoques de carbono, em Inglês, *Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation, plus the sustainable management of forests, and the conservation and enhancement of forest carbon stocks*
UC	Unidade de Conservação
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática, em Inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change*

DEFINIÇÕES

Adicionalidade (IPCC)	Segundo o IPCC, a Adicionalidade de projetos de carbono é definida sob o escopo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) como: "A adicionalidade é definida como: a redução ou remoção das emissões não ocorreriam na ausência do projeto. Esta definição de adicionalidade pode ser abrangida para incluir abordagens relacionadas à 'adicionalidade financeira', 'adicionalidade de investimento' e 'adicionalidade de tecnologia'." Estas definições adicionais se aplicam principalmente ao conceito de mercado estabelecido no MDL.
Adicionalidade financeira	O financiamento do projeto é adicional ao orçamento disponível para a atividade padrão.
Adicionalidade de investimento	O valor da Unidade de Emissão Reduzida / Emissão Reduzida Certificada deve, significativamente, melhorar o aspecto financeiro e/ou a viabilidade comercial da atividade do projeto.
Adicionalidade de tecnologia	A tecnologia aplicada na atividade do projeto deve ser a melhor disponível para as circunstâncias do local/região do projeto.
Alometria	Estudo das variações das formas e dos processos dos organismos. Do "todo" (carbono) em função de "partes do todo" (DAP, por exemplo), ou seja, ajuste de equações (funções ou modelos) matemáticas.
Amazônia Brasileira	Compreende a totalidade dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia e partes dos Estados do Maranhão, Mato Grosso e Tocantins.
Bioma Amazônia	O bioma Amazônia é caracterizado pelas florestas pluviais tropicais e rica biodiversidade, abrangendo um mosaico de fitofisionomias, ecossistemas, fauna e díspares microorganismos, incluindo a bacia amazônica que exerce grande influência hídrica tornando o bioma um dos mais diversos e de grande interesse econômico do planeta.

Biomassa florestal (IPCC, 2006)	A biomassa florestal é subdividida em três compartimentos: Biomassa Total (Btot), Acima dos solos (AGB) e Abaixo dos solos (BGB). A biomassa é definida pelo peso da árvore, em quilos (kg) ou toneladas (t), sendo que a primeira é utilizada para o peso individual e a segunda quando se refere a estoques. Pode ser dada como biomassa "fresca" ou "seca", onde a primeira considera a presença da água na matéria e a segunda é considerando a massa secada em estufa até peso constante.
Clima (IPCC, 2021)	Definido com a média de estatísticas descritivas do tempo de um período mínimo de 30 anos, segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM).
Crédito de Carbono (tCO_2e)	Ativo financeiro, ambiental, transferível e representativo de redução, remoção e evitação de emissões de gases de efeito estufa, representado por uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e), que tenha sido reconhecido e gerado como crédito no mercado voluntário ou regulado.
Desmatamento Planejado Evitado (APD)	Abrir mão do direito de executar a supressão vegetal da floresta natural dentro dos limites geográficos da Área de Uso Múltiplo (AUM), comprometendo-se a uma política de desmatamento zero na Área do Projeto (AP).
Estoque de carbono ou Reservatório de carbono na floresta	É a quantidade estimada de carbono presente nas árvores que compõem a floresta em questão. Pode ser apresentado por meio de uma média estimada, seguida de sua margem de incerteza ou em termos absolutos, quando refere-se à área total. Podem constar na quantificação do estoque o carbono das árvores vivas e mortas, arbustos, palmeiras e outros organismos vegetais, além do carbono nos solos. Estoque de carbono líquido é a quantidade de carbono estocada na floresta correspondente ao estoque dos organismos vivos subtraído da biomassa morta (árvores mortas e serrapilheira). O estoque é dado em unidade de área, abreviadas por gramas ou toneladas: (i) milhões em mega (Mg ou Mt); bilhões em giga (Gg ou Gt); (iii) trilhões em tera (Tg ou Tt); e (iv) quatrilhões em peta (Pg ou Pt).

Floresta	A definição de florestas pode variar de acordo com a fonte. Segundo a FAO e SNIF: *Floresta é todo conjunto vegetacional que se estende por mais de 0,5 hectare (0,005 km²) e é formado por árvores com estatura superior a cinco metros, além de uma cobertura de copa maior do que 10%. Não estão incluídas nessa definição as áreas com diferentes usos do solo, como superfícies agrícolas ou urbanizadas.* Segundo o IBGE: *As florestas caracterizam-se pelo adensamento de árvores altas, com redução da quantidade de luz que chega ao solo, o que limita o desenvolvimento das sinúsias herbácea e arbustiva.*
Floresta de Igapó (Junk, 1993; Ribeiro *et al.* 1999)	Tipo de floresta amazônica que são sazonalmente inundáveis por águas de rios e/ou igarapés de água da cor preta ou clara, como os rios Negro e Tapajós, respectivamente.
Floresta de Várzea (Junk, 1993; Ribeiro *et al.* 1999)	Tipo de floresta amazônica que são sazonalmente inundáveis por águas de rios e/ou igarapés de água da cor branca ou barrenta, como os rios Amazonas e Solimões, respectivamente.
Governança	É a ação ou forma de governar (definição de 'governance', do Dicionário Oxford). A Governança compreende todos os processos de "governar" sobre um sistema social ou através de regras, normas e ações são estruturadas, sustentadas, reguladas e responsabilizadas. Para fins de Projetos REDD, a Governança de um imóvel rural é estabelecida pelo responsável pelo imóvel e/ou quem irá implementar as ações e atividades necessárias para assegurar a manutenção da floresta em pé e os investimentos em projetos de desenvolvimento sustentável e quem será o responsável pelos impactos negativos frutos de negligência e/ou omissão.
IC (x %)	Intervalo de confiança, à uma probabilidade de x%. Níveis de probabilidade padrões: 90%, 95% e 99%.

Imóvel Regular	O imóvel precisa estar devidamente documentado e com macrozoneamento realizado no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e sem sobreposições com outras áreas, públicas ou privadas
Incerteza (IPCC, 2006)	A incerteza é caracterizada pela falta de conhecimento do valor verdadeiro de uma variável de uma medida descritiva (tendência central -mais utilizada-, dispersão ou de relacionamento). É o próprio Intervalo de Confiança (IC) sob um certo nível de confiança. Mais precisamente, é a parte do IC que é subtraído ou somado à média. A incerteza depende da quantidade de dados utilizados, assim como dos métodos de amostragem.
Linha de Base	É definido como um cenário de 'não intervenção', em que na ausência de implantação do projeto, qual seria o destino mais provável da floresta.
Plantio florestal	Área de cultivo de espécies arbóreas, seja para a produção de madeira ou produtos não madeireiros. Pode ser constituído por espécies nativas ou exóticas. Monocultivos ou sistemas mistos e/ou híbridos.
REDD	Modalidade de mecanismo de geração de créditos de carbono, por meio da emissão evitada de Gases de Efeito Estufa (GEE), provenientes de desmatamento florestal. Introduzido nas discussões da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (UNFCCC) na COP 11, em Montreal (2005). Assume quatro condições/premissas básicas: I. Linha de Base - Cenário de ausência de 'projeto' que iria inevitavelmente resultar em emissões de GEE; II. Co-benefícios - Além da emissão evitada, qual impacto positivo adicional o 'projeto' traz; III. Quantificações MRV - Reportar de forma clara e com níveis de incerteza conhecidos as estimativas de carbono; IV. Monitoramento - Acompanhamento do 'projeto'; compromisso de desmatamento zero.

REDD+	Além dos pontos descritos em REDD, o '+' representa atividades adicionais relacionadas com a floresta que protegem o clima, nomeadamente a gestão sustentável das florestas e a conservação e melhoria dos estoques de carbono florestal.
Serapilheira, Serrapilheira ou Liteira	É a camada formada pela deposição dos restos de plantas (folhas, ramos) e acúmulo de material orgânico vivo em diferentes estágios de decomposição que reveste superficialmente o solo ou o sedimento aquático.
Silvicultura (Embrapa, 2023)	É o cultivo de florestas, naturais e artificiais, com objetivos de restaurar e/ou melhorar o povoamento de florestas, para atender a exigências específicas do mercado.
Uso e Mudança do Uso da Terra e Florestas	Atividade antrópica em áreas de florestas. Implantar uma atividade econômica na terra que envolve o uso racional dos recursos naturais ou a transformação da paisagem em áreas de usos alternativos, como cultivos agropecuários ou remoção da vegetação natural para outros fins.
Plataforma Tero	Plataforma tecnológica desenvolvida pela Tero Carbon para apoiar os processos de registro, certificação e verificação de projetos geradores de ativos ambientais.
Período de Creditação	É o período temporal onde os ativos ambientais são gerados, oriundos das atividades previstas por esta metodologia.

I - SALVAGUARDAS SOCIOAMBIENTAIS ADOTADAS

A base conceitual das “Salvaguardas” vem dos debates envolvendo Projetos do tipo Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal, incluindo a conservação e aumento dos estoques de carbono (REDD+) e tem como referência a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (UNFCCC) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA).

As “Salvaguardas” devem ser entendidas como diretrizes que visam potencializar os impactos positivos e evitar ou reduzir os impactos negativos relacionados ao projeto. Assim, as ações do projeto devem antecipar riscos e estabelecer medidas para prever, minimizar, mitigar ou lidar com impactos adversos associados à determinada atividade.

Assim, foram definidas na 16ª Conferência das Partes (COP) em Cancun, um conjunto de sete salvaguardas socioambientais. Pela decisão 1/ CP. 16 os países, quando implementando as atividades de REDD+, devem promover e apoiar:

I. Ações complementares ou consistentes com os objetivos dos programas florestais nacionais e outras convenções e acordos internacionais relevantes;
II. Estruturas de governança florestais nacionais transparentes e eficazes, tendo em vista a soberania nacional e a legislação nacional;
III. Respeito pelo conhecimento e direitos dos povos indígenas e membros de comunidades locais, levando-se em consideração as obrigações internacionais relevantes, circunstâncias e leis nacionais e observando que a Assembleia Geral da ONU adotou na Declaração das Nações Unidas sobre os Direitos dos Povos Indígenas;
IV. Participação plena e efetiva das partes interessadas, em particular povos indígenas e comunidades locais, nas ações referidas nos parágrafos 70 e 72 desta decisão;
V. Que as ações sejam consistentes com a conservação das florestas naturais e diversidade biológica, garantindo que as ações referidas no parágrafo 70 desta decisão não sejam utilizadas para a conversão de florestas naturais, mas sim para incentivar a proteção e conservação das florestas naturais e seus serviços ecossistêmicos, e para melhorar outros benefícios sociais e ambientais;
VI. Ações para tratar os riscos de reversões em resultados de REDD+;
VII. Ações para reduzir o deslocamento de emissões de carbono para outras áreas.

O tratamento das salvaguardas é essencial para REDD+. Foi estabelecido na UNFCCC, que os países que desejem implementar as ações de redução de emissões no setor florestal devem, dentre outros requisitos, implementar um sistema sobre as salvaguardas.

II - MACROZONEAMENTO DO IMÓVEL

O macrozoneamento do imóvel deve estar dividido em: Área de Reserva Legal (ARL), Área de Preservação Permanente (APP) e Área de Uso Múltiplo (AUM). Áreas consolidadas (desmatamento até 2008, devidamente credenciados pelo órgão ambiental estadual vigente) serão consideradas AUM.

II.1 Área de Preservação Permanente (APP)

Com base na Lei nº 12.651 de 2012 (Novo Código Florestal Brasileiro), a Área de Preservação Permanente (APP) é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Considera-se APP margens de corpos d'água, topos de morros, encostas íngremes, entre outros. A definição precisa e específica de APP está estabelecida no Capítulo II, Seção I, Art. 4 da Lei nº 12.651/2012.

II.2. Área de Reserva Legal (ARL)

Com base na Lei nº 12.651 de 2012 (Novo Código Florestal Brasileiro), a Área de Reserva Legal (ARL) é a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.

De acordo com o Capítulo IV, Seção I, art. 12 da Lei nº 12.651/2012, Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel. A definição precisa e específica de ARL e suas proporções por bioma/região estão estabelecidas na Lei nº 12.561/2012.

II.3. Área de Uso Múltiplo (AUM) e Áreas Consolidadas

Com base na Lei nº 12.651 de 2012 (Novo Código Florestal Brasileiro), o "uso alternativo do solo" é a substituição de vegetação nativa e formações sucessoras (supressão) por outras coberturas do solo, como atividades

agropecuárias, industriais, de geração e transmissão de energia, de mineração e de transporte, assentamentos urbanos ou outras formas de ocupação humana.

A substituição da vegetação nativa é vedada nas áreas de APP e ARL. Na região amazônica, a área passível de supressão se limita a 20% do imóvel rural.

Toda supressão que ultrapassa os limites definidos em lei, está sujeita às sanções impostas e previstas em lei. No entanto, no passado, devido à ausência de controle sobre o território e as constantes mudanças nas legislações, muitas propriedades rurais excederam os limites permitidos para uso alternativo.

Para mitigar essa questão, foi criado o termo “Área consolidada”. Com base na Lei n. 12.651 de 2012 (Novo Código Florestal Brasileiro), a Área Consolidada é a área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio.

II.4. Área de Não Florestas

Toda e qualquer extensão territorial que não seja caracterizada como floresta deve ser devidamente identificada. As principais classificações de ‘não florestas’ são:

- Água;
- Solos expostos;
- Formações rochosas;
- Infraestrutura (rodovias, estradas rurais, construções civis e afins);
- Outras formações vegetais que não se classificam como florestas, como:
    - Cultivos agrícolas;
    - Campos naturais;
    - Formações vegetacionais distintas, arbustivas e/ou herbáceas (por exemplo: mangue, caatinga e cerrado).

III - CLASSES DOS IMÓVEIS

Esta metodologia divide o tamanho dos imóveis rurais em “classes”. As três “classes” de imóveis se baseiam nos “superlativos Amazônicos”[1] e a classificação de tamanho de imóveis rurais do INCRA[2]:

- Pequena Propriedade: será considerada aquele imóvel com até três mil hectares (3.000 ha);
- Média Propriedade: será considerada aquele imóvel acima e três mil hectares (3.000 ha) até vinte mil hectares (20.000 ha);
- Grande Propriedade: acima de vinte mil hectares (20.000 ha).

[1] A Amazônia Legal soma um território de aproximadamente 5,4 milhões de km². Isso representa pouco mais de 50% do território brasileiro. Segundo o INCRA, “pequenas propriedades” podem somar até 400 ha. Esses superlativos precisam ser considerados para adequar à realidade local.
[2] https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal

SUMÁRIO

1. OBJETIVO 16
2. ATIVO GERADO 16
3. ATIVIDADE PREVISTA 16
4. ELEGIBILIDADE 16
5. ADICIONALIDADE 17
6. PERMANÊNCIA 18
7. SALVAGUARDAS 18
8. LIMITES TEMPORAIS 18
8.1. Período de Duração do Projeto 18
8.2. Início do Projeto 19
8.3. Retroatividade 19
8.4. Período de Creditação 19
9. PARTICIPANTES DO PROJETO 20
10. IMÓVEIS RURAIS 21
10.1. Tipos 21
10.2. Limites geográficos 21
10.3. Limites de extensão territorial 21
10.4. Diligência Fundiária 21
10.5. Anuência dos Proprietários ou Consentimento Prévio Livre e Informado 21
10.6. Macrozoneamento do Imóvel Rural 22
10.7. Área do Projeto (AP) 23
10.8. Compromisso de Desmatamento Zero 23
10.9. Inventário Florestal Amostral para Estimativa do Estoque de Carbono na Área do Projeto 24
11. LINHA DE BASE 24
11.1. O Desmatamento Planejado Evitado (APD) 25
11.2. Fundamentação Legal 25
12. QUANTIFICAÇÃO 26
12.1. Orientações para Coleta de Dados Primários e Estimativa de Estoque de Carbono nas Florestas 26
12.2. Inventário Florestal Amostral Quantitativo 27
12.3. Cálculo dos Estoque de Carbono Florestal Sem Estratos Definidos Estatisticamente 28
12.4. Cálculo dos Estoque de Carbono Florestal Com Estratos Definidos Estatisticamente 28
12.5. Cálculo da Incerteza do Estoque de Carbono 29
12.6. Cálculo do Crédito de Carbono Anual Gerado 30
13. BENEFÍCIOS ADICIONAIS (CO-BENEFÍCIOS) 30

13.1. Inventário Florestal Qualitativo (Opcional) 30
14. GOVERNANÇA 31
ANEXO I - A BASE METODOLÓGICA PARA ESTIMATIVA DOS ESTOQUES DE BIOMASSA E CARBONO NA FLORESTA 32
AI.1. Compartimentos da Biomassa 32
AI.2. Equações Alométricas 34
AI.3. Alometria de Biomassa e Carbono na Amazônia 35
AI.4. Sistema de Amostragem 37
AI.5. Variável de Interesse 39
AI.6. Estatística 42
AI.7. Estratificação 43
AI.8. Análise de Variância (ANOVA) 44
AI.9. Estatística Estratificada 46
AI.10. Espacialização (Scale up) 47
AI.11. Inventário Florestal Contínuo 51
ANEXO II - MONITORAMENTO REMOTO E A ANÁLISE DE PERMANÊNCIA 54
LITERATURAS CONSULTADAS E BASE TEÓRICA 55

1. OBJETIVO

O objetivo desta metodologia é a geração de ativo ambiental em projetos que promovam a Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal (REDD) no Bioma Amazônia.

2. ATIVO GERADO

O ativo gerado por projetos que utilizam esta metodologia é o Crédito de Carbono Verificado (em toneladas de dióxido de carbono equivalente - tCO_2e) referente ao processo de evitação de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) para a atmosfera. por meio da atividade de Desmatamento Planejado Evitado (APD).

3. ATIVIDADE PREVISTA

A atividade prevista por esta metodologia é o Desmatamento Planejado Evitado (APD).

4. ELEGIBILIDADE

São elegíveis para esta metodologia os Projetos que atendam todos os seguintes critérios.

LIMITES GEOGRÁFICOS	Os limites das Áreas do Projeto (APs) precisam estar totalmente inseridos no Bioma Amazônia.
MOSAICO	É permitido a utilização de imóvel rural único ou agrupamento em forma de mosaico.
TIPO DE IMÓVEL RURAL	• Imóvel rural privado devidamente documentado e regularizado; • Unidades de Conservação (UC) governamental e/ou privada de Uso Sustentável que tenha prerrogativa de geração de ativos ambientais.
TIPO DE FLORESTA	• Florestas naturais nativas, de terra firme e/ou de áreas sazonalmente inundáveis (ex.: várzea e igapó); • Florestas plantadas (plantio florestal), de espécies nativas e/ou exóticas.

TAMANHO MÍNIMO DO IMÓVEL	Pelo menos 5 ha (cinco hectares ou 50.000 m²).
TAMANHO MÍNIMO DA ÁREA DO PROJETO	Pelo menos 1 ha (um hectare ou 10.000 m²) de floresta.
IMÓVEL REGULAR	O imóvel precisa estar devidamente documentado e com macrozoneamento realizado no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e sem sobreposições com outras áreas, públicas ou privadas. Também é necessário apresentação de parecer jurídico de Diligência Fundiária.
GARANTIA DE NÃO DUPLA CONTAGEM	A área do projeto não pode ter um projeto de Créditos de Carbono ou qualquer outro ativo ligado ao ativo ambiental Carbono, registrado e/ou certificado por outro "padrão/ metodologia" no mesmo período de creditação.
ATIVIDADE DO PROJETO	É necessário a execução de, ao menos, uma das atividades previstas nesta metodologia.

5. ADICIONALIDADE

Para efeitos desta metodologia entende-se que toda propriedade rural privada no Bioma Amazônia, cuja situação fundiária encontra-se devidamente regular, tem a prerrogativa do uso alternativo da terra[3], em até 20% da área do imóvel[4] .

Dessa forma, na ausência de um projeto do tipo Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal (REDD), a floresta existente fora dos limites da Área de Reserva Legal (ARL) e das Áreas de Preservação Permanente (APP), ou seja, na Área de Uso Múltiplo (AUM), seria desmatada ou degradada para a implantação de uso alternativo da terra.

Sendo assim, o carbono estocado na floresta seria emitido na forma de dióxido de carbono equivalente (CO_2e), por meio de queima e/ou decomposição da biomassa das árvores.

[3] Constituição Federal de 1988, parágrafo 4º, do Art. 225 do Capítulo VI - Do meio ambiente.
[4] Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

6. PERMANÊNCIA

Esta metodologia entende que o risco de permanência é inerente e consequente de Políticas Públicas e Mercadológicas. O risco de permanência durante a implementação do projeto é reduzido por conta da ação de mercado e, consequentemente, do monitoramento da área (Anexo II).

A Tero Carbon apenas emite os certificados de "créditos de carbono verificados" após a verificação do cumprimento do objetivo do projeto, ou seja, zero desmatamento.

Dessa forma, todo crédito de carbono emitido pela presente metodologia tem a garantia de que o carbono permanece na biomassa da floresta durante o período de comprometimento.

7. SALVAGUARDAS

Todos os projetos certificados e verificados por esta metodologia devem atender as Salvaguardas internacionalmente reconhecidas e descritas neste documento. Neste sentido, o projeto não pode:

1. Infringir as Leis;
2. Comprometer a integridade do meio ambiente;
3. Desrespeitar e deixar de preservar os direitos de populações tradicionais e/ou comunidades minoritárias;
4. Gerar ativos cujas atividades são fruto de ordem judicial ou decorrente de Termo de Ajuste de Conduta, demandado pelo órgão governamental responsável;
5. Implementar projetos adicionais ou concomitantes ao projeto de carbono que venham a comprometer qualquer uma das salvaguardas supracitadas.

8. LIMITES TEMPORAIS

8.1. Período de Duração do Projeto

O período de duração do projeto (T), ou seja, o tempo do compromisso com o objetivo do projeto (manutenção da floresta em pé e "zero desmatamento") varia de acordo com a classe do imóvel rural, sendo:

Tamanho do Imóvel Rural	Período de Duração do Projeto (T)
Pequena Propriedade	1 (um) ano
Média Propriedade	5 (cinco) anos
Grande Propriedade	10 (dez) anos

8.2. Início do Projeto

A data de início do projeto é dada pela data da Certificação do Projeto.

8.3. Retroatividade

Esta metodologia não considera períodos retroativos a contar da data de Certificação do projeto.

8.4. Período de Creditação

O Período de Creditação é o período de aquisição do ativo ambiental, o qual corresponde ao período entre a data da Certificação ($Data_{T0}$) do projeto e a data subsequente da verificação ($Data_{Tn}$).

Para projetos em áreas Médias e Grandes, esse período pode corresponder ao ano entre duas (2) datas de Verificação ($Data_{Tn-1}$ e $Data_{Tn}$):

$$Primeiro\ Período\ de\ Creditação\ =\ Data_{T0}\ \text{à}\ Data_{T1}$$

$$Períodos\ de\ Creditação\ Subsequentes\ =\ Data_{T(n-1)}\ \text{à}\ Data_{Tn}$$

onde:

$Data_{T0}$ = Data da Certificação;
$Data_{Tn}$ = Data da Verificação;
$Data_{Tn-1}$ = Data da Verificação anterior;
n = 1, 2, 3... 'n' anos após a data da primeira Verificação, que varia de 1 a n, dependendo do tempo de duração do projeto.

NOTA: Os resultados, em termos de emissões de GEE evitadas (tCO_2e), observados durante o período de creditação irão determinar a quantidade de créditos de carbono verificados que o projeto irá gerar.

9. PARTICIPANTES DO PROJETO

Os participantes do projeto devem ser reportados na Plataforma Tero e serão publicamente citados no Documento de Concepção de Projeto (DCP), entre eles:

PROPONENTE	É a entidade responsável pelo ativos ambientais gerados no imóvel rural: ● Pode ser Pessoa Física (PF) ou Pessoa Jurídica (PJ); ● Deve ser o representante legal do proprietário do imóvel rural OU o proprietário(a); ● No caso do imóvel rural ter mais de um proprietário ou do projeto ser um "mosaico de múltiplos proprietários": ○ Apresentar o Termo Consentimento Prévio Livre e Informado (TCPLI) de todos os responsáveis pelo(s) imóvel(is); ○ O representante legal deve ser devidamente documentado e reconhecido em cartório. ● Precisa estar residido/instalado no Brasil.
DESENVOLVEDOR	É a entidade responsável pelo desenvolvimento do projeto, registro do projeto na Plataforma Tero, coordenação da(s) Equipe(s) Técnica(s) etc., sendo que: ● Pode ser Pessoa Física (PF) ou Pessoa Jurídica (PJ); e ● Deve existir somente 1 (um) Desenvolvedor para cada Projeto.
IMPLEMENTADOR (ADMINISTRADOR DO PROJETO)	É a entidade responsável pela governança do projeto durante o período de execução. Cabe ao implementador executar e/ou coordenar as atividades previstas nas metodologias.
EQUIPE TÉCNICA	É a entidade responsável pela coleta de dados primários (Inventário Florestal Amostral para Estimativa do Estoque de Carbono) na área do projeto e/ou atividades ligadas ao socioambiental, responsável pela elaboração do Consentimento Prévio Informado ou quaisquer outras atividades técnicas relativas ao projeto, sendo que: ● Pode ser Pessoa Física (PF) ou Pessoa Jurídica (PJ); ● Pode existir mais de uma entidade em cada projeto; e ● Pode existir uma Equipe Técnica em cada coleta de dado primário (Inventário Florestal Amostral).

10. IMÓVEIS RURAIS

Esta metodologia prevê projetos de carbono com um (1) ou mais (mosaico) imóveis rurais.

10.1. Tipos

Os imóveis rurais aceitos por esta metodologia podem ser do tipo:

1. Imóveis rurais privados; ou
2. Unidades de Conservação (UC) governamentais e/ou privadas de Uso Sustentável que tenham prerrogativa de uso alternativo da terra.

10.2. Limites geográficos

Os imóveis rurais devem estar totalmente inseridos no Escopo Geográfico: Bioma Amazônia.

10.3. Limites de extensão territorial

Os imóveis rurais devem ter um tamanho mínimo de 5 ha (cinco hectares ou 50.000 m²) e uma área de projeto com tamanho mínimo de 1 ha (um hectare ou 10.000 m²) de floresta.

10.4. Diligência Fundiária

Os imóveis rurais precisam estar regulares, tanto no momento da Certificação, quanto nas posteriores verificações. Para diminuir os riscos de fraudes, para o Processo de Certificação, além das documentações que comprovam a titularidade e regularização dos imóveis, perante as Leis vigentes, será solicitado a apresentação de peças jurídicas com o parecer de Diligência Fundiária realizado para cada um dos imóveis do projeto.

10.5. Anuência dos Proprietários ou Consentimento Prévio Livre e Informado

No caso de imóveis rurais privados, é necessário apresentação de um Termo de Anuência dos proprietários dos imóveis rurais, declarando a intenção de utilizar o imóvel, por livre e espontânea vontade, para a realização do Projeto de REDD.

Em caso de Unidade de Conservação (UC) será necessária a comprovação da realização de oficinas com as comunidades locais (caso existam), adicionalmente a apresentação de documento que ateste o consentimento prévio livre e informado da realização do Projeto REDD na área do projeto.

10.6. Macrozoneamento do Imóvel Rural

Os imóveis rurais precisam ter seu macrozoneamento definido e devidamente registrado no Cadastro Ambiental Rural (CAR), no caso de ser uma propriedade privada. Para Unidades de Conservação (UC) os limites do imóvel já foram definidos e registrados nos órgãos competentes. O imóvel precisa ter seus limites espaciais definidos como segue:

- Limites do Imóvel (LI);
- Área de Preservação Permanente (APP);
- Área de Reserva Legal (ARL);
- Área de Uso Múltiplo (AUM);
- Área do Projeto (AP):
    - Deve estar localizada dentro dos limites da AUM;
    - Pode ser uma fração ou a totalidade da AUM;
    - A área mínima do AP deve ser de 1 ha (um hectare).

O mapa da Figura 1 mostra um exemplo de macrozoneamento de um mosaico de imóveis rurais no Bioma Amazônia.

Figura 1. Exemplo de macrozoneamento de um imóvel rural.

10.7. Área do Projeto (AP)

Os limites da Área do Projeto (AP) serão definidas pelo Desenvolvedor do Projeto e registradas na Plataforma Tero e podem englobar todas as áreas de floresta, incluindo: APP; ARL e AUM.

NOTA: Caso o proponente opte em utilizar a parte ou totalidade da AUM na AP, atentar para o "Compromisso de Desmatamento Zero" assumido.

10.8. Compromisso de Desmatamento Zero

Durante o período do projeto, o proponente deverá assinar um termo de compromisso de "Desmatamento Zero". Assim, todo e qualquer desmatamento dentro da área do projeto (AP) irá "debitar" dos créditos a serem gerados em acreditações futuras.

NOTA: Caso seja identificado um desmatamento dentro da propriedade que seja igual ou superior a 50% da Área do Projeto (AP), o projeto será cancelado.

10.9. Inventário Florestal Amostral para Estimativa do Estoque de Carbono na Área do Projeto

Para o processo de Certificação será necessário apresentar as planilhas do Inventário Florestal Amostral (IFA) para estimativa do Estoque de Carbono na Área do Projeto (AP) no padrão estabelecido pela Tero. O IFA tem validade de 5 (cinco) anos, necessitando ser renovado após este período. Isto implica na necessidade de apresentar novos dados coletados em eventuais Processos de Verificação.

NOTA: Os dados secundários serão aceitos somente como complemento, não sendo utilizados para o cálculo do estoque de carbono.

11. LINHA DE BASE

O cenário de Linha de Base de Desmatamento Planejado Evitado (LB_{APD}) desta metodologia assume a premissa que a floresta contida fora dos limites da ARL e APP, ou seja, a AUM seria desmatada ou degradada para a implantação de atividades de uso alternativo da terra. Desse modo, o carbono estocado na biomassa dessa floresta seria 100% emitido na forma de dióxido de carbono equivalente (CO_2e) de forma linear ao longo do tempo. O intervalo de tempo da emissão varia de acordo com o tamanho da área, em hectares.

Desse modo, o cenário de LB_{APD} resultaria em emissões de GEE da seguinte forma (matematicamente), para cada um dos imóveis do projeto:

$$ELB_{APD} = \sum_{t=1}^{T} \frac{(AP \times (Ctot - I.C.))}{T}$$

onde:

ELB_{APD} = Emissão de CO_2e no cenário de Linha de Base APD, em toneladas de dióxido de carbono equivalente;

$\sum_{t=1}^{T}$ = Somatória das emissões no tempo "T", para valores inteiros de "t", do período de creditação;

AP = Área do projeto, em hectares.

Ctot = Estimativa da média do estoque de carbono, em toneladas de dióxido de carbono equivalente por hectare (tCO_2e/ha);

I.C. = Intervalo de confiança da estimativa da média, em toneladas de dióxido de carbono equivalente por hectare (tCO_2e/ha);

T = período de tempo total do projeto, em anos inteiros.

11.1. O Desmatamento Planejado Evitado (APD)

Na Amazônia, a área mínima destinada à Área de Reserva Legal (ARL) é de 80% do imóvel. Sendo assim, dentro da averbação do imóvel, é possível delimitar até 20% da área do imóvel em Área de Uso Múltiplo (AUM). Nesta área é possível implantar uma atividade de uso alternativo da terra.

Das principais atividades na região, destacam-se: i. pecuária bovina para corte; ii. cultivo de mandioca.

A dinâmica da mudança do uso da terra (desmatamento) é padrão. Inicia-se com a exploração seletiva de madeira, supressão da vegetação remanescente e finalizado com a queima da biomassa (ASNER *et al*. 2005; FEARNSIDE, 2006; SOARES-FILHO *et al*. 2006; SARAIVA, 2022).

No processo de supressão vegetal para a atividade alternativa, todo o carbono estocado naquela floresta é emitido para a atmosfera, em forma de dióxido de carbono equivalente (CO_2e).

A média do estoque de carbono na floresta alvo do projeto, deverá ser estimada com base no inventário florestal da Área do Projeto.

A área elegível para geração dos créditos para cada um dos imóveis rurais é chamada de Área do Projeto (AP), deve estar dentro dos limites da AUM, ou sua totalidade. Deve estar coberta de florestas e descontadas de APP's e outros usos da terra.

Matematicamente:

$$AP = AUM - APP - A_{Antropizada},$$

onde "$A_{Antropizada}$" é área de uso alternativo da terra já implantada antes do Projeto REDD.

Ao assegurar a manutenção da floresta em pé, pelo período de comprometimento (período de creditação), o proponente gera créditos por evitar a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE).

11.2. Fundamentação Legal

O parágrafo 4° do Art. 225 do Capítulo VI – Do meio ambiente – da Constituição Brasileira de 1988 estabelece que a floresta amazônica brasileira é patrimônio nacional e a sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

O novo Código Florestal Brasileiro, a Lei n° 12.651 de 25 de maio de 2012,

dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e altera três leis e revoga duas leis e uma medida provisória.

O Código Florestal estabelece os limites e extensões das Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (ARL) em todos os biomas do país.

Para a Amazônia, fica estabelecido que toda e qualquer propriedade rural privada deve averbar 80% de sua área para a RL. Apresenta diretrizes sobre o uso e a exploração dos produtos florestais.

Na esfera Estadual, o processo de licenciamento ambiental para atividades de uso alternativo da terra, em até 20% (vinte por cento) da área total do imóvel, é regido com base em leis estaduais:

- Amazonas: Lei de Licenciamento n. 3.785, de 24/07/2012.
- Acre: Portaria IMAC n. 27, de 12/04/2021; Resolução CEMACT n. 3, de 27/06/2008
- Amapá: Procedimentos, segundo MMA
- Pará: Procedimentos, segundo o MMA
- Rondônia: Procedimentos, segundo MMA
- Roraima: Procedimentos, segundo MMA.

12. QUANTIFICAÇÃO

Esta seção apresenta a forma de quantificação dos estoques e créditos de carbono florestais aceitos por esta metodologia de forma a atender os padrões internacionais de Mensuração, Reporte e Verificação (MRV).

12.1. Orientações para Coleta de Dados Primários e Estimativa de Estoque de Carbono nas Florestas

A estimativa da média do estoque ($\bar{x}$), com seu respectivo nível de incerteza (I. C.), deve ser calculada com base em um sistema de amostragem da floresta, aplicação de equações alométricas e extrapolação da média para a Área do Projeto (AP). Para tanto, os seguintes pontos precisam ser observados para a coleta de dados primários:

- Considerar um sistema de amostragem de instalação de unidades amostrais de área fixa (parcelas);
- Todas parcelas devem ter suas coordenadas geográficas registradas por meio de aparelhos receptores de sinais de GPS:
    - Os pontos a serem registrados podem ser o inicial, central ou final de cada amostra;
    - Porém, para a submissão destes dados, recomenda-se gerar polígonos das parcelas;

    - Ao usar um aparelho de GPS de navegação, o método de registro da coordenada recomendado é:
        - Manter o aparelho receptor de sinais de GPS estacionado no ponto específico por um período de aproximadamente 1 (um) minuto;
        - Utilizar a ferramenta "média de pontos" por um período entre 2 (dois) e 5 (cinco) minutos.
- Distribuição amostral aleatória, sistemática ou a combinação por meio de conglomerados (transectos ou tipo cruz);
- Mensuração dos diâmetros à 1,3m do chão (DAP) de todas as árvores vivas e mortas encontradas dentro da parcela:
- O DAP mínimo de mensuração é de 10 cm;
- As palmeiras não são uma classe obrigatória
    - Podem ser incluídas, mas a equação alométrica deve ser específica.
- Aplicação de equação de biomassa/carbono para estimar o estoque individual (de cada árvore mensurada) e por unidade de área (hectare):
    - A biomassa/carbono individual das árvores deve ser estimada, preferencialmente, por meio de equações sítio específicas;
    - Caso a biomassa/carbono individual das árvores seja estimado com base na equação de Silva (2007), a estimativa deverá ser corrigida pelo fator de correção com base na altura dominante (Hdom) da floresta.
- Estimar a média ($\bar{x}$) e o nível de incerteza da estimativa (I. C.), com base nos parâmetros estatísticas descritos no Anexo I;
- Caso a floresta da Área do Projeto demande ser estratificada, seguir o rito de estratificação disponível no Anexo I.

12.2. Inventário Florestal Amostral Quantitativo

As orientações para o Inventário Florestal Amostral (IFA) quantitativo para coleta dos dados primários utilizados na quantificação dos estoques de carbono são:

- Dados mínimos a serem contemplados: árvores vivas, com DAP > 10 cm;
- Dados secundários serão aceitos apenas como complemento;
- Implantação de sistema de amostragem, por meio de unidades de amostras de área fixa (ver Anexo I);
- Mensuração de variáveis dendrométricas, como: diâmetro à 1,3 m do chão (DAP):
- Alturas (total e/ou de fuste) são opcionais.
- Estimativa de estoques de biomassa e carbono:
    - AGB = obrigatório;
    - BGB = opcional;
    - Btot = opcional.

12.3. Cálculo dos Estoque de Carbono Florestal Sem Estratos Definidos Estatisticamente

É necessário, para cada imóvel rural do projeto, realizar o cálculo do Estoque de Carbono Floresta. Para o caso sem estratos definidos estatisticamente, as orientações são as seguintes:

- Estabelecer os componentes da biomassa florestal do projeto:
  - Acima dos solos (AGB);
  - Abaixo dos solos ou raízes (BGB);
  - Total (AGB + BGB).

- Estimar o estoque "líquido", ou seja, subtrair a 'necromassa' (árvores mortas amostradas no inventário):

$$Estoque\ líquido_{AGB} = \sum AGB_{vivas} - \sum AGB_{necromassa}$$

- Com base em ferramentas estatísticas, calcular a média do estoque por unidade de área (hectare) com seu respectivo nível de incerteza (intervalo de confiança - I.C.);
- Multiplicar a estimativa mínima (média - intervalo de confiança) do estoque e a Área do Projeto (AP):

$$Crédito\ de\ Carbono = \left(\overline{x_{CO2}} - I.C.\right) \times AP$$

onde:

$\overline{x_{CO2}}$ = Média estimada do estoque de dióxido de carbono equivalente, por hectare, em toneladas;
I.C. = Intervalo de confiança, calculado à um nível de probabilidade de 95%;
AP = Área do Projeto, em hectares.

12.4. Cálculo dos Estoque de Carbono Florestal Com Estratos Definidos Estatisticamente

De modo análogo ao item anterior, para o caso com estratos definidos estatisticamente, as orientações são as seguintes:

- Estabelecer os componentes da biomassa florestal do projeto:
  - Acima dos solos (AGB);
  - Abaixo dos solos ou raízes (BGB);
  - Total (AGB + BGB).

- Estimar o estoque "líquido" por estrato, ou seja, subtrair a 'necromassa' (árvores mortas amostradas no inventário):

$$Estoque\ líquido_{AGB} = \sum AGB_{vivas} - \sum AGB_{necromassa}$$

- Com base em ferramentas estatísticas, calcular a média do estoque, por estrato, por unidade de área (hectare) com seu respectivo nível de incerteza (intervalo de confiança - I.C.);
- Multiplicar a estimativa mínima (média - intervalo de confiança) do estoque de cada estrato pela a Área de cada estrato do Projeto (AP):

$$Crédito\ de\ Carbono = \left(\overline{x_{CO2i}} - I.C.\right) \times AP_i + \left(\overline{x_{CO2i+1}} - I.C.\right) \times AP_{i+1}$$

onde:

$\overline{x_{CO2i}}$ = Média estimada do estoque de dióxido de carbono equivalente do estrato "*i*", por hectare, em toneladas;
I.C. = Intervalo de confiança, calculado à um nível de probabilidade de 95%;
AP_i = Área do Projeto referente ao estrato "*i*", em hectares.

12.5. Cálculo da Incerteza do Estoque de Carbono

A incerteza da média estimada é dada pela variação do Intervalo de Confiança a um nível de probabilidade específico, no caso desta metodologia, consideramos um nível de probabilidade válido de 95% (noventa e cinco por cento). O método de cálculo está disponível na Tabela 2, do ANEXO I desta metodologia.

Da estatística básica (WEISS & HASSETT, 1982), os dados distribuídos normalmente estão:

I. 68,27% entre mais ou menos 1 desvio padrão da média;
II. 95,45% entre mais ou menos 2 desvios; e
III. 99,73% entre mais ou menos 3 desvios.

O multiplicador exato do desvio padrão da média para os níveis arredondados de 95 ou 99% pode ser encontrado ao integrar a função de densidade probabilística até estes pontos sob a curva normal padrão.

Dependendo da intensidade de amostragem, o valor é "t" (pequenas amostras, n < 30) ou z (grandes amostras, n > 30). No guia do IPCC, o multiplicador é 2 para o nível de 95% ou 3 para o nível de 99%, independentemente da intensidade de amostragem.

Para fins de reportagem das estimativas dos estoques de carbono na floresta, a incerteza pode ser objetivamente caracterizada pelo Intervalo de Confiança, estimado com uma probabilidade de 95%, calculado com base na

amostragem realizada.[5]

NOTA: A utilização de apenas dados de sensoriamento remoto não produzem estimativas de incerteza. Logo, o Sensoriamento Remoto deve ser combinado com dados de inventários florestais amostrais (ou censitários). O uso de informações espectrais (dados de imagens de satélite) podem ser utilizados para melhorar a espacialização da média estimada, melhorando (reduzindo nível de incerteza) a estimativa dos estoques.

12.6. Cálculo do Crédito de Carbono Anual Gerado

A geração de créditos de carbono anual é com base no período de creditação, em função do tamanho do imóvel:

$$Geração\ anual = \frac{Crédito\ de\ carbono}{T(anos)}$$

onde T é o período de duração do projeto.

13. BENEFÍCIOS ADICIONAIS (CO-BENEFÍCIOS)

Os benefícios adicionais ao carbono, ou co-benefícios, para projetos cuja metodologia é a REDD, é a conservação e preservação da maior biodiversidade terrestre do planeta, ou seja, é a garantia de manutenção dos ciclos evolutivos da biodiversidade.

É permitido ao proponente do projeto demonstrar detalhadamente os benefícios adicionais específicos de sua área por meio de dados coletados em Diagnósticos de Fauna e Flora, porém estes não são obrigatórios. Em caso de não apresentação do detalhamento, a biodiversidade considerada como benefício adicional é aquela presente na literatura.

13.1. Inventário Florestal Qualitativo (Opcional)

As orientações para o Inventário Florestal Qualitativo para coleta dos dados primários utilizados na apresentação dos co-benefícios são:

- Dados mínimos a serem contemplados: árvores vivas, com DAP > 10 cm;
- Dados secundários serão aceitos apenas como complemento;

[5] Idealmente, o nível de incerteza da média fica abaixo de 10%. Quanto melhor for a amostragem, menor será o erro e maior será a quantidade de créditos de carbono a ser certificada.

- Implantação de sistema de amostragem, por meio de unidades de amostras de área fixa (ver Anexo I);
- Amostragem botânica, com a coleta de exsicatas das espécies de árvores amostradas (amostras podem ser depositadas em herbários).

14. GOVERNANÇA

O projeto deve apresentar como será feita a Governança do imóvel rural, visando a atividade de Desmatamento Planejado Evitado (APD). É indicada a identificação física, no imóvel, no ponto de acesso, de que aquela área está destinada a um projeto REDD.

Também são sugeridas as mínimas intervenções:

- Instalação de infraestrutura como sede/base de apoio para as atividades do projeto;
- Instalação de cercas e placas no perímetro do imóvel e/ou Área do Projeto;
- Implantação de sistema de vigilância *in loco*, com rondas e vistorias periódicas;
- Qualquer outra atividade que não incida degradação e/ou desmatamento de mais de 0,5 hectares.

NOTAS:

- Atividades que envolvem degradação florestal, por meio da exploração seletiva de madeira, na Área do Projeto não serão permitidas durante o período de creditação.
- Atividades de uso alternativo da terra, por meio da implantação de sistemas de produção agro-silvo-pastoris, na Área do Projeto não serão permitidas durante o período de creditação.

ANEXO I - A BASE METODOLÓGICA PARA ESTIMATIVA DOS ESTOQUES DE BIOMASSA E CARBONO NA FLORESTA

O principal ponto técnico de projetos de REDD. Os métodos para estimar os estoques de biomassa e carbono da floresta alvo do projeto é primordial para a certificação do crédito de carbono. A seguir, a base metodológica.

AI.1. Compartimentos da Biomassa

A biomassa é definida pelo peso da árvore, em quilos (kg) ou toneladas (t), sendo que a primeira é utilizada para o peso individual e a segunda quando se refere a estoques (IPCC, 2006). As estimativas de estoques por unidade de área e, principalmente, quando extrapolados para uma região (como um país tropical ou a Amazônia como um todo), são apresentadas abreviadas, por gramas ou toneladas: (i) milhões em mega (Mg ou Mt); bilhões em giga (Gg ou Gt); (iii) trilhões em tera (Tg ou Tt); e (iv) quatrilhões em peta (Pg ou Pt) (IPCC, 2006).

De acordo com o Guia de Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a biomassa florestal é subdividida em três compartimentos:

- Biomassa Acima dos solos = tronco, galhos, folhas, flores e frutos (AGB);
- Biomassa Abaixo dos solos = raízes (BGB); e
- Biomassa Total (AGB + BGB).

Segundo Silva (2007), do peso total de uma árvore da região de Manaus, 41,6% é água; do peso da massa secada, 48,5% é carbono. Isso quer dizer que: do peso total de uma árvore viva, aproximadamente 40% é água e 30% é carbono.

A quantificação da biomassa de uma árvore pode ser realizada por dois métodos:

1. **Direto**

Consiste na derrubada e pesagem das árvores em pontos de área fixa, posteriormente extrapolados para unidade de área. Para isso, é necessário cortar e derrubar o indivíduo arbóreo e pesá-lo em uma balança (SILVA, 2007). Além de pouco prático, as estimativas por meio deste método geram não são confiáveis, porque se baseiam em poucas parcelas, pequenas e tendenciosamente escolhidas.

Devido às dimensões de uma árvore e a escala operacional de uma balança, geralmente a árvore é dividida em compartimentos específicos: copa, tronco e sistema radicular (Figura 1). Na Amazônia é possível encontrar árvores que pesem entre poucos quilos (árvores menores) e até indivíduos com dezenas de toneladas (SILVA, 2007).

Os principais resultados do método direto é o ajuste de equações alométricas, por meio de análise de regressão. Na Amazônia dá-se destaque aos trabalhos: Araújo *et al*. (1999); Silva (2007); Lima *et al*. (2012).

Figura 1. Imagens das atividades de campo do método destrutivo de determinação do peso total, acima e abaixo dos solos de uma árvore.

2. Indireto

No método indireto as estimativas são produzidas a partir de equações e modelos alométricos, associados a dados de inventários florestais (sistemas de amostragem da floresta).

Com base numa amostragem da floresta, indivíduos são mensurados e suas estimativas calculadas por meio de uma equação. A partir da somatória do

estoque de cada unidade amostral, extrapola-se a média por unidade de área (hectare, por exemplo).

Nesse método, estima-se a média do estoque com um nível de incerteza estatístico, calculado por meio do Intervalo de Confiança da média, a partir de um nível de probabilidade. Maiores detalhes a seguir.

AI.2. Equações Alométricas

Alometria é o estudo das variações das formas e dos processos dos organismos e tem dois significados (NIKLAS, 1994; GRAHAM, 2003):

- O desenvolvimento de uma parte do organismo em relação ao desenvolvimento do organismo inteiro ou de parte dele; e
- O estudo das consequências do tamanho sobre as formas e os processos.

No jargão florestal, é o estudo do todo (biomassa e/ou carbono) em função de partes do todo (Diâmetro à Altura do Peito - DAP ou H's), ou seja, ajuste de equações (funções ou modelos) matemáticas.

Modelos matemáticos podem ser lineares ou não, de simples ou múltipla entrada (MARQUET *et al*. 2005). A entrada do modelo se refere ao número de variáveis independentes (X) utilizadas para predizer a variável dependente, Y:

- Modelos lineares simples possuem uma representação gráfica uma linha reta (crescente ou não);
- Modelos não lineares são equações à base de potências e suas relações são caracterizadas por uma escala de invariância (auto similaridade) e universalidade.

Mesmo com tantas distinções, qualquer equação deve apresentar, no mínimo, uma constante de normalização (proporcionalidade), representada "a"; ou pela letra grega "β_0", e o expoente, representado pela letra "b" ou "β_n" (SILESHI, 2014).

Modelos não lineares são as funções típicas de equações alométricas, especialmente para estimativa de biomassa em plantas (WEST *et al*. 1999; SILESHI, 2014). No entanto, no caso de plantas (árvores), o expoente universal pode assumir diferentes valores de acordo com os seus respectivos estágios de desenvolvimento (PILLI *et al*. 2006).

AI.3. Alometria de Biomassa e Carbono na Amazônia

Os principais e mais confiáveis estudos de Alometria de biomassa na Amazônia brasileira são: SANTOS, 1996; HIGUCHI *et al*. 1998; ARAÚJO *et al*. 1999; CHAMBERS *et al*. 2000, pois, usaram dados destrutivos, mesmo que alguns ainda "incompletos" (apenas dados de biomassa acima dos solos).

Dados de biomassa abaixo de solos são difíceis de serem coletados e por esta razão não há muitos trabalhos publicados, na Amazônia, além de Silva (2007), Borges (2010) e Lima *et al*. (2012).

Amazônia, só há registro de dois trabalhos com dados destrutivos de biomassa abaixo dos solos (SILVA, 2007; LIMA *et al*. 2012). Estes modelos têm produzido resultados satisfatórios, com coeficiente de determinação (R^2aj) sempre superior a 0,80 e erro padrão da estimativa (Syx%) abaixo de 10%.

O Coeficiente de determinação (R^2aj) é um parâmetro que avalia o quanto um modelo alométrico contempla a amplitude de variação da população, vai de 0 a 1, sendo 0 não representa a população e 1 representa perfeitamente.
O erro padrão da estimativa (Syx%) é a margem de incerteza do modelo alométrico, dado em percentagem. O limite máximo aceitável na engenharia florestal é 10% (dez por cento).

Na ausência de uma equação 'sítio-específica', a Tero recomenda a equação de Silva (2007), adaptada com base num "fator de correção" (fc), estimado pela relação entre a altura dominante (Hdom) do sítio amostrado e a Hdom do sítio onde a equação foi ajustada.

A altura dominante é determinada com base nos resultados encontrados por Higuchi (2015), em que sugere que a Hdom = média das alturas das 10% de árvores mais grossas amostradas.

Corroborando com os trabalhos de Malhi et al. (2006), Anderson et al. (2009) e Feldpausch et al. (2011), reconhece-se o desafio de utilizar a equação de biomassa ajustada na região de Manaus (SILVA, 2007), em outra região da Amazônia. Desse modo, para compensar as diferenças entre a estrutura vertical das florestas das localidades amostradas, recomenda-se a aplicação de um "fator de correção" (fc) da equação de biomassa por meio da relação entre a Hdom da Estação Experimental de Silvicultura Tropical (ZF2) do INPA e a Hdom do sítio amostrado, com base na abordagem sugerida por Higuchi (2015), baseando-se nos resultados apresentados por Lima et al. (2012).

$$BStot = 2,7179 \times DAP^{1,8774} \times 0,584 \times fc$$, onde R^2 = 0,94 e Syx% = 3,91.

$$AGB = 2,2737 \times DAP^{1,9156} \times 0,584 \times fc$$, onde R^2 = 0,85 e Syx% = 4,20.

$$BGB = 0,0469 \times DAP^{2,4754} \times 0,533 \times fc$$, onde R^2 = 0,95 e Syx% = 5,12.

onde:

BStot = biomassa seca total, em kg;
AGB = biomassa seca acima dos solos, em kg;
BGB = biomassa seca abaixo dos solos, em kg;
DAP = diâmetro à 1,3m do chão, em cm;
fc = fator de correção;
R^2 = Coeficiente de determinação; e
Syx% = Erro Padrão da Estimativa, em %.

$$Cabg = AGB \times 0,485$$
$$Cblg = BGB \times 0,464$$
$$Ctot = Cabg + Cblg$$

onde:

Ctot = carbono total, em kg;
Cabg = carbono acima dos solos, em kg; e
Cblg = carbono abaixo do solo.

O fc é calculado por meio da relação entre a Hdom da localidade amostrada e a Hdom da ZF2:

$$fc = \frac{Hdom_i}{Hdom_{ZF2}}$$

onde:

fc = fator de correção;
$Hdom_i$ = altura dominante estimada para o sítio "i" amostrado; e
$Hdom_{ZF2}$ = altura dominante da ZF2 = 30,2 m [6].

NOTA IMPORTANTE #01:

[6] De acordo com Higuchi (2015).

Projetos podem apresentar equação(ões) de biomassa “sítio específico”. Ajustada com base em dados locais.

A(s) equação(ões) devem seguir o método “Mensurável, Reportável e Verificável - MRV”.

NOTA IMPORTANTE #02:

As variáveis independentes mais utilizadas são Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e altura total. Há autores que defendem a inclusão da densidade da madeira como variável independente (OVERMAN *et al*. 1994; CHAVE *et al*. 2005; NOGUEIRA *et al*. 2008).

NOTA IMPORTANTE #03:

A questão que emerge é sobre a relação benefício-custo ao introduzir uma variável extremamente difícil de ser coletada, com altos níveis de variações e seu acréscimo em precisão ao modelo (WIEMANN & WILLIAMSON, 2014). Além disso, a densidade é uma variável dependente.

No que diz respeito à inclusão da altura (total e/ou de fuste/tronco) há dois pontos. O primeiro: em todos os trabalhos de alometria na Amazônia, com base em dados destrutivos, não foi observada uma diferença substancial, em termos de precisão (Syx%) e confiabilidade (R2aj), entre as equações de dupla (diâmetro e altura) e simples (diâmetro apenas) entrada. O segundo: mensurar a altura de árvores em florestas amazônicas é um enorme desafio, além de elevar substancialmente o custo do trabalho de campo ainda gera mais incertezas devido aos erros não amostrais no momento da aferição da variável.

> *Erros não amostrais são erros causados por falha humana ou do equipamento/ferramenta utilizada. Em trabalhos de amostragem é o tipo de erro que deve ser sempre evitado, a risco de invalidar o trabalho. Não é possível computar e nem quantificar o impacto desse tipo de erro na estimativa da média.*

AI.4. Sistema de Amostragem

Existem duas formas básicas para adquirir as informações desejadas de uma floresta: por meio da mensuração total das árvores (Censo) ou por meio da amostragem. Porém, florestas geralmente ocupam áreas de grandes extensões

o que inviabiliza (tanto em tempo quanto em custo operacional) o censo, fazendo com que a amostragem seja a melhor opção.

A amostragem em florestas é dada por Inventários Florestais (IF). Os IFs são atividades para descrever a quantidade e qualidade de árvores em uma floresta e de toda e qualquer característica da área onde estas árvores estejam crescendo (HUSCH, 1971; HUSCH *et al*. 1972; LOETSCH *et al*. 1973; PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997; LIMA, 2010).

O uso da amostragem permite que sejam realizadas inferências sobre a mesma (HUSCH, 1971). Este é um conceito tão estabelecido e consolidado, que Loetsch *et al*. (1973) citaram que: o uso de unidades amostrais (parcelas) é tão antigo quanto a Engenharia Florestal.

As parcelas amostrais podem ser de área fixa ou não (LOETSCH *et al*. 1973; PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997). Os métodos de amostragem sem área fixa (Bitterlich, Strand, Prodan e 3-P, por exemplo), não possuem nenhuma aplicação prática na Amazônia. Não há registros de inventários florestais executados por meio deste método. Já o método de área fixa vem sendo utilizado desde o primeiro trabalho publicado (OLIVEIRA, 2000).

Quando se trata de inventários florestais por amostragem, erros amostrais são inevitáveis e, consequentemente, os níveis de incerteza. Mas, é providencial que medidas sejam tomadas para que este erro seja controlável.

A forma mais comum de apresentar o erro em trabalhos florestais é por meio do “erro padrão da média” ou o “intervalo de confiança” (HUSCH, 1971).

Dependendo da floresta e da área a ser inventariada, pode ser necessário a estratificação da floresta, por dois métodos: pela “variância” ou de acordo com a “classe florestal”. Segundo Péllico Netto e Brena (1997), o objetivo principal em estratificar uma população é reduzir a variância dentro dos estratos e os custos de amostragem.

Os dois principais métodos de distribuição de amostras são: aleatório e sistemático.

Na Amazônia, Higuchi (1987) comparou os dois métodos em uma área de floresta de terra firme na região de Manaus e confirmou que o uso da amostragem sistemática foi mais preciso e menos dispendioso.

A forma ideal da parcela para florestas naturais (Amazônia) é retangular. Geram menos erros não amostrais e permitem uma maior amostragem da variabilidade da floresta. O tamanho ideal de parcela varia de 1.000 m² e 2.500 m², dimensionadas em 10 x 100 m e 20 x 125 m, respectivamente (HIGUCHI *et al*. 1982; OLIVEIRA *et al*. 2014).

Para áreas de florestas plantadas, com espaçamento padronizado, recomenda-se parcelas circulares. Contemplam a maior área pelo menor perímetro, reduz a quantidade de árvores marginais (no limite da área da parcela) e são mais simples de serem instaladas. Em termos de tamanho, depende do espaçamento. Quanto maior for o espaçamento, maior deverá ser o raio da parcela.

AI.5. Variável de Interesse

As variáveis de interesse podem ser divididas entre: dependentes e independentes.

Variáveis dependentes são caracterizadas por serem de difícil mensuração, que precisam ser estimadas por meio de outras. Daí o nome “dependente”.

Variáveis independentes são aquelas de fácil obtenção. Podem ser mensuradas e/ou aferidas por meio de ferramentas e equipamentos com alto nível de qualidade. São utilizadas para estimar, por meio de equações alométricas, as variáveis dependentes.

São elas:

Tabela 1. Relação de variáveis consideradas para determinar o estoque de carbono em uma área de floresta tropical na Amazônia.

Nome da variável	Tipo de variável	Unidade de medida	Descrição
Área da floresta	Independente	Hectare (ha)	Toda estimativa de estoque de carbono em uma floresta é dada por unidade de área, mais comumente em hectares (ha), sendo que um (1) hectare equivale a dez mil metros quadrados (10.000 m²)
Reflectância espectral	Independente	Nanômetro (nm)	A extrapolação das médias estimadas por unidade de área, para toda a floresta é realizada por meio de sensoriamento remoto e geoprocessamento de imagens aéreas

Nome da variável	Tipo de variável	Unidade de medida	Descrição
Resolução espacial	Independente	Metro (m)	Refere-se ao tamanho de um pixel no solo. É a capacidade do sensor em enxergar os objetos em relação ao seu tamanho. Uma imagem de satélite com resolução de 30 cm pode capturar detalhes no solo maiores ou iguais a 30 cm por 30 cm. Com base nesta definição, imagens com resolução espacial de 30 cm capturam mais detalhes da superfície do que imagens com resolução de 1 m. Logo, quanto maior é a resolução, menor o nível de detalhamento da imagem e do objeto
Diâmetro à 1,3m do chão (DAP)	Independente	Centímetro (cm)	Medida do diâmetro do tronco da árvore em posição padrão (1,3 m do chão), podendo ser mensurada em alturas superiores, desde que haja impedimentos físicos na posição original.
Altura total (Ht) e de fuste (Hf)	Independente	Metro (m)	Medida da altura total (Ht) ou do tronco (Hf) da árvore. Ht é altura até a parte mais alta da copa. Hf é a altura até o início da copa.
Altura dominante (Hdom)	Dependente	Metro (m)	Média das alturas totais dos 10% dos indivíduos dominantes do sítio
Fator de correção (fc) da equação de biomassa/ carbono	Dependente	-	Relação entre a Hdom do sítio amostrado e a Hdom do sítio onde a equação foi desenvolvida
Biomassa fresca aérea (BFabg)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa da parte aérea da árvore (tronco, galhos, folhas, flores, frutos e semente), considerando a água na estrutura

Nome da variável	Tipo de variável	Unidade de medida	Descrição
Biomassa fresca abaixo dos solos (BFblg)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa das raízes da árvore, considerando a água na estrutura
Biomassa fresca total (BFtot)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa total da árvore (aérea + raízes), considerando a água na estrutura
Biomassa seca aérea (AGB)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa da parte aérea da árvore (tronco, galhos, folhas, flores, frutos e semente), descontando a água na estrutura
Biomassa seca abaixo dos solos (BGB)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa das raízes da árvore, descontando a água na estrutura
Biomassa seca total (BStot)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa total da árvore (aérea + raízes), descontando a água na estrutura
Carbono aéreo (Cabg)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa do carbono estocado na parte aérea da árvore (tronco, galhos, folhas, flores, frutos e semente)
Carbono abaixo dos solos (Cblg)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa do carbono estocado nas raízes da árvore
Carbono total (Ctot)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa total do carbono estocado na árvore (aérea + raízes)
Dióxido de Carbono equivalente aéreo (CO_2e.abg)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa, em dióxido de carbono equivalente, estocado na parte aérea da árvore

Nome da variável	Tipo de variável	Unidade de medida	Descrição
Dióxido de Carbono equivalente abaixo dos solos ($CO_2e.blg$)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa, em dióxido de carbono equivalente, estocado nas raízes da árvore
Dióxido de Carbono equivalente total ($CO_2e.tot$)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa total, em dióxido de carbono equivalente, estocado na árvore (aérea + raízes)

AI.6. Estatística

Para quantificar os estoques de biomassa/carbono da floresta, são necessárias ferramentas estatísticas de inferência. A estatística é o campo da matemática que relaciona fatos e números em que há um conjunto de métodos que nos possibilita coletar dados e analisá-los, assim sendo possível realizar alguma interpretação deles.

Tabela 2. Parâmetros estatísticos, suas descrições e fórmulas matemáticas.

Parâmetro	Descrição	Fórmula
Média	Somatória de todas as observações dividida pelo número total de observações	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$
Variância (s^2)	Soma dos desvios quadráticos	$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}$
Desvio Padrão (s)	Medida de dispersão dos valores observados em relação à média	$s = \pm \sqrt{s^2}$

Parâmetro	Descrição	Fórmula
Erro Padrão	É a medida de variação de uma média amostral em relação à média da população	$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$
Intervalo de Confiança	Variação da média em função da variabilidade da população à um nível de confiança específico, comumente 95%	$\bar{x} \pm z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
Soma dos Quadrados Corrigidos da variável dependente "Y"	Medida de variação da média da variável	$SQC_y = \sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2}{n}$
Soma dos Quadrados Corrigidos da variável independente "X"	Medida de variação da média da variável	$SQC_x = \sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n}$
Soma dos Produtos Corrigidos	É o produto entre a variável independente e dependente, utilizada para a estimativa do Coeficiente de Correlação	$SPC_{xy} = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \frac{\left(\sum x_i\right) \times \left(\sum y_i\right)}{n}$
Coeficiente de correlação	Afere o grau de correlação entre as variáveis independentes com a dependente	$r = \frac{SPCxy}{\sqrt{SQC_x SQC_y}}$

AI.7. Estratificação

O objetivo principal em estratificar uma população é reduzir a variância dentro dos estratos, aumentar a precisão da estimativa e otimizar a amostragem.

A estratificação da floresta pode ser realizada por dois métodos: pela "variância" dos dados ou de acordo com a "classe florestal":

- Pela variância:
    - Depende de uma amostragem preliminar;
    - Relação Custo/Benefício baixa; e
    - Pode gerar informações/estimativas tendenciosas.
- Pela classe florestal:
    - Depende de sensoriamento remoto e geoprocessamento de imagens de satélite de diferente sensores (RGB e Infravermelho próximo, por exemplo);
    - Otimiza a amostragem por meio do planejamento prévio; e
    - Aumenta a confiabilidade da estimativa e reduz incertezas.

No entanto, mesmo que a caracterização remota da floresta aponte evidências de classes florestais distintas, é necessário aplicar um teste estatístico para comprovar a diferença. Caso o teste não identifique diferença estatística significativa, a estratificação da amostragem e da estatística de inferência se torna desnecessária. Dos testes, o mais aplicado pela engenharia florestal é a Análise de Variância (ANOVA), seguida de um teste de post hoc de Tukey.

AI.8. Análise de Variância (ANOVA)

A ANOVA é um teste de comparação de médias. Aplicada para compreender a natureza da variação natural das diferentes fontes ou testar hipóteses. Neste caso, tem-se:

Hipótese:

- H0: Todos os estratos apresentam médias de estoque estatisticamente iguais;
- H1: Nem todos os estratos apresentam médias de estoque estatisticamente iguais.

Para testar esta hipótese, devemos desenvolver o “quadro da ANOVA”.

Quadro 1. Quadro de análise de variância - ANOVA.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	MQ	F
Entre	k -1	$SQE = \sum_{i=1}^{n} (x - \bar{x})^2$	$MQE = \frac{(SQE)}{(k-1)}$	$F = \frac{MQE}{MQR}$
Resíduo	n - k	$SQD = \sum_{i=1}^{n} x_{ij}^2 - \frac{\sum_{i=1}^{k}\left(\sum_{i=1}^{g} x_{ij}\right)^2}{g}$	$MQD = \frac{(SQR)}{(n-k)}$	
Total	n			

onde:

n= número total de observações;
k = número de grupos;
SQE = Soma de Quadrados Entre os grupos;
MQE = Média Quadrática entre os grupos; e
F = teste-F de probabilidade.

Caso a ANOVA apresente fortes evidências de que há alguma diferença estatística entre as médias, um teste de post hoc de Tukey é aplicado para identificar especificamente quais médias se destacam.

$$\Delta = q\sqrt{\frac{MQR}{r}}$$

onde:

q = valor tabelado;
MQR = média quadrática do resíduo; e
r = número de repetições.

O resultado é uma matriz de probabilidade de correlação, por exemplo:

Quadro 2. Exemplo de matriz de probabilidade do teste de Tukey.

	Méd.1	**Méd. 2**	**Méd. 3**	**Méd. 4**	**Méd. 5**	**Méd. 6**	**Méd. 7**	**Méd. 8**	**Méd. 9**
Méd. 1	1								
Méd. 2	0,0202	1							
Méd. 3	0,0009	**0,9999**	1						
Méd. 4	0,5456	0,6508	0,2086	1					
Méd. 5	**0,0012**	0,0000	0,0000	0,0000	1				
Méd. 6	0,0141	0,9999	0,9999	0,5979	0,0000	1			
Méd. 7	0,6441	0,7947	0,4078	0,9999	0,0000	0,7597	1		
Méd. 8	0,0143	0,9937	0,8424	0,8786	0,0000	0,9905	0,9680	1	
Méd. 9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1

onde:

Méd. i = refere-se à população “i” amostrada;
valores da probabilidade que varia de 0 (totalmente diferente) a 1 (idêntico).

AI.9. Estatística Estratificada

As fórmulas matemáticas para estatística de inferência, considerando a estratificação da amostragem, é apresentado por Péllico Netto e Brena (1997), são elas:

Tabela 3. Parâmetros estatísticos estratificados, suas descrições e fórmulas matemáticas.

Parâmetro	Descrição	Fórmula
Média por estrato	Média aritmética por estrato amostrado	$\overline{x}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} X_{ih}}{n_h}$
Média estratificada	Média ponderada conforme os estratos amostrados	$\overline{\overline{x}}_{st} = \sum_{h=1}^{L} w_h \overline{x}_h$
Variância por estrato	Variância da população, por estrato amostrado	$s_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} \left(x_{ih} - \overline{x}_h\right)^2}{n_h - 1}$
Variância estratificada	Variância da população ponderada conforme os estratos amostrados	$s_{st}^2 = \sum_{h=1}^{L} w_h s_h^2$
Variância da média estratificada	Variância ponderada da média da população amostrada	$s_{\overline{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^{L} w_h^2 \times \frac{s_h^2}{n_h}$
Erro padrão estratificado	Erro padrão ponderado da população amostrada	$s_{\overline{x}(st)} = \sqrt{s_{\overline{x}(st)}^2}$
Erro amostral estratificado	Erro amostral ponderado da estimativa de inferência para a população amostrada	$E_r = \pm \frac{t \times s_{\overline{x}(st)}}{\overline{x}_{st}} \times 100$
Intervalo de confiança (95%)	Amplitude de variação da média estimada, com uma probabilidade de 95%	$I.C. = \overline{x} \pm z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ Onde: z = nível de confiança com base no desvio padrão da população; σ = desvio padrão da população; n = tamanho da população

AI.10. Espacialização (*Scale up*)

O georreferenciamento adequado de árvores e parcelas possibilita correlacionar informações do inventário florestal com as de imagens de sensores remotos em diferentes escalas de mapeamento. A aquisição de coordenadas GPS é sensível ao equipamento, ao procedimento de coleta e a cobertura de satélite e principalmente com sobre a cobertura florestal (JUN; GUENSLER; OGLE, 2006; RODRÍGUEZ-PÉREZ; ÁLVAREZ; SANZABLANEDO, 2007; SIGRIST; COPPIN; HERMY, 1999).

A combinação entre as informações de campo com os dados de sensoriamento remoto é feita comparando as posições geográficas entre os dados de campo e imagens que depende diretamente da resolução e escala espacial dos dados. A utilização de multi-sensores para as estimativas de estoque de carbono é uma recomendação (LU *et al*., 2012), do mapa local para regional (TRUMBORE; BRANDO; HARTMANN, 2015; ZHANG *et al*., 2014) e com controle do erro (IPCC 2010).

Em termos de métodos de registro de coordenadas geográficas de inventários florestais vs. precisão da coordenada geográfica, Celes *et al*. (2016) trabalharam no Controle e Garantia de Qualidade (QA/QC) e os pontos principais do estudo foram:

Métodos testados

Tabela 4. Métodos de coleta de coordenadas e posicionamento das unidades amostrais (parcelas) amostradas no inventário florestal.

Método (código)	**Descrição**
GPS.M1	Estabilização do sinal do satélite por 1 minuto (EST); registro da coordenada: ponto simples.
GPS.M2	EST; média de pontos (xi) por 1 minuto; registro da coordenada
GPS.M3	EST; xi por 5 minutos
GPS.M4	EST; xi por 10 minutos
GPS.M5	EST; xi por 15 minutos
GPS.Track (MT)	Opção “tracking” por 5 minutos
GEO.GPS (MG)	Georreferenciamento (GeoRef) usando os pontos de todas as árvores

Método (código)	Descrição
Trimble (MTrim.)	Pontos do Trimble

onde:

GPS = Sistema de Posicionamento Global, em inglês; e
"Trimble" = aparelho receptor de sinais de GPS do tipo diferencial, com precisão pós-processamento de até 2 m (dois metros).

Resultados

Das análises realizadas, conclui-se que o método MG, utilizando "coordenadas falsas" (inclusão de pontos de controle dentro da parcela, ou seja, árvores) gerou as coordenadas mais acuradas. O método "MT" foi o que gerou o "deslocamento" máximo, superior a 40 m. Mesmo assim, na análise de comparação das médias (ANOVA) entre os métodos, não foi encontrado diferenças estatísticas significativas entre eles, ou seja, a precisão e acuracidade da coordenada não é influenciada pelo método selecionado (Tabela 5). Por fim, qualquer um dos métodos geram informações confiáveis e verificáveis, sendo consideradas válidas para projetos de REDD, uma vez que os deslocamentos não apresentam tendência evidente (Figura 2).

Tabela 5. Estatísticas descritivas, média e máxima dos deslocamentos dos métodos avaliados e os resultados da Análise de Variância (ANOVA) das médias.

ANOVA			**Deslocamento, em metros**		**Teste *t* - GeoGPS**	
Métodos			**Média ± I.C. (95%)**	**Máximo**	**Valor-p**	**Pearson**
GPS.M1	GPS.M1	GPS.M1	6,9 ± 1,2	23,2	0,040	0,077
GPS.M2	GPS.M2	GPS.M2	7,2 ± 1,0	17,7	< 0,001	0,360
GPS.M3	GPS.M3	GPS.M3	6,5 ± 0,9	17,7	0,001	0,380
GPS.M4	GPS.M4	GPS.M4	6,4 ± 0,9	17,0	0,004	0,359
GPS.M5	GPS.M5	GPS.M5	6,0 ± 0,9	18,3	0,033	0,208
MT	-	-	6,6 ± 1,5	42,6	0,041	0,026
-	-	MG	4,2 ± 1,0	10,6		
p = 0,737	**p = 0,510**	**p = 0,010**	-	-	-	-

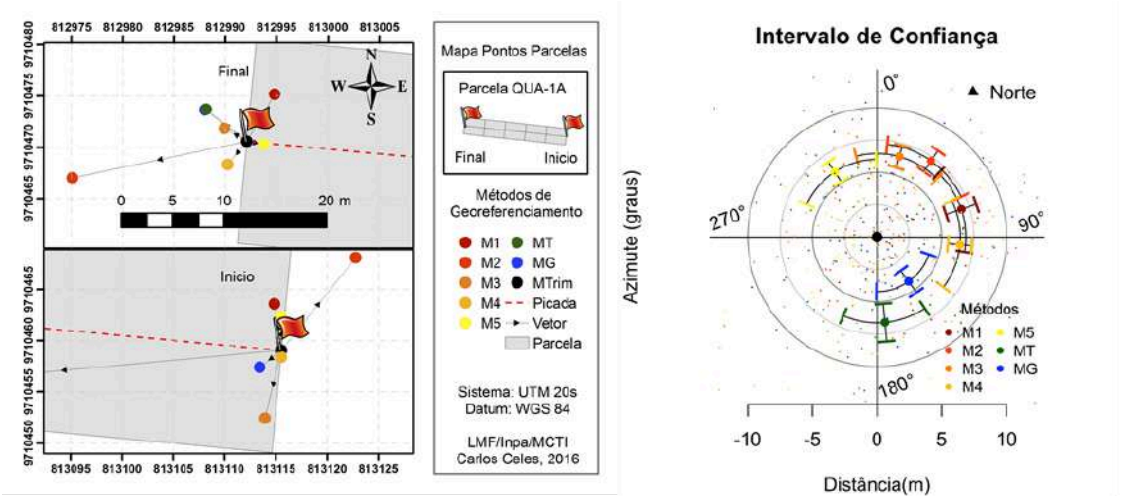

Figura 2. Mapa mostrando os diferentes métodos de posicionamento dos pontos inicial e final da parcela (esquerda) e gráfico mostrando a média e intervalo de confiança de cada método de georreferenciamento da parcela (direita).

Tipos de aparelhos receptores de sinais de GPS (Sistema de Posicionamento Global, em inglês) mais comuns no mercado e capazes de

produzirem registros de coordenadas com níveis de incertezas aceitáveis, desde que operados de forma adequada, são:

- Geodésico:
  - Mais preciso/acurado;
  - Alto custo;
  - Operação especializada.
- Topográfico:
  - Alta precisão/acuracidade;
  - Médio custo;
  - Operação especializada.
- Navegação:
  - Precisão/acuracidade verificáveis;
  - Baixo custo;
  - Operação simples.

Em termos de imagens de satélites e/ou diferentes sensores, tem-se:

Tabela 6. Resolução espacial de dados ópticos.

Intervalo de resolução espacial	**Nomenclatura**	**Sistemas sensores***
< 1 m	Resolução espacial muito alta (VHSR)	QuickBird, Planet, WorldView, Pleiades, ARP
1 m a 10 m	Alta resolução espacial (HSR)	IKONOS, SPOT, RapidEye
10 m a 100 m	Média resolução espacial (MSR)	LandSat, Sentinel, ASTER
100 m a 1.000 m	Baixa resolução espacial (LSR)	MODIS, MERIS
> 1.000 m	Resolução espacial muito baixa (VLSR)	AVHRR, VAI

onde: m = metro; * exemplos de sensores disponíveis no mercado.

Tabela 7. Plataforma, sensor, período disponível e resolução espacial de alguns fornecedores de imagens de satélite no mercado

Plataforma	Sensor	Período disponível	Resolução espacial
LandSat 5	TM	1984 a 2011	30 m
LandSat 7	ETM+	1999 a 2003	30 m
LandSat 8	OLI/TIRS	A partir de 2013	30 m
LandSat 9	OLI-2/TIRS-2	A partir de 2021	30 m
Sentinel	MSI	A partir de 2014	10 m
Planet	Dove	A partir de 2013	3 m

Depois de coletar todas as informações para o mapeamento do carbono é preciso escolher o modelo matemático que irá representar esta relação. Modelos lineares, múltiplos, não lineares ou ajustados com ordinary least squares, generalized additive model, random forest, and support vector regression (SVR) são utilizados para a estimativa do carbono (LU *et al*., 2014) (FENG *et al*., 2017) (LI *et al*., 2014). O SVR teve o melhor desempenho em testes de comparação dos modelos acima (LI *et al*., 2014). Modelos complexos são difíceis de ser interpretados. Modelos mais simples apresentam maior interpretação dos coeficientes e da causa e consequência da relação. No entanto, independente dos modelos escolhidos, os erros precisam ser identificados, quantificados e propagados por todo processo e o esforço para reduzi-los são críticos (LU, 2006).

AI.11. Inventário Florestal Contínuo

O Inventário Florestal Contínuo (IFC) é o monitoramento de uma área de floresta por meio da mensuração periódica de sua população (censo) ou parte dela (amostragem). O IFC é imprescindível para avaliar o caráter dinâmico do crescimento de uma floresta, por exemplo, após uma intervenção exploratória dos recursos madeireiros (PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997; QUEIROZ, 1998). Tal procedimento resulta na obtenção de uma série de informações fundamentais aos tomadores de decisão, como crescimento, ingresso, mortalidade, ciclo de corte, sucessão e densidade de estoque, entre outros.

O principal método para monitorar uma floresta é por meio da amostragem em múltiplas ocasiões (PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997), no qual conta com, basicamente, quatro modalidades de processos de amostragem:

Amostragem Independente

Neste processo, segundo Péllico Netto e Brena (1997), as abordagens nas duas ocasiões são executadas independentes uma da outra. Na primeira ocasião são instaladas parcelas temporárias (u), de acordo com o método selecionado, e na segunda ocasião novas unidades amostrais (n) são instaladas, seguindo a mesma metodologia, mas em locais diferentes. O uso deste processo induz à avaliação apenas das diferenças entre os estoques inicial e final do período analisado e não há como avaliar o crescimento individual das árvores, tão pouco monitorar taxas de mortalidade e/ou recrutamento.

Amostragem com Repetição Total

De acordo com Husch *et al*. (1972), este processo é o "conceito do uso de parcelas permanentes e a base do Inventário Florestal Contínuo". Nesta, as parcelas permanentes (m) instaladas na primeira ocasião são monitoradas periodicamente. Não há instalação de novas parcelas e nenhuma unidade amostrada fica de fora da remedição. A principal vantagem é o monitoramento de taxas de recrutamento, mortalidade e incremento das árvores amostradas. Porém, os dados ficam permanentemente sujeitos aos mesmos níveis de tendenciosidade.

Amostragem com Repetição Parcial

É a combinação dos dois processos anteriores (HUSCH *et al*. 1972; PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997). No inventário florestal executado na primeira ocasião são instaladas parcelas permanentes (m) e temporárias (u). Na segunda ocasião, as parcelas permanentes (m) são remedidas e novas parcelas temporárias (n) instaladas. Dessa forma viabiliza o monitoramento individual das árvores e suas respectivas taxas, assim como mantém uma certa independência entre os dados amostrados.

Amostragem Dupla

Muito similar à amostragem com repetição parcial, porém, não são instaladas novas parcelas temporárias na segunda ocasião. Apresenta as mesmas vantagens e desvantagens da amostragem com repetição total.

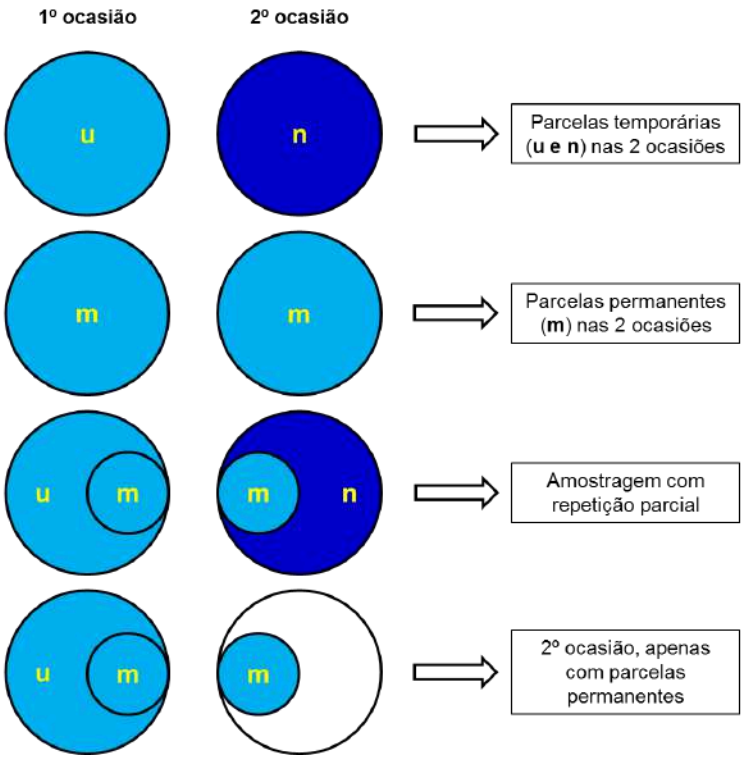

Figura 3. Esquema ilustrativo das quatro modalidades de processos de amostragem contínua.

Indivíduos são perdidos e repostos continuamente por meio de processos ecológicos locais, em um balanço dado pela razão mortalidade/recrutamento (SWAINE *et al*. 1987; SWAINE, 1990). Este balanço dinâmico proporciona o estabelecimento e crescimento de novas espécies, refletindo na diversidade vegetal das comunidades (PHILIPS *et al*. 1994; REES *et al*. 2001). De forma abreviada, pode-se dizer que os três componentes principais da dinâmica florestal são: recrutamento, mortalidade e crescimento dos indivíduos.

Segundo Rezende (2002), o recrutamento refere-se ao número de novas árvores que atingiram e/ou ultrapassaram um tamanho mínimo mensurável no inventário florestal. A saída de indivíduos do sistema de monitoramento pela morte do mesmo é denominada taxa de mortalidade. Por fim, o crescimento é a avaliação do incremento das dimensões mensuradas de um ou mais indivíduos de uma floresta em um determinado período de tempo. No monitoramento de florestas tropicais, esses componentes só podem ser estimados por meio da remedição de parcelas permanentes.

ANEXO II - MONITORAMENTO REMOTO E A ANÁLISE DE PERMANÊNCIA

O monitoramento remoto é o acompanhamento periódico da cobertura vegetal da Área do Projeto (AP). Por meio de imagens de satélite, é possível verificar o status da floresta, em termos de "área ocupada". Este processo é utilizado para análise do histórico de mudança no uso da terra e verificação de permanência.

Os pontos observados para esta análise são:

- Adquire-se uma imagem de satélite adequada ao período do projeto:
  - Configura-se uma imagem adequada aquela que:
    - Tiver menos que 10% (dez por cento) de recobrimento de nuvens;
    - Com menos de 30 (trinta) dias da data de submissão do projeto;
    - Com resolução espacial de pelo menos 30 m (trinta metros);
    - Que contemple os sensores RGB (campo do visível) e Infravermelho próximo.
- A cada período de verificação, faz-se o *download* de uma nova imagem, atualizada;
- Verifica-se a cobertura vegetal, caso seja identificado pontos de desmatamento, estes são mapeados e sua extensão (área, em hectares) quantificada:
  - No caso de desmatamento identificado, as emissões correspondente deverão ser subtraídas do potencial de créditos a serem gerados no período de creditação;
  - Caso a área desmatada resulte numa emissão igual ou superior a 50% do potencial total de créditos de carbono a serem gerados no imóvel, o projeto será cancelado.

LITERATURAS CONSULTADAS E BASE TEÓRICA

ACHARD, F.; EVA, H. D.; STIBIG, H-J.; MAYAUX, P.; GALLEGO, J.; RICHARDS, T.; MALINGREAU, J-P. 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. Science. Vol. 297, p. 999-1002.

AKINDELE, S. O.; LEMAY M.V. 2006. Development of tree volume equations for common timber species in the tropical rain forest area of Nigeria. Forest Ecology and Management. N° 226. Pp 41 - 48.

ALDER, D. 1980. Forest Volume Estimation and Yield Prediction. Yield Prediction. FAO Forestry Paper 22/2. v. 2. 194 p.

AMADON, D. 1973. Birds of the Congo and Amazon Forest: A comparison. In: Tropical Forest Ecosystems in Africa and South America: A Comparative Review. Ed. By Institution Press. Washington, D. C. p. 267-277.

AMARAL, I. L. do; MATOS, F. D. A.; LIMA, J. 2000. Composição florística e parâmetros estruturais de um hectare de floresta densa de terra firme no rio Uatumã, Amazônia, Brasil. Acta Amazonica. 30 (3): 377-392.

ANDERSON, L. O.; MALHI, Y.; LADLE, R. J.; ARAGÃO, L. E. O. C.; SHIMABUKURO, Y.; PHILLIPS, O. L.; BAKER, T.; COSTA, A. C. L.; ESPEJO, J. S.; HIGUCHI, N.; LAURANCE, W. F.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, G.; MONTEAGUDO, A.; NÚÑEZ-VARGAS, P.; PEACOCK, J.; QUESADA, C. A.; ALMEIDA, S.; VÁSQUEZ, R. 2009. Influence of landscape heterogeneity on spatial patterns of wood productivity, wood specific density and above ground biomass in Amazonia. Biogeosciences. 6, 2039–2083.

ANGELSEN, A.; BROCKHAUS, M.; SUNDERLIN, W. D.; VERCHOT, L. V. (eds) 2013 Analysing REDD+: Challenges and choices. CIFOR, Bogor, Indonesia. V. 1. 488 p.

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; METCALFE, D. B.; SILVA-ESPEJO, J. E.; JIMÉNEZ, E.; NAVARRETE, D.; ALMEIDA, S. COSTA, A. C. L.; SALINAS, N.; PHILLIPS, O. L.; ANDERSON, L. O.; ALVAREZ, E.; BAKER, T. R.; GONÇALVEZ, P. H.; HUAMÁN-OVALLE, J.; MAMANI-SOLÓRZANO, M.; MEIR, P.; MONTEAGUDO, A.; PATIÑO, S.; PEÑUELA, M. C.; PRIETO, A.; QUESADA, C. A.; ROZAS-D´AVILA, A.; RUDAS, A.; SILVA JR., J. A.; VÁSQUEZ, R. 2009. Above- and below-ground net primary productivity across tem Amazonian forests on contrasting soils. Biogeosciences, 6, 2759–2778.

ARAÚJO, T. M.; HIGUCHI, N.; CARVALHO JR., J. A. 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest in the state of Pará, Brazil. Forest Ecology and Management, v.117, p.43-52.

ASNER, G. P.; KNAPP, D. E.; BROADBENT, E. N.; OLIVEIRA, P. J. C.; KELLER, M.; SILVA, J. N. 2005. Selective logging in the Brazilian Amazon. Science. Vol. 310: 480-482.

AYRES, J.M e BEST, R. 1979. Estratégias para a conservação da fauna amazônica. Supl. Acta Amazonica 9(4): 81-101.

AZEVEDO, C. P. de.; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de.; LOPES, J. C. A.; SOUZA, C. R. de. 2008. Efeito de diferentes níveis de exploração e tratamentos silviculturais sobre a dinâmica do povoamento florestal remanescente. Anais: Seminário Dinâmica de Florestas Tropicais. Belém, PA.

BACCINI, A.; GOETZ, S. J.; WALKER, W. S.; LAPORTE, N. T.; SUN, M.; SULLA-MENASHE, D.; HACKLER, J.; BECK, P. S. A.; DUBAYAH, R.; SAMANTHA, S.; HOUGHTON, R. A. 2012. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. Nature Climate Change. Vol. 2. DOI: 10.1038/NCLIMATE1354. p. 182-185.

BAKER, T. R.; PHILLIPS, O. L.; MALHI, Y.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; Di FIORI, A.; ERWIN, T.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F.; LEWIS, S. L.; LLOYD, J.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D. A.; PATIÑO, S.; PITMAN, N. C. A.; SILVA, J. N. M.; VÁSQUEZ MARTÍNEZ, R. 2004a. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. Global Change Biology. 10, 545-562.

BAKER, T. R.; PHILLIPS, O. L.; MALHI, Y.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; Di FIORE, A.; ERWIN, T.; HIGUCHI, N. KILLEEN, T. J.; LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F.; LEWIS, S. L.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D. A.; VARGAS, P. N.; PITMAN, N. C. A.; SILVA, J. N. M.; MARTINEZ, R. V. 2004b. Increasing biomass in Amazonian forest plots. The Royal Society, 359:353-365.

BARROS, P. L. C.; SILVA JÚNIOR, A. T. 2009. Equação de volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de Anapu, Oeste do estado do Pará, Amazônia Oriental. Revista de Ciências Agrárias. Belém, n. 51, p. 115-126.

BATISTA, J. L. F.; MARQUESINI, M.; VIANA, V. M. 2004. Equações de volume para árvores de caxeta (Tabebuia cassinoides) no estado de São Paulo e sul do Rio de Janeiro. Scientia Florestalis. N. 65. 162-175.

BORGES, C. P. I. Equações alométricas para estimar biomassa de campinaranas florestadas na região de Manaus, Amazônia Central. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, X p. 2010

BRAGA, P.I.S. 1979. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da Floresta Amazônica. Acta Amazonica. Supl., Manaus, v. 9, n. 4, p. 53-80.

BRANDEIS, T. J.; DELANEY, M.; PARRESOL, B. R.; ROYER, L. 2006. Development of equations for predicting Puerto Rican subtropical dry forest biomass and volume. Forest Ecology and Management. 233. 133–142.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm.

BRASIL. Constituição do Estado do Amazonas, de 1989. Disponível em: http://www.camara.gov.br/internet/interacao/constituicoes/constituicao_amazonas.pdf.

BRASIL. Lei n. 5.449 de 4 de junho de 1968. Declara de interesse da segurança nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L5449.htm.

BRASIL. Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm.

BRASIL. Lei n. 12.651 de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.

BROWN, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. FAO Forestry Paper 134, Rome, Italy, p. 55.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Mensuração Florestal: perguntas e respostas. Viçosa, MG: UFV. 2002. 407 p.

CARNEIRO, V. M. C. Composição florística e análise estrutural da floresta primária de terra firme na bacia do rio Cueiras, Manaus – AM. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, p. 77, 2004.

CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A. 2004. Growth rate of a terra firme rain forest in brazilian amazonia over an eight-year period in response to logging. Acta amazonica. Vol. 34(2): 209 – 217.

CELES, C. H.; HIGUCHI, F. G.; AMARAL, M. R.; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N.; COBELLO, L. O.; HIGUCHI, N. Garantia e controle de qualidade (QA/QC) do georreferenciamento em inventários florestais na Amazônia. 2016. Anais do III Mensuflor, Volume 1, Número 1, pg. 424-428

CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J. P. 1998. Ancient Trees in Amazonia. Nature, 391:135-136.

CHAMBERS, J. Q.; SANTOS, J. dos.; RIBEIRO, R. J.; HIGUCHI, N. 2000. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. Forest Ecology and Management. 5348. 1-12.

CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; TRIBUZY, E. S.; TRUMBONE, S. E. 2001. Carbon sink for a century. Nature. Vol. 410. p. 429.

CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; TEIXEIRA, L. M.; SANTOS, J. dos.; LAURANCE, S. G.; TRUMBONE, S. E. 2004. Response of tree biomass and wood litter to disturbance in a Central Amazon forest. Oecologia. 141: 596–614

CHATTERJEE, S.; HADI, A. S.; PRICE, B. 2000. Regression analysis by example. John Wiley and Sons, New York, New York, USA. V. 5. 424 p.

CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M. A.; CHAMBERS, J. Q.; EAMUS, D.; FOLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE, J. P.; NELSON, B. W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIERA, B.; YAMAKURA, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. Oecologia, 145: 85-99.

CLUTTER, J. L.; FORTSON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. Timber Management: A Quantitative Approach. John Wiley and Sons, Inc. New York. 1983. V. 1. 333p.

COHEN, J.; P. COHEN. Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences. Lawrence Erlbaum, Mahwah, New Jersey, USA. 1983. V. 1. 545 p.

COLPINI, C.; TRAVAGIN, D. P.; SOARES, T. S.; SILVA, V. S. M. 2009. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casa de árvores individuais em uma florestal ombrófila aberta na região noroeste de Mato Grosso. Acta Amazonica. Vol. 39 (1), 97-104.

CONDÉ, T. M.; HIGUCHI, N.; LIMA, A. J. N. 2019. Illegal Selective Logging and Forest Fires in the Northern Brazilian Amazon. Forest, v. 10, p. 61.

COUTO, H. T. Z. do.; BASTOS, N. L. M. 1987. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de eucalyptus no estado de São Paulo. IPEF, n.37, p.33-44.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; BRAZ, E. M. 2006. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental. Acta amazonia. Vol. 36(2): 177 – 182.

DRAPER, N. R.; SMITH. H. Applied regression analysis. John Wiley and Sons, New York, New York, USA. 1998. 3rd edition. 706 p.

ELDIK, van T.; LIMA, J. P.; PINTO, A. C.; ESTUMANO, D.; REIS, Q. 2008. Relatório Final do Inventário Florestal Diagnóstico da FLONA de Saracá-Taquera, estado do Pará. Serviço Florestal Brasileiro. 49 p.

EVA, H.D.; ACHARD, F.; STIBIG, H-J.; MAYAUX, P. 2003. Response to comment on "Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests". Science, 299, 1015b.

FEARNSIDE, P. M. 1996. Amazonian deforestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. Forest Ecology and Management. 80, 21–34.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: Dinâmica, impactos e controles. Acta Amazonia. Manaus, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

FEARNSIDE, P. M.; LAURANCE, W. F. 2003. Comment on determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. Science, 299, 1015a.

FELDPAUSCH, T. R.; BANIN, L.; PHILLIPS, O. L.; BAKER, T. R.; LEWIS, S. L.; QUESADA, C. A.; AFFUM-BAFFOE, K.; ARETS, E. J. M. M.; BERRY, N. J.; BIRD, M.; BRONDIZIO, E. S.; CAMARGO, P. de.; CHAVE, J.; DJAGBLETEY, G.; DOMINGUES, T. F.; DRESCHER, M.; FEARNSIDE, P. M.; FRANÇA, M. B.; FYLLAS, N. M.; HIGUCHI, N.; HUNTER, M. O.; IIDA, Y.; SALIM, K. A.; KASSIM, A. R.; KELLER, M.; KEMP, J.; KING, D. A.; LOVETT, J. C.; MARIMON, B. H.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; LENZA, E.; MARSHALL, A. R.; METCALFE, D. J.; MITCHARD, E. T. A.; MORAN, E. F.; NELSON, B. W.; NILUS, R.; NOGUEIRA, E. M.; PALACE, M.; PATIÑO, S.; PEH, K. S. –H.; RAVENTOS, M. T.; REITSMAN, J. M.; SAIZ, G.; SCHRODT, F.; SONK, B.; TAEDOUNG, H. E.; TAN, S.; WHITE, L.; WOLL, H.; LLOYD, J. 2011. Height-diameter allometry of tropical forest trees. Biogeosciences, 8, 1081–1106.

FELDPAUSCH, T. R.; LLOYD, J.; LEWIS, S. L.; BRIENEN, R. J. W.; GLOOR, M.; MONTEAGUDO MENDOZA, A.; GONZALEZ-LOPEZ, G.; BANIN, L.; SALIM, K. A.; AFFUM-BAFFOE, K.; ALEXIADES, M.; ALMEIDA, S.; AMARAL, I.; ANDRADE, A.; ARAGAO, L. E. O. C.; MURAKAMI, A. A.; ARETS, E. J. M. M.; ARROYO, L.; AYMARD, G. A. C.; BAKER, T. R.; BÁNKI, O. S.; BERRY, N. J.; CARDOZO, N.; CHAVE, J.; COMISKEY, J. A.; ALVAREZ, E. OLIVEIRA, A.; DiFIORE, A.; DJAGBLETEY, G.; DOMINGUES, T. F.; ERWIN, T. L.; FEARNSIDE, P. M.; FRANÇA, M. B.; FREITAS, M. A.; HIGUCHI, N.; HONORIO, E.; IIDA, Y.; JIMÉNEZ, E.; KASSIM, A. R.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, W. F.; LOVETT, J. C.; MALHI, Y.; MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; LENZA, E.; MARSHALL, A. R.; MENDOZA, C.; METCALFE, D. J.; MITCHARD, E. T. A.; NEILL, D. A.; NELSON, B. W.; NILUS, R.; NOGUEIRA, E. M.; PARADA, A.; PEH, K. S.-H.; PENA CRUZ, A.; PEÑUELA, M. C.; PITMAN, N. C. A.; PRIETTO, A.; QUESADA, C. A.; RAMÍREZ, F.; RAMÍREZ-ANGULO, H.; REITSMA, .J. M.; RUDAS, A.; SAIZ, G.; SALOMÃO, R. P.; SCHWARZ, .; SILVA, N.; SILVA-ESPEJO, J. E.; SILVEIRA, M.; SONKÉ, B.; STROPP, J.; TAEDOUMG, H. E.; TAN, S.; STEEGE, H.; TERBORGH, J.;

TORELLO-RAVENTOS, M.; van der HEIJDEN, G. M. F.; VÁSQUEZ, R.; VILANOVA, E.; VOS, V. A.; WHITE, L.; WILLCOCK, S.; WOELL, H.; PHILLIPS, O. L. 2012. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. Biogeoscience. Vol. 9. 3381-3403.

FENG, Y.; LU, D.; CHEN, Q.; KELLER, M.; MORAN, E.; SANTOS, M. N.; BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M. Examining effetive use of data sources and modeling algorithms for improving biomass estimation in a moist tropical forest of the Brazilian Amazon. International Journal of Digital Earth, v. 0., n. 0, p. 1-21, 2017.

FERGUSON, L. S.; LEECH, J. W. 1978. Generalized Least Squares Estimation of Yield Functions. Forest Science. 24:27-42.

FERNANDES, N. P.; JARDIM, F. C. S.; HIGUCHI, N. 1984. Tabelas de volume para floresta tropical de terra firme da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. Acta Amazonica.

FITTKAU, E. J.; IRMLER, U.; JUNK, W. J.; REISS, F.; SCHMIDT, G. W. 1975. Productivity, biomass, and population dynamics in Amazonian water bodies. In: F.B. Golley and E. Medina (Editors), Tropical Ecological Systems -- Trends in Terrestrial and Aquatic Research. Springer, New York, N.Y., pp. 289-311.

FOSTER BROWN, I.; MARTINELLI, L. A.; THOMAS, W. W.; MOREIRA, M. Z.; FERREIRA, C. C. A.; VICTORIA, R. A. 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: Na example from Rondônia, Brazil. Forest Ecology and Management. 75, p. 175-189.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; GAMA-BENTES, M. M. 2002. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. Revista Árvore. V. 26, n. 5, p. 559-566.

GRACE, J.; LLOYD, J.; McINTYRE, J.; MIRANDA, A. C.; MEIR, P.; MIRANDA, H. S.; NOBRE, C.; MONCRIEFF, J.; MASSHEDER, J.; MALHI, Y.; WRIGHT, I.; GASH, J. 1995. Carbon dioxide uptake by na undisturbed tropical rain forest in Southwest Amazonia, 1992 to 1993. Science. Vol. 270, p. 778-780.

GRAHAM, M. H. 2003. Confronting multicollinearity in ecological multiple regression. Ecology. 84(11). 2809-2815.

HEDGES, J. I.; CLARK, W. A.; QUAY, P. D.; RICHEY, J. E.; DEVOL, A. H.; SANTOS, U. M. 1986. Compositions and fluxes of particulate organic material in the Amazon River. Limnology and Oceanography. Vol. 31, n. 4, 717-738.

HIGUCHI, N. 1986-87. Amostragem sistemática versus amostragem aleatória em floresta tropical úmida de terra-firme na região de Manaus. Acta Amazonica, 16/17 (único): 393-400.

HIGUCHI, N. Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the brazilian Amazon. Tese de Doutor, Michigan State University. East Lansing, p. 129, 1987.

HIGUCHI, N. Usando o método “jackknife” para estimar volume de madeira da floresta amazônica. Em: Atas da 24ª Reunião Regional da Associação Brasileira de Estatística e 12ª Semana do Estatístico. Manaus, AM, 22-24 de abril de 1992. pp. 42-56.

HIGUCHI, N. O desmatamento insustentável na Amazônia. Ciência Hoje. v. 39, p. 67-71, Ed. Novembro – 2006.

HIGUCHI, N.; RAMM, W. 1985. Developing bole wood volume equations for a group of tree species of Central Amazon (Brazil). Commonw. For. Rev. 64(1). 33-41.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; JARDIM, F. C. S. 1982. Tamanho de parcela amostral para inventários florestais. Acta Amazonica, Manaus, v. 12, n. 1, p. 91-103.

HIGUCHI, N; SANTOS, J. M.; IMANAGA, M.; YOSHIDA, S. 1994. Aboveground biomass estimate for Amazonian dense tropical moist forest. Memoirs of the Faculty of Agricultura, Kagoshima University (Journal). 30, p. 43-54.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; FREITAS, J. V.; VIEIRA, G.; CÖIC, A.; MINETTE, L. J. 1997. Crescimento e Incremento de uma Floresta Amazônica de Terra-Firme Manejada Experimentalmente In: Biomassa de Nutrientes Florestais. INPA/DFID, Manaus, p. 89-132.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. Acta Amazonica, 28(2):153-166.

HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J. Q.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; PINTO, A. C. M.; SILVA, R. P.; ROCHA, R. M.;TRIBUZI, E. S. 2004. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. Floresta. 34(3) 295-304.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; LIMA, A. J. N.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; TRIBUZY, E. S. Manejo florestal sustentável na Amazônia brasileira. Manaus, p. 140-155, 2006.

HIGUCHI, M. I. G.; HIGUCHI, N. (eds). A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental - 2a. edição revisada e ampliada. Manaus: INPA/FAPEAM/CNPq/INCT, 2012. 424p.

HIGUCHI, F. G. DINÂMICA DE VOLUME E BIOMASSA DA FLORESTA DE TERRA FIRME DO AMAZONAS. Tese doutorado. 2015.

HOCKING, R. R. Methods and applications of linear models: regression and the analysis of variance. John Wiley and Sons, New York, New York, USA. 3rd edition. 1996. 720 p.

HOUGHTON, R. A. 1997. Terrestrial carbon storage: global lessons for Amazonian research. Ciencia e Cultura Sao Paulo, 49, 58–72.

HOUGHTON, R.A; SKOLE, D. L; NOBRE, C. A; HACKLER, J.L; LAWRENCE, K. T.; CHOMENTOWSKI, W. H. 2000. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. Nature, 403, 301–304.

HOUGHTON, R. A.; LAWRENCE, K. T.; HACKLER, J. L.; BROWN, S. 2001. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. Global Change Biology. 7, 731-746.

HOUGHTON, R. A. 2005. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. Global Change Biology. 11, 945-958.

HUMMEL, A. C.; ALVES, M. V. S.; PEREIRA, D.; VERÍSSIMO, A.; SANTOS, D. 2010. A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados. Serviço Florestal Brasileiro, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. Belém-PA. 32 p.

HUNTER, M. O.; KELLER, M.; VICTORIA, D.; MORTON, D. C. 2013. Tree height and tropical forest biomass estimation. Biogeosciences. 10. 8385-8399.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. Forest mensuration. New York. Ronald Press. 1971.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. Forest Mensuration. New York: John Wiley & Sons. 2nd ed., 1972. 402 p.

IBGE. 2012. Manual técnico da vegetação brasileira. IBGE. Rio de Janeiro. 271 p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1990. Climate Change – The IPCC Scientific Assessment. Edited by: Houghton, J. T.; Jenkins, G. J.; Ephraums, J. J. Cambridge University Press. New York. 414 p.

IPCC. 1990. Climate Change – The IPCC Impact Assessment. Edited by: Tegart, W. J. McG.; Sheldon, G. W.; Griffiths, D. C. Australian Government Publishing Service. Canberra. 296 p.

IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Disponível em http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental

Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

ITTO, 2012: Annual review and assessment of the world timber situation. International Tropical Timber Organization. Yokohama, Japan. Prepared by the Division of Economic Information and Market Intelligence, ITTO. ISBN 978-4-86507-007-1.

JARDIM, F. C. S.; HOSOKAWA, R. T. 1986/87. Estrutura da floresta equatorial úmida da estação experimental de silvicultura tropical do INPA. Acta Amazonica, Manaus, v. 16/17, n. único, p. 411-507.

JIANG, L.; BROOKS, J. R.; WANG, J. 2005. Compatible taper and volume equations for yeloow-poplar in West Virginia. Forest Ecology and Management. 213. 399-409.

JUN, J.; GUENSLER, R.; OGLE, J. H. Smoothing methods to minimize impact of global positioning system random error on travel distance, speed, and acceleration. Profile Estimates. n. 1972, p. 141-150, 2006.

JUNK, W.J. Wetlands of tropical South América. In: Whigham, D.H & Dykyjova, D. (eds.): Wetlands of the world I. Kluwer Academic Publishers. p. 679-739, 1993.

KOCH, G. W.; SILLETT; S. C.; JENNINGS, G. M.; DAVIS, S. D. 2004. The limits to tree height. Nature. Vol. 428. 851-854.

KONHAUSER, K. O.; FYFE, W. S.; KRONBERG, B. I. 1994. Multi-element chemistry of some Amazonian Waters and soils. Chemical Geology. 111. 155-175.

KOSSOY, A.; GUIDON, P. State and trens of the carbono Market 2012. World Bank report. 138 p. 2012.

KRONBERG, B. I.; FYFE, W. S.; LEONARDOS, O. H.; SANTOS, A. M. 1979. The chemistry of some Brazilian soils: elemento mobility during intense weathering. Chemical Geology. 24. 211-229.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. 2005. A expansão madeireira na Amazônia. O Estado da Amazônia, 2:1-4.

LI, M.; IM, J.; QUACKENBUSH, L. J.; LIU, T. Forest biomass and carbon stock quantification using airborne LiDAR Data: A case study over Huntington Wildlife Forest in the Adirondack Park. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing, v. 7, n. 7, p. 3143-3156, 2014.

LIMA, J. A. N. Avaliação de um sistema de inventário florestal contínuo em áreas manejadas e não manejadas do estado do Amazonas (AM). 183 p. Tese

(Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais). Inst. Nac. de Pesq. Amazônia (INPA). Manaus, 2010.

LIMA, A. J. N.; SUWA, R.; RIBEIRO, G. H. P. M., KAJIMOTO, T.; SANTOS, J. dos; SILVA, R. P. dos; SOUZA, C. A. S. de; BARROS, P. C.; NOGUCHI, H.; ISHIZUKA, M.; HIGUCHI, N. 2012. Allometric models for estimating above- and below-ground biomass in Amazonian forests at São Gabriel da Cachoeira in the upper Rio Negro, Brazil. Forest Ecology and Management. 277, 163–172.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. Forest Inventory. Munich, BLV Verlagsgesellschaft. 2nd edition. Vol. II. 1973. 469 p.

LOPES, U. B. Aspectos Físicos, Químicos e Ecológicos das misturas naturais de águas físico-quimicamente diferentes, na Amazônia. 49 p. Tese de doutorado. INPA–Pós-graduação em Ciências Biológicas. Manaus, 1992.

LU, D. Review Article. The Potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. International Journal of Remote Sensing. v. 27, n. 7, p. 1297-1328, 2006.

LU, D.; CHEN, Q.; WANG, G.; MORAN, E.; BATISTELLA, M.; ZHANG, M.; LAURIN, G. V.; SAAH, D. Aboveground forest biomass estimation with LandSat and LiDAR Data and uncertainty analysis of the estimates. International Journal of Forestry Research, v. 2012, n. 1, p. 1-16, 2012.

LU, D.; CHEN, Q.; WANG, G.; LIU, L.; LI, G.; MORAN, E. A survey of remote sensing-based aboveground biomass estimation methods in forest ecosystems. International Journal of Digital Earth, n. December, p. 37-41, 2014.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. Dendrometria. 2nda edição. Guarapuava: Editora Unicentro, 2006. v. 1-2ed.. 316p.

MACHADO, S. A.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; TÉO, S. J.; STOLLE, L.; URBANO, E. 2008. Modelagem volumétrica para bracatinga (Mimosa scabrella) em povoamentos da Região Metropolitana de Curitiba. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo, n. 56. 17-29.

MALHI, Y.; NOBRE, A. D.; GRACE, J.; KRUIJT, B.; PEREIRA, M. G. P.; CULF, A.; SCOTT, S. 1998 Carbon dioxide transfer over a central Amazonian rain forest. Journal of Geophysical Research. Vol. 103, No. D 24, p. 31.593–31.612.

MALHI, Y. R.; WOOD, D.; BAKER, T. R.; WRIGHT, J.; PHILLIPS, O. L.; COCHRANE, T.; MEIR, P.; CHAVE, J.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; HIGUCHI, N.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F.; LEWIS, S. L.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D. A.; NÚÑEZ-VARGAS, P.; PITTMAN, N. C. A.; QUESADA, C. A.; SALOMÃO, R.; SILVA, J. N.; LEZAMA, A. T.; TERBORGH, J.; VÁSQUEZ-MARTÍNEZ, R.; VINCETI, B. 2006. The

regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. Global Change Biology. 12, 1107-1138.

MARQUET, P.A.; QUIÑONES, R.A.; ABADES, S.; LABRA, F.; TOGNELLI, M.; ARIM, M.; RIVADENEIRA, M. 2005. Scaling and power-laws in ecological systems. The Journal of Experimental Biology. 208, 1749–1769.

MATOS, F. D. de A.; AMARAL, I. L. 1999. Análise ecológica de um hectare em floresta Ombrófila Densa de terra firme, estrada da várzea, Amazonas, Brasil. Acta amazonica. 29(3): 365-379.

MAZZEI, L.; SIST, P.; RUSCHEL, A.; PUTZ, F. E.; MARCO, P.; PENA, W.; FERREIRA, J. E. R. 2010. Above-ground biomass dynamics after reduced-impact logging in the Eastern Amazon. Forest Ecology and Management. 259, p. 367-373.

MELLO, A. A.; NUTTO, L.; WEBER, K. S. SANQUETTA, C. R.; MATOS, J. L. M.; BECKER, G. 2012. Individual Biomass and Carbon Equations for Mimosa scabrella Benth. (Bracatinga) in southern Brazil. Silva Fennica. v. 46, p. 333-343.

MEYER DE SCHAUENSEE, R. 1966. Species of birds of South America and their distribution. Publ. Acad. Nat. Science, 18: 1-578.

MITCHARD, E. T. A.; FELDPAUSCH, T. R.; BRIENEN, R. J. W.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; MONTEAGUDO, A.; BAKER, T. R.; LEWIS, S. L.; LLOYD, J.; QUESADA, C. A.; GLOOR, M.; ter STEEGE, H.; MEIR, P.; ALVAREZ, E.; ARAUJO-MURAKAMI, A.; ARAGÃO, L. E. O. C.; ARROYO. L.; AYMARD, G.; BANKI, O.; BONAL, D.; BROWN, S.; BROWN, F. I.; CERÓN, C. E.; CHAMA MOSCOSO, V.; CHAVE, J.; COMISKEY, J. A.; CORNEJO, F.; CORRALES MEDINA, M.; Da COSTA, L.; COSTA, F. R. C.; Di FIORE, A.; DOMINGUES, T. F.; ERWIN, T. L.; FREDERICKSON, T.; HIGUCHI, N.; HONORIO CORONADO, E. N.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, W. F.; LEVIS, C.; MAGNUSSON, W. E.; MARIMON, B. S.; MARIMON JUNIOR, B. H.; MENDOZA POLO, I.; MISHRA, P.; NASCIMENTO, M. T.; NEILL, D.; NÚÑEZ VARGAS, M. P.; PALACIOS, W. A.; PARADA, A.; PARDO MOLINA, G.; PEÑA-CLAROS, M.; PITMAN, N.; PERES, C. A.; POORTER, L.; PRIETO, A.; RAMIREZ- NGULO, H.; RESTREPO CORREA, Z.; ROOPSIND, A.; ROUCOUX, K. H.; RUDAS, A.; SALOMÃO, R. P.; SCHIETTI, J.; SILVEIRA, M.; de SOUZA, P. F.; STEININGER, M. K.; STROPP, J.; TERBORGH, J.; THOMAS, R.; TOLEDO, M.; TORRES-LEZAMA, A.; van ANDEL, T. R.; van der HEIJDEN, G. M. F.; VIEIRA, I. C. G.; VIEIRA, S.; VILANOVA-TORRE, E.; VOS, V. A.; WANG, O.; ZARTMAN, C.E.; MALHI, Y.; PHILLIPS, O. L. 2014. Markedly divergent estimates of Amazon forest carbon density from ground plots and satellites. Global Ecology and Biogeography. DOI: 10.1111/geb. 12168, p. 1-12.

MORI, S. A.; CUNHA, N. L. The Lecythidaceae of a Central Amazonian Moist Forest.The New York Botanical Garden, Bronx, New York, 60 p. 1995.

MOSS, R.H.; SCHNEIDER, S.H., 2000: Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting. In: Guidance Papers on the Cross Cutting Issues of the Third Assessment Report of the IPCC [eds. R. Pachauri, T. Taniguchi and K. Tanaka], World Meteorological Organization, Geneva, pp. 33-51.]

NEGRÓN-JUAREZ, R. I.; CHAMBERS, J.; GUIMARÃES, G.; ZENG, H.; RAUPP, C. F. M.; MARRA, D. M.; RIBEIRO, G. H. P. M.; SAATCHI, S. S.; NELSON, B.; HIGUCHI, N. 2010. Widespread Amazon forest tree mortality from a single cross-basin line event. Geophysical Research Letters. Vol. 37, L16701.

NEPSTAD, D.C.; VERÍSSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTER, C.; MOUTINHO, P.; MENDONZA, E.; COCHRANE, M.; BROOKS, V. 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. Nature. London, v. 398, p. 505-508.

NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; WASSERMAN, W. Applied linear statistical models. Irwin, Chicago, Illinois, USA. 1408 p. 1996.

NIKLAS, K. J. Plant Allometry: The Scaling of Form and Process. The University of Chicago Press. Chicago. 395p. 1994.

NOGUEIRA, E. M.; FEARNSIDE, P. M.; NELSON, B. W.; BARBOSA, R. I.; KEIZER, E. W. H. 2008. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. Forest Ecology and Management. 256, 1853-1867.

OHASHI, S.; OKADA, N.; NOBUCHI, T.; SIRIPATANADILOK, S.; VEENIN, T. 2009. Detecting invisible growth rings of trees in seasonally dry forests in Thailand: isotopic and wood anatomical approaches. Trees. 23: 813-822.

OHASHI, S.; OKADA, N.; AZIM, A. A. A.; YAHYA, A. Z.; NOBUCHI, T. 2011. Estimation of tree age in the humid tropics by vessel measurement: A preliminary study. Tropics. Vol. 19 (3). 107-112.

OLIVEIRA, A. A. 2000. Inventários quantitativos de árvores em matas de terra firme: Histórico com enfoque na Amazônia Brasileira. Acta amazonica. 30(4): 543-567.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L. 2004. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. Acta Amazonica. Manaus, v. 34, n. 1, p. 21-34.

OLIVEIRA, L. C.; COUTO, H. T. Z.; SILVA, J. N.; CARVALHO, J. O. P. 2005. Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e

diversidade de espécies em uma área de 136ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. Scientia Forestalis. N. 69, p. 62-76.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L.; RAMOS, M. B. P.; NOBRE, A. D.; COUTO, L. B.; SAHDO, R. M. Composição e diversidade florístico-estrutural de um hectare de floresta densa de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. Acta amazonica. 2008. Vol. 38(4): 627-642.

OLIVEIRA, M. M.; HIGUCHI, N.; CELES, C. H.; HIGUCHI, F. G. 2014. Tamanho e formas de parcelas para inventários florestais de espécies arbóreas na Amazônia Central. Ciência Florestal. Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 645-653.

OVERMAN, J. P. M.; WITTE, H. J. L.; SALDARRIGA, J.G. 1994. Evaluation of Regression Models for Above-ground Biomass Determination in Amazonia Rainforest. Journal of Tropical Ecology, v.10, p.207-218.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. Inventário florestal. Curitiba: Editorado pelos autores, p. 316, 1997.

PETERS-STANLEY, M.; GONZALEZ, G.; YIN, D. Covering New Ground: State of forest carbon markets 2013. Washington, DC. 101 p. 2013.

PHILLIPS, O.L.; HALL, P.; GENTRY, A.H.; SAWYER, S.A. e VÁSQUEZ, M. 1994. Dynamics and species richness of tropical rainforests. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 91: 2805 – 22809.

PHILLIPS, O. L.; MALHI, Y. HIGUCHI, N.; LAURANCE, W. F.; NÚÑEZ, P. V.; VÁSQUEZ, R. M.; LAURANCE, S. G.; FERREIRA, L. V.; STERN, M.; BROWN, S.; GRACE, J. 1998. Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plots. Science, 282(5388):439-442.

PHILLIPS, O. L.; LEWIS, S. L.; BAKER, T. R.; CHAO, K. –J.; HIGUCHI, N. 2008. The changing Amazon forest. Philosophical Transactions of The Royal Society. 363, 1819-1827.

PILLI, R., ANFODILLO, T.; CARRER, M. 2006. Towards a functional and simplified allometry for estimating forest biomass. Forest Ecology and Management, 237: 583-593.

PIRES, J. M.; PRANCE, G. T. The vegetation types of the Brazilian Amazon. In: Prance, G.T & Lovejoy, T.E., eds. Amazônia: key environment. London, Pergamon Press, p. 109-145, 1985.

PORTO, M. L.; LONGHI, H. M.; CITADINI, V.; RAMOS, R. F.; MARIATH, J. E. A. 1976. Levantamento fitossociológico em área de “mata-de-baixio” na Estação

Experimental de Silvicultura Tropical – INPA – Manaus – Amazonas. Acta amazonica. 6(3): 301-318.

PRANCE, G. T.; RODRIGUES, W. A.; SILVA, M. F. 1976. Inventário florestal de um hectare de mata de terra firme km 30 da Estrada Manaus – Itacoatiara. Acta amazonica. 6(1): 9-35.

QUEIROZ, W. T. Técnicas de amostragem em inventário florestal nos Trópicos. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação. 1998. 147 p.

RADAMBRASIL. Programa de Integração Nacional. Levantamento de Recursos Naturais. 1978. V. 14 (Alto Solimões) – RADAM (projeto) DNPM, Ministério de Minas e Energia. Brasil. 626p.

RANKIN-DE-MÉRONA, J. M.; PRANCE, G. T.; HUTCHINGS, R. W.; SILVA, M. F.; RODRIGUES, W. A.; UEHLING, M. E. 1992. Preliminary results of a large-scale tree inventory of upland Rain Forest in the Central Amazon. Acta Amazonia. 22(4): 493-534.

RAYOL, B. P.; ALVINO-RAYOL, F. O.; SILVA, M. F. F. 2011. Similaridade florística entre o estrato arbóreo e a regeneração natural de uma floresta secundária, no município de Bragança, nordeste do estado do Pará. Revista Brasileira de Agroecologia. 6 (3): 107-114.

REES, M.; CONDIT, R.; CRAWLEY, M.; PACALA, S.; TILMAN, D. 2001. Long-term studies of vegetation dynamics. Science. Vol. 293, 650-658.

RENNIE, J. C. 1979. Comparison of Height-Measurement Techniques in a Dense Loblolly Pine Plantation. Southern Journal of Applied Forestry. 3, n. 4, 146–148.

REZENDE, A. V. Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado sensu stricto submetido a diferentes distúrbios por desmatamento. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná. 269 p. 2002.

RIBEIRO, J. E. L da S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. da S.; BRITO, J. M. de; SOUZA, M. A. D. de; MARTINS, L. H. P.; LOHMANN, L. G.; ASSUNÇÃO, P. A. C. L.; PEREIRA, E. da C.; SILVA, C. F. da; MESQUITA, M. R.; PROCÓPIO, L. C. Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA. p. 816, 1999.

ROBERTS, T. R. 1972. Ecology of fishes in the Amazon and Congo basins. Bull. Mus. Comp. Zool., 143 (2): 117-147.

ROCHA, J. de A. Madeira caída como oportunidade para o manejo florestal comunitário em unidades de conservação no Amazonas, Brasil. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus. X p. 2010.

RODRÍGUEZ-PÉREZ, J. R.; ÁLVAREZ, M. F.; SANZ-ABLANEDO, E. Assessment of low-cost GPS receiver accuracy and precision in forest environments. v. 133, n. Nov., p. 159-167, 2007.

ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). Acta Amazonica, vol. 36(1) 2006: 107–114, 2006.

SAATCHI, S. S.; HOUGHTON, R. A.; SANTOS ALVALÁ, R. C.; SOARES, J. V.; YU, Y. 2007. Distribution of aboveground live biomass in the Amazon. Global Change Biology. 13, 816-837.

SAATCHI, S. S.; HARRIS, N. L.; BROWN, S.; LEFSKY, M.; MITCHARD, E. T. A.; SALAS, W.; ZUTTA, B. R.; BUERMANN, W.; LEWIS, S. L.; HAGEN, S.; PETROVA, S.; WHITE, L.; SILMAN, M.; MOREL, A. 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical region across three continents. PNAS. Vol. 108, n. 24. 9899-9904.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; SILVA, F. 2011. Biomass expansion factor and root-to-shoot ratio for Pinus in Brazil. Carbon Balance and Management. v. 6, p. 1-22.

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. L.; YARED, J. A. G. 2012. O valor econômico da extração manejada de madeira no Baixo Amazonas, estado do Pará. Revista Árvore. Vol. 36, n. 3, p. 527-536.

SANTOS, H. M; RIBEIRO, M. N. G. 1988. A hidroquímica do rio Solimões – Amazonas. Acta amazonica. 18(3-4): 145-172.

SANTOS, J. dos. Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. 121 p. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 1996.

SICK, H. 1972. A ameaça da Avifauna Brasileira. In: Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção. Ed. Pela Academia Brasileira de Ciências / CNPq / FNDCT. P. 99-153.

SIGRIST, P.; COPPIN, P.; HERMY, M. Impact of forest canopy on quality and accuracy of GPS measurements. International Journal of Remote Sensing, v. 20, n. 18, p. 2595-3610, 1999.

SILESHI, G. W. 2014. A critical review of forest biomass estimation models, common mistakes and corrective measures. Frest Ecology and Management. 329. 237-254.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A.; OLIVEIRA, L. C.; SILVA, S. M. A.; CARVALHO, J. O. P.; COSTA, D. H. M.; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: il., 2005. 69 p.

SILVA, R. P. da. Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM). 152 p. Tese de Doutorado. Programa Integrado de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais (INPA), Manaus, 2007.

SILVA, E. N.; SANTANA, A. C.; QUEIROZ, W. T.; SOUSA, R. J. 2011. Estimação de equações volumétricas para árvores de valor comercial em Paragominas, estado do Pará. Amazônia: Ciência e Desenvolvimento. Belém, v. 7, b. 13. p. 7-18.

SKOLE, D.; TUCKER, C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon. Satellite data from 1978 to 1988. Forest Science, Lawrence, v. 260, p. 1905-1910.

SMITH, V. G. 1983. Compatible Basal Area Growth and Yield Models Consistent with Forest Growth Theory. Forest Science. Vol. 29, no. 2. 279-288.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLI, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, O.; SCHLEISINGER, P.; MCGRATH, D. 2005. Cenários de desmatamento para a Amazônia. Estudos Avançados. 19 (54). 137-152.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L. M.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, E.; McDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. Nature. Vol. 440, n 23. 520-523.

STALLARD, R. F.; EDMOND, J. M., 1983. Geochemistry of the Amazon, 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. Journal of Geophysical Research. Vol. 88: 9671-9688.

STEENKAMP, C. J.; VOGEL, J. C.; FULS, A. van ROOYEN, N.; van ROOYEN, M. W. 2008. Age determination of Acacia erioloba trees in the Kalahari. Journal of Arid Environments, vol.72, issue 4, pp. 302-313.

STUIVER, M; REIMER, P. J.; BARD, E.; BECK, J. W.; BURR, G. S.; HUGHEN, K. A.; KROMER, B.; McCORMAC, G.; VAN DER PLICHT, J.; SPURK, M. 1998. INTCALL98

Radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal BP. Radiocarbon. Vol. 40, no. 3. 1041-1083.

SULLIVAN, A. D.; CLUTTER, J. L. 1972. A Simultaneous Growth and Yield Model for loblolly Pine. Forest Science. 18:76-86.

SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; HALL, J. B. 1990. Structure and dynamics of a tropical dry forest in Ghana. Vegetatio. V. 88: 31-51.

TABACHNICK, B. G.; L. S. FIDELL. 1996. Using multivariate statistics. Harper Collins, New York, New York, USA. 1996. 4th edition. 58 p.

TCA (Tratado de Cooperação Amazônica). Amazonia Without Miths. Comission on Development and Environment for Amazônia. Quito - Equador, p. 99, 1992.

TER STEEGE, H.; PITMAN, N. C. A.; SABATIER, D.; BARALOTO, C; SALOMÃO, R. P.; GUEVARA, J. E.; PHILLIPS, O. L.; CASTILHO, C. V.; MAGNUSSON, W. E.; MOLINO, J-F.; MONTEAGUDO, A.; VARGAS, P. N.; MONTERO, J. C.; FELDPAUSCH, T. R.; CORONADO, E. N. H.; KILLEEN, T. J.; MOSTACEDO, B.; VASQUEZ, R.; ASSIS, R. L.; TERBORGH, J.; WITTMANN, F.; ANDRADE, A.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G. W.; MARIMON, B. S.; MARIMON Jr., B-H.; VIEIRA, I. C. G.; AMARAL, I. L.; BRIENEN, R.; CASTELLANOS, H.; LÓPEZ, D. C.; DUIVENVOORDEN, J. F.; MOGOLLÓN, H. F.; MATOS, F. D. de A.; DÁVILA, N.; GARCÍA-VILLACORTA, R.; DIAZ, P. R. S.; COSTA, F.; EMILIO, T.; LEVIS, C.; SCHIETTI, J.; SOUZA, P.; ALONSO, A.; DALLMEIER, F.; MONTOYA, A. J. D.; PIEDADE, M. T. F.; ARAUJO-MURAKAMI, A.; ARROYO, L; GRIBEL, R. FINE, P. V. A.; PERES, C. A.; TOLEDO, M.; AYMARD, G. A. C.; BAKER, T. R.; CERÓN, C.; ENGEL, J.; HENKEL, T. W.; MAAS, P.; PETRONELLI, P.; STROPP, J.; ZARTMAN, C. E.; DALY, D.; NEILL, D.; SILVEIRA, M.; PAREDES, M. R.; CHAVE, J.; LIMA FILHO, D. de A.; JØRGENSEN, P. M.; FUENTES, A.; SCHÖNGART, J.; VALVERDE, F. C.; FIORE, A. Di.; JIMENEZ, E. M.; MORA, M. C. P.; PHILLIPS, J. F.; RIVAS, G.; ANDEL, T. R. van; HILDEBRAND, P. von; HOFFMAN, B.; ZENT, E. L.; MALHI, Y.; PRIETO, A.; RUDAS, A.; RUSCHELL, A. R.; SILVA, N.; VOS, V.; ZENT, S.; OLIVEIRA, A. A.; SCHUTZ, A. C.; GONZALES, T.; NASCIMENTO, M. T.; RAMIREZ-ANGULO, H.; SIERRA, R.; TIRADO, M.; MEDINA, M. N. U.; HEIJDEN, G. van DER; VELA, C. I. A.; TORRE, E. V.; VRIESENDORP, C.; WANG, O.; YOUNG, K. R.; BAIDER, C.; BALSLEV, H.; FERREIRA, C.; MESONES, I.; TORRES-LEZAMA, A.; GIRALDO, L. E. U.; ZAGT, R.; ALEXIADES, M. N.; HERNANDEZ, L.; HUAMANTUPA-CHUQUIMACO, I.; MILLIKEN, W.; CUENCA, W. P.; PAULETTO, D.; SANDOVAL, E. V.; GAMARRA, L. V.; DEXTER, K. G.; FEELEY, K.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; SILMAN, M. R. 2013. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. Science. New York, Vol. 342, 324-343.

THAINES, F.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P.; THAINES, A. A. R. Equações para estimative de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo, v. 30, n. 64, p. 283-289.

THERRELL, M. D.; STAHLE, D. W.; MUKELABAI, M. M.; SHUGART, H. H. 2007. Age, and radial growth of Pterocarpus angolensis in southern Africa. Forest Ecology and Management. 244, p. 24-31.

TRUMBORE, S.; BRANDO, P.; HARTMANN, H. Forest health and global change. Science, v. 349, n. 6250, 2015.

WEISS, N.; HASSETT, M. Introductory Statistics. 1982. Arizona State University. 650 p.

WEST, G. B., BROWN, J. H.; ENQUIST, B. J. 1999. A general model for the structure and allometry of plant vascular systems. Nature, 400: 664-667.

WIEMANN, M. C.; WILLIAMSON, G. B. 2014. Wood specific gravity variation with height and its implications for biomass estimation. Research Paper FPL-RP-677. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 9 p.

WILLIAMS, M. S.; BECHTOLD, W. A.; LABAU, V. J. 1994. Five instruments for measuring tree height: An evaluation. Southern Journal of Applied Forestry., Vol. 18 (2): 76–82.

WOODHOUSE, I. H.; MITCHARD, E. T. A.; BROLLY, M.; MANIATIS, D.; RYAN, C. M. 2012. Radar backscatter is not a 'direct measure' of forest biomass. Nature Climate Change. 2, p. 556-557.

WORBES, M. 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and na outlook to future challenges. Dendrochronologia. 20/1. 217-231.

ZHANG, G.; GANGULY, S.; NEMANI, R. R.; WHITE, M. A.; MILESI, C.; HASHIMOTO, H.; WANG, W.; SAATCHI, S.; YU, Y.; MYNENI, R. B. Estimation of forest aboveground biomass in California using canopy height and leaf area index estimated from satellite data. Remote Sensing of Environment, n. August, 2014.