



TERO.001 - REDD+, V1.0
METODOLOGIA, AFOLU, REDD+
TERO CARBON AVALIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES LTDA



TERO.001 - REDD+
VERSÃO 1.0
METODOLOGIA, AFOLU, REDD+

TERO CARBON AVALIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES LTDA

IDENTIFICAÇÃO

METODOLOGIA	TERO.001 - REDD+
VERSÃO	1.0
STATUS	APROVADA
DATA DA PUBLICAÇÃO	10 de fevereiro de 2023 (10/02/2023)
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, incluindo a conservação e aumento dos estoques de carbono) por meio do Desmatamento Planejado Evitado (APD)
BIOMA	Amazônia
ATIVO GERADO	Crédito de Carbono Verificado (tCO _{2e})
ATIVIDADES DO PROJETO	<ul style="list-style-type: none">• Desmatamento planejado evitado (APD);• Recuperação de área degradada;• Manejo florestal sustentável.

ACRÔNIMOS

AFOLU	Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra
AP	Área do Projeto
APD	Desmatamento Planejado Evitado, em Inglês <i>Avoided Planned Deforestation</i>
APP	Área de Preservação Permanente
ARL	Área de Reserva Legal
AUM	Área de Uso Múltiplo
CAR	Cadastro Ambiental Rural
DAP	Diâmetro à Altura do Peito
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDAM	Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas
IFC	Inventário Florestal Contínuo
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática
PMFS	Plano de Manejo Florestal Sustentável
REDD+	Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal, incluindo a conservação e aumento dos estoques de carbono
UC	Unidade de Conservação
MRV	Mensurável, Reportável e Verificável

DEFINIÇÕES

Crédito de Carbono (Decreto nº 11.075/2022¹)	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.
Incerteza	Segundo o 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 (fórmula abaixo). 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.
Restauração de área degradada (Lei nº 9.985/2000)	Por meio de intervenções antrópicas, implementar ações e atividades que visem a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.
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, comprometendo-se a uma política de zero desmatamento no imóvel.
Manejo florestal sustentável (Lei nº 12.651/2012; Res. CONAMA² n 406/2009)	Administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços.

¹ Decreto n. 11.075 de 19 de maio de 2022, disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11075.htm

² Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)

MACROZONEAMENTO DO IMÓVEL³

<p>APP</p>	<p>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.</p> <p>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.</p>
<p>ARL</p>	<p>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.</p> <p>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.</p>
<p>AUM E ÁREAS CONSOLIDADAS</p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Toda supressão que ultrapassa os limites definidos em lei, está</p>

³ O macrozoneamento do imóvel deve estar dividido em: ARL, AUM e APP. Áreas consolidadas (desmatamento até 2008, devidamente credenciados pelo órgão ambiental estadual vigente) serão consideradas AUM.

	<p>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.</p> <p>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.</p>
--	---

SUMÁRIO

1. ELEGIBILIDADE DO PROJETO	8
2. DILIGÊNCIA PRÉVIA	9
3. SALVAGUARDAS DO PROJETO	9
4. INFORMAÇÕES GERAIS DO PROJETO	10
5. PARTICIPANTES DO PROJETO	10
6. IMÓVEIS RURAIS DO PROJETO	10
7. LINHA DE BASE	12
8. ADICIONALIDADE	14
9. PERÍODO DE CREDITAÇÃO	15
10. COMPROMISSO DE DESMATAMENTO ZERO	15
11. QUANTIFICAÇÃO DO ATIVO AMBIENTAL	16
12. INCERTEZAS	20
ANEXO I - BASE METODOLÓGICA PARA ESTIMATIVA DOS ESTOQUES DE BIOMASSA E CARBONO NA FLORESTA	22
Compartimentos da Biomassa	22
Equações Alométricas	24
Alometria de Biomassa e Carbono na Amazônia	24
Sistema de Amostragem	27
Variável de Interesse	28
Estatística	32
Estratificação	33
Análise de Variância (ANOVA)	34
Estatística Estratificada	35
Extrapolação (Scale up)	36
Inventário Florestal Contínuo	41
Monitoramento Remoto	44
LITERATURAS CONSULTADAS E BASE TEÓRICA	45

1. ELEGIBILIDADE DO PROJETO

PROPONENTE	Pessoa Física ou Jurídica. Individual ou Coletivo. Residido/Instalado no Brasil.
ESCOPO GEOGRÁFICO	Bioma Amazônico, Floresta.
TIPO DO IMÓVEL	<ul style="list-style-type: none"> • Imóveis rurais privados; • Unidades de Conservação governamentais e/ou privadas de Uso Sustentável que tenham prerrogativa de uso alternativo da terra. <ul style="list-style-type: none"> ○ Neste caso, é necessário a realização de uma Consulta Pública, para assegurar o livre e informado consentimento. ○ Especificamente, as populações residentes nos limites do imóvel devem ser consultadas e devem assentir a implantação do projeto REDD+ APD
TAMANHO MÍNIMO DO IMÓVEL	Pelo menos 5 ha (cinco hectare ou 50.000 m ²).
TAMANHO MÍNIMO DA ÁREA DO PROJETO	Pelo menos 1 ha (um hectare ou 10.000 m ²) 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.
GARANTIA DE NÃO DUPLA CONTAGEM	O imóvel não pode ter um projeto de REDD+ registrado/certificado por outro “padrão/metodologia” no mesmo período de creditação.
ATIVIDADES DO PROJETO	<p>O projeto precisa ter ao menos uma das seguintes atividades de forma voluntária:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desmatamento planejado evitado (APD) • Restauração de área degradada; • Manejo florestal sustentável.

2. DILIGÊNCIA PRÉVIA

PRINCIPAL PROPONENTE⁴	O projeto gerador de ativos ambientais precisa ter clara identificação do Proponente principal, sendo que suas informações de contato necessariamente precisam ser publicadas com o restante das informações do projeto.
DILIGÊNCIA DO IMÓVEL RURAL⁵	A origem dos créditos de carbono é o imóvel rural onde o desmatamento planejado será evitado. Durante o processo de certificação é necessário que o proponente apresente os documentos que comprovam a regularidade fundiária do imóvel e posse e/ou titularidade. ⁶

3. SALVAGUARDAS DO PROJETO

O PROJETO NÃO PODE	<ul style="list-style-type: none">• Infringir as Leis;• Comprometer a integridade do meio ambiente;• Desrespeitar e deixar de preservar os direitos de populações tradicionais e/ou comunidades minoritárias;• Gerar ativos cujas atividades são fruto de ordem judicial ou decorrente de Termo de Ajuste de Conduta, demandado pelo órgão governamental responsável;• Implementar projetos adicionais ou concomitantes ao projeto de carbono que venham a comprometer qualquer uma das salvaguardas supracitadas.
IMÓVEIS COM SOBREPOSIÇÃO	Imóveis rurais privados, devidamente documentados, que apresentarem sobreposição, parcial ou total, com outros imóveis privados e/ou áreas de conservação pública (Unidades de conservação ou terras indígenas) não poderão ser submetidos a certificação. As sobreposições devem ser excluídas do projeto e, conseqüentemente, as áreas (do projeto e do imóvel) deverão ser adequadas com a nova situação fundiária do imóvel.

⁴ Prova de vida

⁵ Prova de origem

⁶ Pessoa física, viva, maior de idade ou emancipada. Proprietária legal ou representante legal (procuração) do imóvel/projeto. No caso de representante, o proprietário deverá realizar a prova de vida também.

4. INFORMAÇÕES GERAIS DO PROJETO

NOME DO PROJETO	O projeto deve ser identificado. O nome deve ser mantido até o fim do período do projeto.
DESCRIÇÃO	Apresentar uma breve descrição do projeto.
LOCALIZAÇÃO	Deve ser informado a localização do projeto.
BIOMA	Amazônia.
DATA DE INÍCIO E FIM	Informar a data de início e fim do projeto.
MARCO INICIAL	Descrever qual o marco inicial do projeto.
ATIVIDADES DO PROJETO	Informar quais atividades geradoras de ativos ambientais são realizadas dentro dos limites da Área do Projeto.

5. PARTICIPANTES DO PROJETO

PROJETO INDIVIDUAL	O projeto é apresentado por uma única Pessoa Física ou Jurídica. Neste caso, há apenas um participante do projeto.
PROJETO COLETIVO	O projeto é apresentado por um grupo de Pessoas Físicas e/ou Jurídicas. Além do principal proponente, é necessário informar as principais organizações participantes do projeto, seus respectivos papéis, participação nos créditos a serem gerados e contato principal. Todos devem apresentar consentimento livre e informado para implantação do projeto.

6. IMÓVEIS RURAIS DO PROJETO

IMÓVEL CONTÍGUO OU MOSAICO	O projeto pode ser implantado em um imóvel contíguo ou em múltiplas 'glebas', ou seja, ter um ou mais imóveis rurais formando um mosaico, desde que pertencentes ao mesmo bioma (Amazônico), localizados na mesma região ⁷ e que estejam sob a posse, responsabilidade e/ou titularidade do proponente.
-----------------------------------	--

⁷ Em um raio não superior a 50 km de um imóvel a outro.

	<p><u>Importante:</u> no caso de mosaico, os imóveis que compõem o conjunto de propriedades não precisam ser, necessariamente, do mesmo dono/concessionário. Para isso, deverá ser documentada a livre, informada e consentida intenção de parceria.</p>
IDENTIDADE DO IMÓVEL	É necessário informar o nome do imóvel rural.
LOCALIZAÇÃO DO IMÓVEL	É necessário informar a localização da sede o imóvel rural.
PROPRIETÁRIOS DO IMÓVEL	É necessário informar os proprietários do imóvel rural, sendo que o principal precisa também fornecer os dados de contato para posterior publicação.
REGULARIDADE	<p>Todos os imóveis rurais do projeto precisam estar regulares e com seu macrozoneamento⁸ no momento da certificação.</p> <p>A prova de regularidade deve ser fornecida por um conjunto de documentos que serão posteriormente validados.</p>
LIMITES ESPACIAIS	<p>O imóvel precisa ter seus limites espaciais⁹ definidos como segue:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Limites do Imóvel (LI); ● Área de Preservação Permanente (APP); ● Área de Reserva Legal (ARL); ● Área de Uso Múltiplo (AUM); ● Área do Projeto (AP)¹⁰ <ul style="list-style-type: none"> ○ 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).

⁸ O Macrozoneamento do imóvel é constituído pela definição geográfica de: Área de Reserva Legal (ARL), Área de Uso Múltiplo (AUM) e Área de Preservação Permanente (APP), quando houver. O Macrozoneamento deve estar devidamente registrado no sistema do Cadastro Ambiental Rural (CAR).

⁹ Submissão dos arquivos vetoriais do polígono, devidamente georreferenciado.

¹⁰ Polígono georreferenciado onde as atividades do projeto serão realizadas e onde será implantado o compromisso de zero desmatamento.



7. LINHA DE BASE

<p>DESMATAMENTO PLANEJADO EVITADO</p>	<p>Todo imóvel rural brasileiro tem o direito constitucional de alterar a paisagem de seu imóvel, dentro dos limites da AUM, para implantação de uso alternativo, seja ele produtivo ou não.</p> <p>A proporção (%) da área do imóvel averbada como AUM deverá atender aos requisitos legais dispostos na legislação vigente da data de início do projeto.</p> <p>A área elegível para geração dos créditos (Área do Projeto - AP) é o equivalente à área líquida da AUM, de florestas sem atividades antrópicas e descontadas de APP's que possam vir a existir dentro da AUM.</p> <p>Matematicamente:</p> $AP = AUM - APP - A_{Antropizada}$ <p>onde "A_{Antropizada}" é área de uso alternativo da terra já implantada antes do projeto de REDD+ APD.</p>
--	--

<p>CONDIÇÕES BÁSICAS</p>	<p>O período de compromisso de Desmatamento Zero, que coincide com o “período de creditação”¹¹ varia de acordo com o tamanho do imóvel.</p> <p>As três “classes” de imóveis se baseiam nos “superlativos Amazônicos”¹² e a classificação de tamanho de imóveis rurais do INCRA¹³ :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para fins desta Metodologia, na Amazônia “Pequena Propriedade” será considerada aquele imóvel com até três mil hectares (3.000 ha) terão período de creditação de pelo menos um (1) ano; • De três mil hectares (3.000 ha) a vinte mil hectares (20.000 ha) terão período de creditação de pelo menos cinco (5) anos; • Acima de vinte mil hectares (20.000 ha) terão período de creditação de pelo menos dez (10) anos. <p>Caso o Projeto consiga comprovar seu compromisso de “Desmatamento Zero”, atendendo as premissas gerais desta metodologia, como a Adicionalidade, de períodos passados, os créditos serão emitidos de forma retroativa.</p> <p>Ao abrir mão de seu direito, o proprietário automaticamente evita a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) referente ao desmatamento que ocorreria em sua floresta.</p>
<p>RESTAURAÇÃO¹⁴ DE ÁREA DEGRADADA</p>	<p>Independentemente da causa do desmatamento passado, toda área de floresta degradada ou desflorestada, nos limites da AP, que é restaurada é passível de crédito.</p> <p>Para isso, o proponente deverá comprovar sua autoria e efetivo esforço de restauração da área degradada.</p> <p>O estoque de carbono, preferencialmente, deverá retornar à sua estimativa original.</p> <p>Caso os estoques da floresta restaurada excedam o estoque original, o carbono excedente será considerado “Emissão Sequestrada” e estes créditos serão tratados por outra metodologia.</p>

¹¹ Período de creditação é o espaço de tempo em que o imóvel será monitorado pela Tero e, em caso de zero desmatamento comprovado, emite-se o certificado do crédito.

¹² 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.

¹³ <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal>

¹⁴ Definição é dada com base no art. 2º, incisos XII e XIV, da Lei 9.985/2000.

	<p>Ao restaurar uma área degradada com vegetação em sua AP de forma voluntária, o proprietário automaticamente sequestra a emissão de GEE presentes na atmosfera, estocando carbono na floresta.</p>
<p>PLANO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL (PMFS)</p>	<p>Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) são importantes para estabelecimento de governança no imóvel.</p> <p>Caso o PMFS esteja sendo executado <u>fora</u> dos limites da AUM, ou da Área do Projeto, o imóvel é elegível para esta metodologia.</p> <p>Caso o PMFS esteja sendo executado <u>dentro</u> dos limites da AUM, ou da Área do Projeto, o impacto do PMFS, em termos de emissões, deverá ser contabilizada, verificada e subtraída do potencial de créditos de carbono a ser gerado pelo projeto.</p>

8. ADICIONALIDADE

<p>DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL</p>	<p><u>Emprego</u>. Simples e direto.</p> <p>O ser humano é quem dá sentido a tudo. Sem a percepção humana, questões relacionadas à mudança climática seriam irrelevantes.</p> <p>Sendo assim, é fundamental que projetos de geração de créditos de carbono contemplem o ser humano em seus benefícios.¹⁵</p>
<p>PROVA DE ADICIONALIDADE</p>	<p>O proponente deverá apresentar comprovação da geração do emprego na submissão do projeto e, no momento de solicitar o certificado do crédito, deverá apresentar a comprovação da manutenção deste emprego ao longo do período.</p> <p>No mínimo 1 (um) emprego.</p>

¹⁵ De acordo com o levantamento do IBGE, no Amazonas, a média de percentual da população empregada é de 6,8% (± 1,5). Além disso, o percentual da população com rendimento nominal mensal per capita de até 0,5 salário mínimo é de 50% (± 1,7). Daí, a importância de projetos de créditos de carbono concentrarem suas atividades na geração de empregos para a população local/regional. Assim, contribuindo diretamente para o desenvolvimento sustentável da região.

	Proponentes classificados como "Agricultores familiares", devidamente registrados/cadastrados no sistema IDAM (ou similar/de outro Estado) são isentos.
VERIFICAÇÃO	<p>O método de verificação é por meio de visita <i>in loco</i> ou remotamente, aplicação de questionários semi-estruturados via entrevistas individuais e/ou coletivas (audiências públicas e reunião de lideranças).</p> <p>Dependendo do tamanho da “população”, aplica-se o sistema de amostragem.</p> <p>Os resultados são apresentados por meio de estatística descritiva.</p>

9. PERÍODO DE CREDITAÇÃO

PERÍODO DE CREDITAÇÃO	<p>O período de creditação é sempre retroativo, sendo que não há limite de retroatividade, desde que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O período não tenha sido creditado anteriormente; e • Haja todas as devidas documentações comprobatórias da Linha de Base e Adicionalidade.
------------------------------	--

10. COMPROMISSO DE DESMATAMENTO ZERO

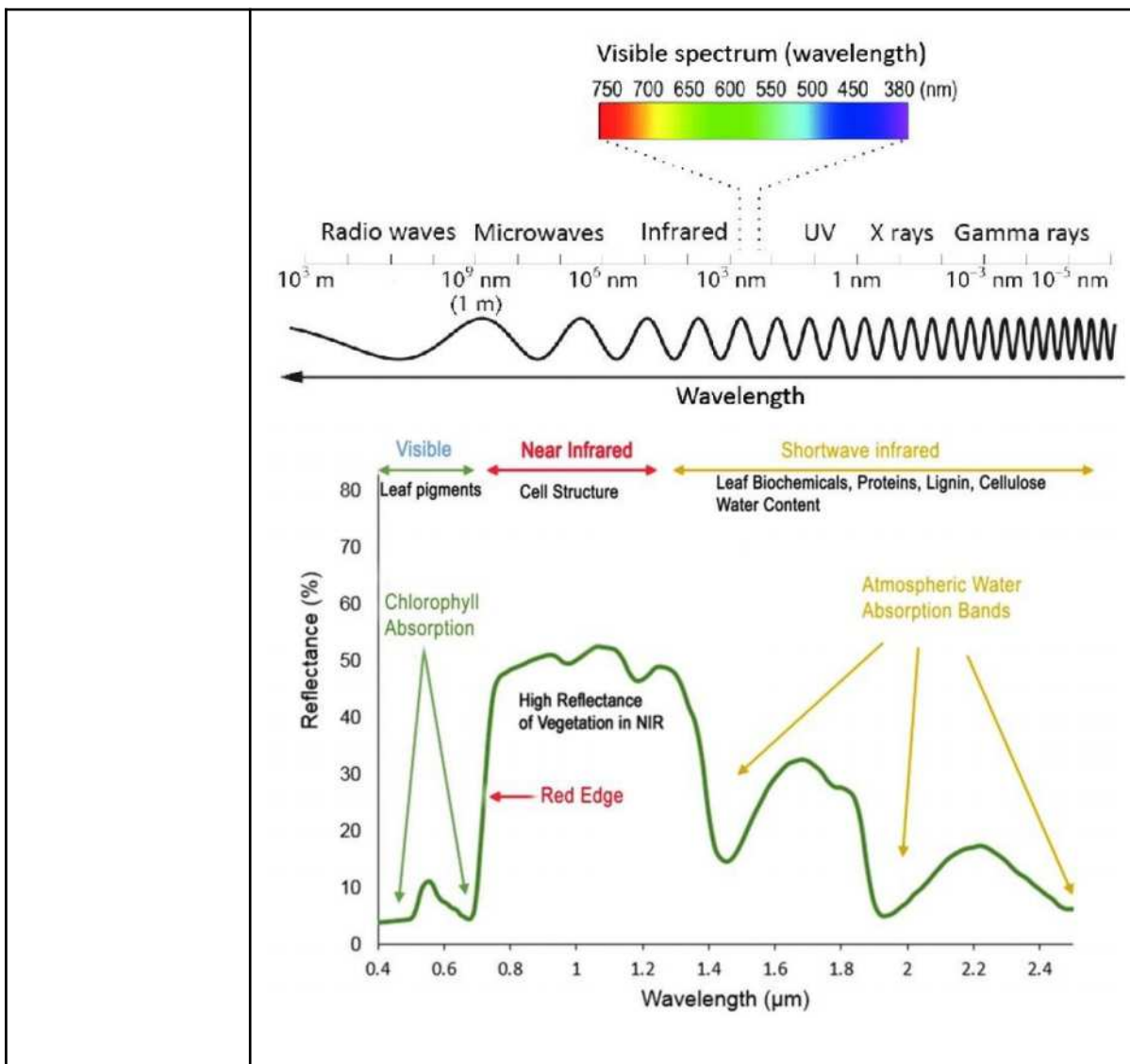
COMPROMISSO DE DESMATAMENTO ZERO	<p>Durante o período do projeto, todo proponente deverá assinar um termo de compromisso de “Desmatamento Zero”.</p> <p>Todo e qualquer desmatamento dentro do imóvel do projeto irá “debitar” dos créditos a serem gerados em acreditações futuras.</p> <p><u>Importante:</u> Caso seja identificado um desmatamento dentro da propriedade que seja igual ou superior a 50% da Área do Projeto (AP), o projeto será cancelado.</p> <p>Não há limite máximo do compromisso “desmatamento zero”, ficando a critério do proponente definir a data final do</p>
---	---


	projeto.
--	----------

11. QUANTIFICAÇÃO DO ATIVO AMBIENTAL

ATIVO AMBIENTAL	Esta metodologia credita a geração de Créditos de Carbono Verificado , dado em toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (tCO _{2e}).
MONITORAMENTO REMOTO	<p>A data de início do projeto é a data em que o projeto foi devidamente cadastrado e registrado na plataforma Tero.</p> <p>A partir desta data, uma imagem aérea (de sensores do tipo satélite, com bandas RGB e Infravermelho próximo) é adquirida. No mínimo uma segunda imagem será disponibilizada no momento da solicitação do crédito, um ano após o registro.</p> <p>Caso não seja registrado nenhuma evidência de desmatamento nos Limites do Imóvel (LI), os créditos de carbono do projeto serão gerados.</p> <p>Caso seja identificado desmatamento parcial na AP, o equivalente à emissão será debitada dos créditos a serem gerados, desde que a emissão seja inferior ao estoque remanescente. Caso contrário (emissão > estoque), o projeto não terá créditos de carbono.</p> <p>Imagens de sensores RGB¹⁶ são ferramentas importantes, mas também serão consideradas imagens de sensores que captam o Infravermelho, para garantir a veracidade da informação de desmatamento.</p> <p>A utilização de diferentes sensores é devido às características da reflectância de cada tipo de comprimento de onda.</p>

¹⁶ Sensores que captam a reflectância do comprimento de onda do campo do “visível”, ou seja, aquilo que a “olho nu” é possível de se ver.



	
<p>ESTIMATIVA DOS ESTOQUES DE CARBONO NA FLORESTA</p>	<p>A estimativa da média do estoque, com seu respectivo nível de incerteza, 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.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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 <ul style="list-style-type: none"> ○ 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: <ul style="list-style-type: none"> ■ 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

	<p>todas as árvores vivas e mortas encontradas dentro da parcela</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ O DAP mínimo de mensuração é de 10 cm ○ Palmeiras podem ser incluídas, mas a equação alométrica deve ser específica <ul style="list-style-type: none"> ● Aplicação de equação de biomassa/carbono para estimar o estoque individual (de cada árvore mensurada) e por unidade de área (hectare) <ul style="list-style-type: none"> ○ A biomassa/carbono individual das árvores deve ser estimada, preferencialmente, por meio de equações sítio específicas¹⁷; ○ 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 dominante¹⁸ da floresta. ● Estimar a média e o nível de incerteza da estimativa, com base nos parâmetros estatísticas descritos em anexo ● Caso a floresta da Área do Projeto demande ser estratificada, seguir o rito de estratificação disponível em anexo
<p>CÁLCULO</p>	<p>Caso seja referente à uma floresta sem estratos definidos estatisticamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estabelecer os componentes da biomassa florestal do projeto: <ul style="list-style-type: none"> ○ 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): $\text{Estoque líquido}_{AGB} = \sum AGB_{vivas} - \sum AGB_{necromassa}$ ● 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): $\text{Crédito de Carbono} = \left(\overline{x}_{CO_2} - I.C. \right) \times AP$

¹⁷ Equação sítio-específica é ajustada com base em dados primários da área do projeto.

¹⁸ A altura dominante é considerada a média das alturas das 10% árvores mais grossas, de acordo com Higuchi (2015).

	<ul style="list-style-type: none"> • A geração de créditos de carbono anual é com base no período de creditação, em função do tamanho do imóvel: $\text{Geração anual} = \frac{\text{Crédito de carbono}}{t(\text{anos})}$ <p>Caso seja referente à uma floresta com estratos definidos estatisticamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer os componentes da biomassa florestal do projeto: <ul style="list-style-type: none"> ○ 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): $\text{Estoque líquido}_{AGB} = \sum AGB_{vivas} - \sum AGB_{necromassa}$ <ul style="list-style-type: none"> • 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): $\text{Crédito de Carbono} = \left(\overline{x_{CO2i}} - I.C. \right) \times AP_i + \left(\overline{x_{CO2i+1}} - I.C. \right) \times AP_{i+1}$ <ul style="list-style-type: none"> • A geração de créditos de carbono anual é com base no período de creditação, em função do tamanho do imóvel: $\text{Geração anual} = \frac{\text{Crédito de carbono}}{t(\text{anos})}$
--	--

12. INCERTEZAS

CÁLCULO	<p>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).</p> <p>Método de cálculo está disponível no anexo deste documento.</p>
COM DADOS	Da estatística básica (WEISS & HASSETT, 1982), os dados

<p>COLETADOS EM CAMPO (IFC)</p>	<p>distribuídos normalmente estão:</p> <ul style="list-style-type: none"> (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. <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.¹⁹</p>
<p>SOMENTE COM SENSORIAMENTO REMOTO</p>	<p>A utilização de apenas dados de sensoriamento remoto não produzem estimativas de incerteza.</p> <p>Logo, o Sensoriamento Remoto deve ser combinado com dados de inventários florestais amostrais (ou censitários).</p>
<p>VALIDAÇÃO DA MÉDIA DO ESTOQUE</p>	<p>Será sempre com base na estimativa mínima provável do intervalo de confiança, ou seja, a média menos a incerteza.</p>

¹⁹ 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.

ANEXO I - 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.

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.

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 prever 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).

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).

Na 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^2_{aj}) sempre superior a 0,80 e erro padrão da estimativa ($Syx\%$) abaixo de 10%.

O Coeficiente de determinação (R^2_{aj}) 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 (H_{dom}) do sítio amostrado e a H_{dom} 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 H_{dom} = média das alturas das 10% 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 H_{dom} da Estação Experimental de Silvicultura Tropical (ZF2) do INPA e a H_{dom} do sítio amostrado, com base na abordagem sugerida por Higuchi (2015), baseando-se nos resultados apresentados por Lima et al. (2012).

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

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

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

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.
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.
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.
Hdom_{ZF2} = altura dominante da ZF2 = 30,2 m²⁰.

NOTA IMPORTANTE #01:

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).

²⁰ De acordo com Higuchi (2015).

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 ($S_{yx}\%$) e confiabilidade (R^2_{aj}), 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.

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, conseqüentemente, os níveis de incerteza. Mas, é providencial que medidas sejam tomadas para que este erro seja controlável e computável.

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, reduzem 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.

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 m ²)
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
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

Nome da variável	Tipo de variável	Unidade de medida	Descrição
			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
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

Nome da variável	Tipo de variável	Unidade de medida	Descrição
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 ₂ eq.abg)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa, em dióxido de carbono equivalente, estocado na parte aérea da árvore
Dióxido de Carbono equivalente abaixo dos solos (CO ₂ eq.blg)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa, em dióxido de carbono equivalente, estocado nas raízes da árvore
Dióxido de Carbono equivalente total (CO ₂ eq.tot)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa total, em dióxido de carbono equivalente, estocado na árvore (aérea + raízes)

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	$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$
Desvio Padrão (s)	Medida de dispersão dos valores observados em relação à média	$s = \pm \sqrt{s^2}$
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	Varição 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	$SQC_y = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n}$

Parâmetro	Descrição	Fórmula
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	$r = \frac{SPC_{xy}}{\sqrt{SQC_x SQC_y}}$

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;
 - Pode gerar informações/estimativas tendenciosas.
- Pela classe florestal:
 - Depende de sensoriamento remoto e geoprocessamento de imagens de satélite de diferentes sensores (RGB e Infravermelho próximo, por exemplo);
 - Otimiza a amostragem por meio do planejamento prévio;
 - 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.

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 VARIÇÃO	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	$SQD = \sum_{i=1}^n x_{ij}^2 - \frac{\sum_{i=1}^k \left(\sum_{j=1}^g x_{ij} \right)^2}{g}$	$MQD = \frac{(SQD)}{(n-k)}$	
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;

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.

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).

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	$\bar{x}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} X_{ih}}{n_h}$
Média estratificada	Média ponderada conforme os estratos amostrados	$\bar{x}_{st} = \sum_{h=1}^L w_h \bar{x}_h$
Variância por estrato	Variância da população, por estrato amostrado	$S_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (x_{ih} - \bar{x}_h)^2}{n_h - 1}$

Parâmetro	Descrição	Fórmula
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	$S_{x(st)}^2 = \sum_{h=1}^L w_h^2 \times \frac{S_h^2}{n_h}$
Erro padrão estratificado	Erro padrão ponderado da população amostrada	$S_{x(st)}^- = \sqrt{S_{x(st)}^2}$
Erro amostral estratificado	Erro amostral ponderado da estimativa de inferência para a população amostrada	$E_r = \pm \frac{t \times S_{x(st)}^-}{\bar{x}_{st}} \times 100$
Intervalo de confiança (95%)	Amplitude de variação da média estimada, com uma probabilidade de 95%	$I.C. = \bar{x} \pm z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ Onde: z = nível de confiança com base no desvio padrão da população; σ = desvio padrão da população; n = tamanho da população

Extrapolção (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
Trimble (MTrim.)	Pontos do Trimble

onde:

GPS = Sistema de Posicionamento Global, em inglês;

“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 X). 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	-	-	-	-

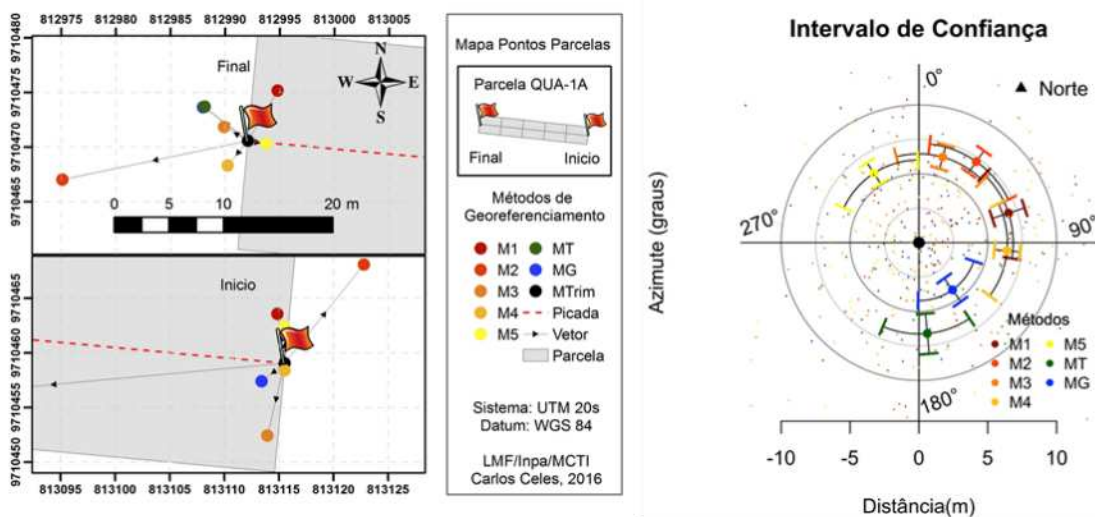


Figura 2. Mapa mostrando os diferentes métodos de posicionamento dos pontos inicial e final da parcela (esquerda) e gráfico mostrando a média e intervalo de confiança de cada método de georreferenciamento da parcela (direita).

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

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.

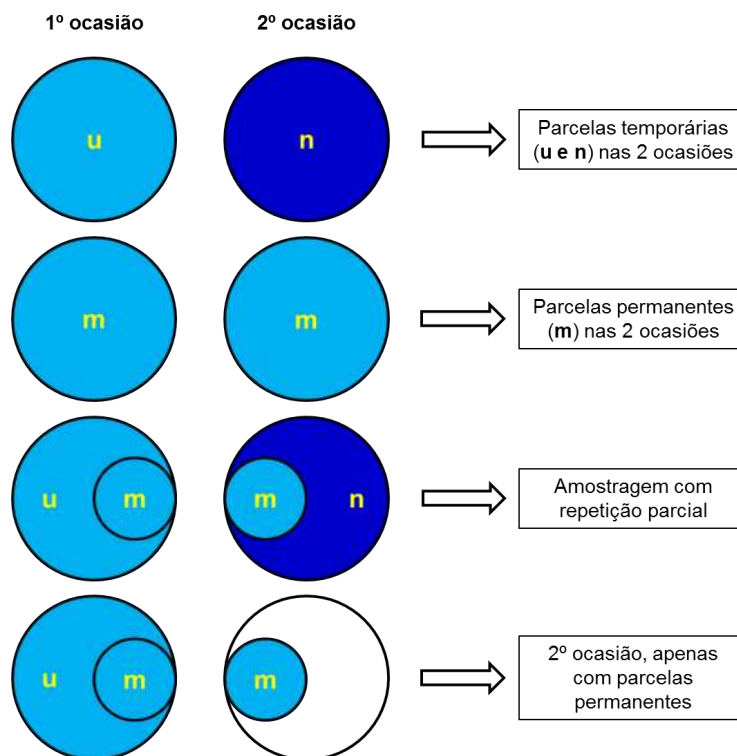


Figura 3. Esquema ilustrativo das quatro modalidades de processos de amostragem contínua.

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.

Monitoramento Remoto

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”.

Variações da dinâmica florestal, crescimento da floresta e afins só podem ser captados e registrados por meio de trabalhos de campo, como inventários florestais.

Em pontos:

- Adquire-se uma imagem de satélite adequada da data da submissão do projeto à TERO
 - 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 seis (6) meses, 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.; GALLEGOS, 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.

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.; GONÇALVES, 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 ten 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.

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/19985.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.; TAEDOUNG, 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 effective 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.

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 yellow-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 trends of the carbon 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: element 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.; TOGNETTI, 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.

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.

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.

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. Forest 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. Commission 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.; STAHL, 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.



TERO.001 - REDD+, V1.0
METHODOLOGY, AFOLU, REDD+
TERO CARBON AVALIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES LTDA



TERO.001 - REDD+
VERSION 1.0
METHODOLOGY, AFOLU, REDD+

TERO CARBON AVALIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES LTDA

IDENTIFICATION

METHODOLOGY	TERO.001 - REDD+
VERSION	1.0
STATUS	APPROVED
PUBLICATION DATE	February 10, 2023 (02/10/2023)
DEVELOPER	Hdom Engenharia e Projetos Ambientais Ltda
TYPE	AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Uses)
CATEGORY	REDD+ (Reduction of Emissions from Deforestation and Forest Degradation, including the conservation and increase of carbon stocks) through Avoided Planned Deforestation (APD)
BIOME	Amazon
ASSET GENERATED	Verified Carbon Credit (tCO _{2e})
PROJECT ACTIVITIES	<ul style="list-style-type: none">• Avoided Planned Deforestation (APD);• Restoration of degraded area;• Sustainable forest management.

ACRONYMS

AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Uses
AP	Project Area
APD	Avoided Planned Deforestation
APP	Permanent preservation area
ARL	Legal Reserve Area
AUM	Multiple Use Area
CAR	Rural Environmental Registry
DAP	Diameter at breast height
GEE	Greenhouse gas
IBGE	Brazilian Geography and Statistics Institute
IDAM	Institute for Sustainable Agricultural and Forestry Development of the State of Amazonas
IFC	Continuous Forest Inventory
INCRA	National Institute of Colonization and Agrarian Reform
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
PMFS	Sustainable Forest Management Plan
REDD+	Reduction of Emissions from Deforestation and Forest Degradation, including the conservation and increase of carbon stocks
UC	Conservation Unit
MRV	Measurable, Reportable and Verifiable

DEFINITIONS

Carbon Credit (Decree n° 11.075/2022¹)	Financial, environmental, transferable asset representing the reduction, removal and avoidance of greenhouse gas emissions, represented by a ton of carbon dioxide equivalent (tCO _{2e}), which has been recognized and generated as credit in the voluntary or regulated market.
Uncertainty	According to the IPCC (2006), uncertainty is characterized by the lack of knowledge of the true value of a variable of a descriptive measure (central tendency -most used-, dispersion or relationship). It is the confidence interval (CI) itself under a certain confidence level (formula below). More precisely, it is the part of the CI that is subtracted from or added to the mean. Uncertainty depends on the amount of data used, as well as the sampling methods.
Degraded area restoration (Lei n° 9,985/2000)	Through anthropic interventions, implement actions and activities aimed at restoring an ecosystem or a degraded wild population as close as possible to its original condition.
Avoided Planned Deforestation (APD)	Waive the right to carry out vegetation suppression of the natural forest within the geographic limits of the Multiple Use Area, committing to a policy of zero deforestation on the property.
Sustainable forest management (Law No. 12.651/2012; Res. CONAMA² n 406/2009)	Amanagement of natural vegetation to obtain economic, social and environmental benefits, respecting the sustaining mechanisms of the ecosystem object of management and considering, cumulatively or alternatively, the use of multiple timber species or not, of multiple products and by-products flora, as well as the use of other goods and services.

¹ Decree n. 11.075 of May, 19th of 2022, available at: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11075.htm

² National Council for the Environment (CONAMA)

MACROZONATION OF THE PROPERTY³

<p>APP</p>	<p>According to Law n° 12.651 of 2012 (New Brazilian Forest Code), the Permanent Preservation Area (APP) is a protected area, covered or not by native vegetation, with the environmental function of preserving water resources, the landscape, the stability geology and biodiversity, facilitate the gene flow of fauna and flora, protect the soil and ensure the well-being of human populations.</p> <p>It is considered APP margins of bodies of water, tops of hills, steep slopes, among others. The precise and specific definition of APP is established in Chapter II, Section I, Art. 4 of Law No. 12.651/2012.</p>
<p>ARL</p>	<p>According to Law n° 12.651 of 2012 (New Brazilian Forest Code), the Legal Reserve Area (ARL) is the area located inside a property or rural possession, delimited under the terms of art. 12, with the function of ensuring the sustainable economic use of the natural resources of the rural property, assisting the conservation and rehabilitation of ecological processes and promoting the conservation of biodiversity, as well as the shelter and protection of wild fauna and native flora .</p> <p>According to Chapter IV, Section I, art. 12 of Law n° 12.651/2012, Every rural property must maintain an area with native vegetation cover, as a Legal Reserve, without prejudice to the application of the rules on Permanent Preservation Areas, observing the following minimum percentages in relation to the property area . The precise and specific definition of ARL and its proportions by biome/region are established in Law n° 12.561/2012.</p>
<p>AUM AND CONSOLIDATED AREAS</p>	<p>According to Law No. 12,651 of 2012 (New Brazilian Forest Code), “alternative land use” is the replacement of native vegetation and successor formations (suppression) by other land cover, such as agricultural, industrial, generation and transmission activities of energy, mining and transportation, urban settlements or other forms of human occupation.</p> <p>The suppression of native vegetation is prohibited within the limits of APP and ARL areas. In the Amazon region, the area subject to suppression is limited to 20% of the rural property.</p> <p>Any deletion that exceeds the limits defined by law is subject to the sanctions imposed and provided for by law. However, in the past, due to the lack of control over the territory and the constant</p>

³ The macrozoning of the property must be divided into: ARL, AUM and APP. Consolidated areas (deforestation up to 2008, duly accredited by the current state environmental agency) will be considered AUM.

	<p>changes in legislation, many rural properties exceeded the limits allowed for alternative use.</p> <p>To mitigate this issue, the term “Consolidated Area” was created. Based on Law n. 12,651 of 2012 (New Brazilian Forest Code), the Consolidated Area is the area of rural property with pre-existing anthropic occupation on July 22, 2008, with buildings, improvements or agrosilvopastoral activities, admitting, in the latter case, the adoption of the fallow regime .</p>
--	--

SUMMARY

1. PROJECT ELIGIBILITY	8
2. DILIGENCE	9
3. PROJECT SAFEGUARDS	9
4. GENERAL PROJECT INFORMATION	10
5. PROJECT PARTICIPANTS	10
6. PROJECT RURAL LAND AREAS	10
7. BASELINE	12
8. ADDITIONALITY	14
9. CREDIT PERIOD	15
10. ZERO DEFORESTATION COMMITMENT	15
11. QUANTIFICATION OF ENVIRONMENTAL ASSETS	15
12. UNCERTAINTIES	20
ANNEX I - METHODOLOGICAL BASIS FOR ESTIMATING BIOMASS AND CARBON STOCKS IN THE FOREST	22
Biomass Compartments	22
Allometric Equations	24
Allometry of Biomass and Carbon in the Amazon	24
Sampling System	27
Variable of Interest	28
Statistic	31
Stratification	32
Analysis of Variance (ANOVA)	33
Stratified Statistics	34
Extrapolation (Scale up)	35
Continuous Forest Inventory	40
Remote Monitoring	42
LITERATURES CONSULTED AND THEORETICAL BASIS	43

1. PROJECT ELIGIBILITY

GEOGRAPHIC SCOPE	Amazon Biome, Forest.
TYPE OF PROPERTY	<ul style="list-style-type: none"> • Private rural properties; • Government and/or private Conservation Units of Sustainable Use that have the prerogative of alternative land use. <ul style="list-style-type: none"> ◦ In this case, a public hearing must be held, to ensure free, prior and informed consent; ◦ Specifically, local populations residing within the geographical boundaries of the land must be consulted and must consent to the implantation of the project.
MINIMUM PROPERTY SIZE	At least 5 ha (five hectares or 50.000 m ²).
MINIMUM SIZE OF THE PROJECT AREA	At least 1 ha (one hectare or 10,000 m ²) of forest.
REGULAR PROPERTY	The property needs to be properly documented and with macrozoning carried out in the Rural Environmental Registry (CAR) and without overlapping with other areas.
NO DOUBLE COUNT GUARANTEE	The property cannot have a REDD+ project registered/certified by another “standard/methodology” in the same crediting period.
PROJECT ACTIVITIES	<p>The project must have at least one of the following activities on a voluntary basis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avoided Planned Deforestation (APD) • Restoration of degraded area; • Sustainable forest management.

2. DILIGENCE

MAIN PROPOSER⁴	The project generating environmental assets must clearly identify the main Proponent, and their contact information must necessarily be published with the rest of the project information.
DILIGENCE OF THE RURAL PROPERTY⁵	The origin of carbon credits is the rural property where planned deforestation will be avoided. During the certification process, it is necessary for the project proponent to present any and all documents that proves land tenure and/or ownership. ⁶

3. PROJECT SAFEGUARDS

THE PROJECT CANNOT	<ul style="list-style-type: none"> • Break the Laws; • Compromise the integrity of the environment; • Disrespect and fail to preserve the rights of traditional populations and/or minority communities; • Generate assets whose activities are the result of a court order or resulting from a Conduct Adjustment Term, required by the responsible governmental agency; • Implement additional or concomitant projects to the carbon project that may compromise any of the aforementioned safeguards.
PROPERTIES WITH OVERLAPING GEOGRAPHICAL BOUNDARIES	<p>Private rural properties, duly documented, that partially or totally overlap with other private land and/or public conservation areas (Conservation Units or indigenous lands) cannot be submitted for certification.</p> <p>The overlaps must be excluded from the project and, consequently, the areas (of the project and the property) must be adequate with the new land situation of the property.</p>

⁴ proof of life

⁵ proof of origin

⁶ Natural person, living, of legal age or emancipated. Legal owner or legal representative (power of attorney) of the property/project. In the case of a representative, the owner must also provide proof of life.

4. GENERAL PROJECT INFORMATION

PROJECT NAME	The project must be identified. The name must be maintained until the end of the project period.
DESCRIPTION	Provide a brief description of the project.
LOCATION	The location of the project must be informed.
BIOME	Amazon.
START AND END DATE	Enter the start and end date of the project.
STARTING POINT	Describe the starting point of the project.
PROJECT ACTIVITIES	Inform which activities that generate environmental assets are carried out within the limits of the Project Area.

5. PROJECT PARTICIPANTS

INDIVIDUAL PROJECT	The project is presented by a single Individual or Legal Entity. In this case, there is only one project participant.
COLLECTIVE PROJECT	The project is presented by a group of Individuals and/or Legal Entities. In addition to the main proponent, it is necessary to inform the main actors/organizations participating in the project, their respective roles, participation in the credits to be generated and main contact. All must present free and informed consent for the implementation of the project.

6. PROJECT RURAL LAND AREAS

CONTINUOUS OR MOSAIC PROPERTY	The project can be implemented in a contiguous property or in multiple smaller land areas. Multiple rural properties forming a mosaic, as long as they belong to the same biome (Amazon), located in the same region ⁷ and which are under the possession, responsibility and/or ownership of the project proponent.
--------------------------------------	---

⁷ Within a radius of no more than 50 km from one property to another.

	<p><u>Important:</u> in the case of mosaic, the properties that make up the set of properties do not necessarily have to be owned by the same owner/concessionaire. For this, the free, informed and consented intention of partnership must be documented.</p>
PROPERTY IDENTIFICATION	It is necessary to inform the name of the rural property.
PROPERTY LOCATION	It is necessary to inform the location of the headquarters or rural property.
PROPERTY OWNERSHIP	It is necessary to inform the owners of the rural property, being that the main you also need to provide contact details for later publication.
REGULARITY	<p>All rural properties in the project need to be regular and with their macrozoning⁸ at the time of certification.</p> <p>Proof of regularity must be provided by a set of documents that will be subsequently validated.</p>
SPATIAL BOUNDARIES	<p>The property must have its spatial boundaries⁹ defined as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Limits of the Property (LI); ● Permanent Preservation Area (APP); ● Legal Reserve Area (ARL); ● Multiple Use Area (AUM); ● Project Area (PA)¹⁰ <ul style="list-style-type: none"> ○ Must be located within the boundaries of the AUM; ○ It can be a fraction or the entirety of the AUM; ○ The minimum AP area must be 1 ha (one hectare).

⁸ The Macrozoning of the property is constituted by the geographical definition of: Legal Reserve Area (ARL), Multiple Use Area (AUM) and Permanent Preservation Area (APP), if any. Macrozoning must be duly registered in the Rural Environmental Registry (CAR) system.

⁹ Submission of polygon vector files, duly georeferenced.

¹⁰ Georeferenced polygon where the project activities will be carried out and where the commitment to zero deforestation will be implemented.



7. BASELINE

PLANNED DEFORESTATION AVOIDED	<p>Every Brazilian rural property has the constitutional right to change the landscape of its land, within the limits of the AUM, for the implementation of an alternative use, whether is productive or not.</p> <p>The proportion (%) of the property area registered as AUM must meet the legal requirements set forth in the legislation in force on the project start date.</p> <p>The area eligible for credit generation (Project Area - AP) is equivalent to the net area of the AUM, of forests without anthropic activities and discounted from APPs that may exist within the AUM.</p> <p>Mathematically:</p> $AP = AUM - APP - A_{\text{Anthropized}}$ <p>where “$A_{\text{Anthropized}}$” is an alternative land use area already implemented before the REDD+ ODA project.</p>
BASIC	The Zero Deforestation commitment period, which coincides

<p>CONDITIONS</p>	<p>with the “crediting period”¹¹ varies according to the size of the property.</p> <p>The three “classes” of real estate are based on the “Amazonian superlatives”¹² and the size classification of rural properties by INCRA¹³:</p> <ul style="list-style-type: none"> • For the purposes of this Methodology, in the Amazon “Small Property” will be considered that property with up to three thousand hectares (3,000 ha) will have a crediting period of at least one (1) year; • From three thousand hectares (3,000 ha) to twenty thousand hectares (20,000 ha) will have a crediting period of at least five (5) years; • Over twenty thousand hectares (20,000 ha) will have a crediting period of at least ten (10) years. <p>If the Project manages to prove its commitment to “Zero Deforestation”, meeting the general assumptions of this methodology, such as Additionality, from past periods, the credits will be issued retroactively.</p> <p>By giving up his right, the owner automatically avoids the emission of Greenhouse Gases (GHG) related to the deforestation that would occur in his forest.</p>
<p>RESTORATION¹⁴ OF DEGRADED AREA</p>	<p>Regardless of the cause of past deforestation, any area of degraded or deforested forest within the PA boundaries that is restored is creditable.</p> <p>For this, the proponent must prove his authorship and effective effort to restore the degraded area.</p> <p>The carbon stock should preferably return to its original state.</p> <p>If the stocks of the restored forest exceed the original stock, the surplus carbon will be considered “Sequestered Emissions” and these credits will be treated by another methodology.</p> <p>When voluntarily restoring a degraded area with vegetation in its PA, the owner automatically captures the emission of GHG</p>

¹¹ Crediting period is the period of time in which the property will be monitored by Tero and, in case of proven zero deforestation, the credit certificate is issued.

¹² The Legal Amazon covers a territory of approximately 5.4 million km². This represents just over 50% of the Brazilian territory. According to INCRA, “small properties” can add up to 400 ha. These superlatives need to be considered to adapt to the local reality.

¹³ <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal>

¹⁴ Definition is given based on art. 2nd, items XII and XIV, of Law 9.985/2000.

	present in the atmosphere, storing carbon in the forest.
SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT PLAN (PMFS)	<p>Sustainable Forest Management Plans (PMFS) are important for establishing governance in the property.</p> <p>If PMFS is being implemented <u>outside</u> the limits of the AUM, or the Project Area, the property is eligible for this methodology.</p> <p>If PMFS is being implemented within the limits of the AUM, or the Project Area, the impact of the PMFS, in terms of emissions, must be accounted for, verified and subtracted from the potential carbon credits to be generated by the project.</p>

8. ADDITIONALITY

SUSTAINABLE DEVELOPMENT	<p><u>Employment</u>. Simple and straightforward.</p> <p>Humans are the ones who give meaning to everything. Without human perception, issues related to climate change would be irrelevant.</p> <p>Therefore, it is essential that carbon credit generation projects include people in their benefits.¹⁵</p>
ADDITIONALITY TEST	<p>The proponent must present proof of employment generation when submitting the project and, when requesting the credit certificate, must present proof of maintenance of this employment throughout the period.</p> <p>At least 1 (one) employment.</p> <p>Proponents classified as "Family Farmers", duly registered/registered in the IDAM system (or similar/from another State) are exempt.</p>

¹⁵ According to the IBGE survey, in Amazonas, the average percentage of the employed population is 6.8% (± 1.5). In addition, the percentage of the population with a nominal monthly per capita income of up to 0.5 minimum wage is 50% (± 1.7). Hence, the importance of carbon credit projects focusing their activities on job creation for the local/regional population. Thus, directly contributing to the sustainable development of the region.

VERIFICATION	<p>The verification method is by means of visit <i>in place</i> or remotely, application of semi-structured questionnaires via individual and/or collective interviews (public hearings and leadership meetings).</p> <p>Depending on the size of the “population”, the sampling system applies.</p> <p>The results are presented using descriptive statistics.</p>
---------------------	---

9. CREDIT PERIOD

CREDITING PERIOD	<p>The crediting period is always retroactive, and there is no retroactivity limit, provided that:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The period has not been previously credited; • There must be all the necessary supporting documentation for the Baseline and Additionality.
-------------------------	---

10. ZERO DEFORESTATION COMMITMENT

ZERO DEFORESTATION COMMITMENT	<p>During the project period, every proponent must sign a term of commitment for “Zero Deforestation”.</p> <p>Any and all deforestation within the project property will “debit” from the credits to be generated in future accreditations.</p> <p><u>Important:</u> If, during crediting period, deforestation within the property is equal to or greater than 50% of the Project Area (AP), the project will be canceled</p> <p>There is no maximum limit for the “zero deforestation” commitment, leaving it up to the proponent to define the final date of the project.</p>
--------------------------------------	--

11. QUANTIFICATION OF ENVIRONMENTAL ASSETS

ENVIRONMENTAL ASSET	<p>This methodology credits the generation of Verified Carbon Credits, given in metric tons of carbon dioxide equivalent (tCO_{2e}).</p>
----------------------------	---

REMOTE MONITORING

The project start date is the date on which the project was duly registered and registered on the Tero platform.

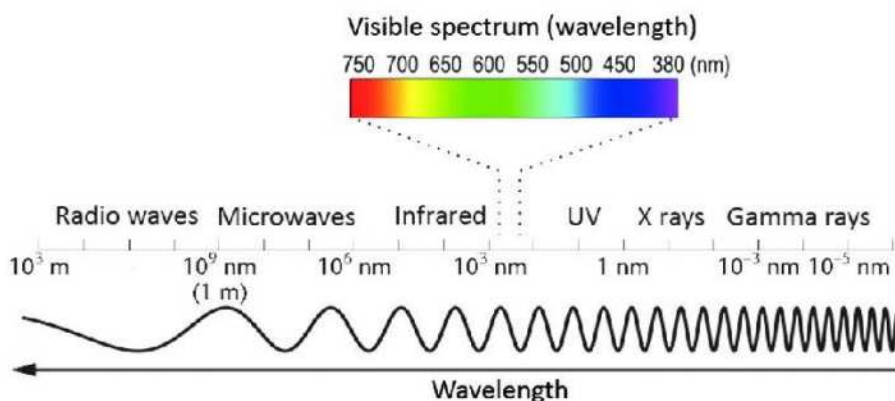
From this date, an aerial image (from satellite-type sensors, with RGB and Near Infrared bands) is acquired. At least a second image will be made available when applying for credit, one year after registration.

If no evidence of deforestation is recorded within the Limits of the Property, the project's carbon credits will be generated.

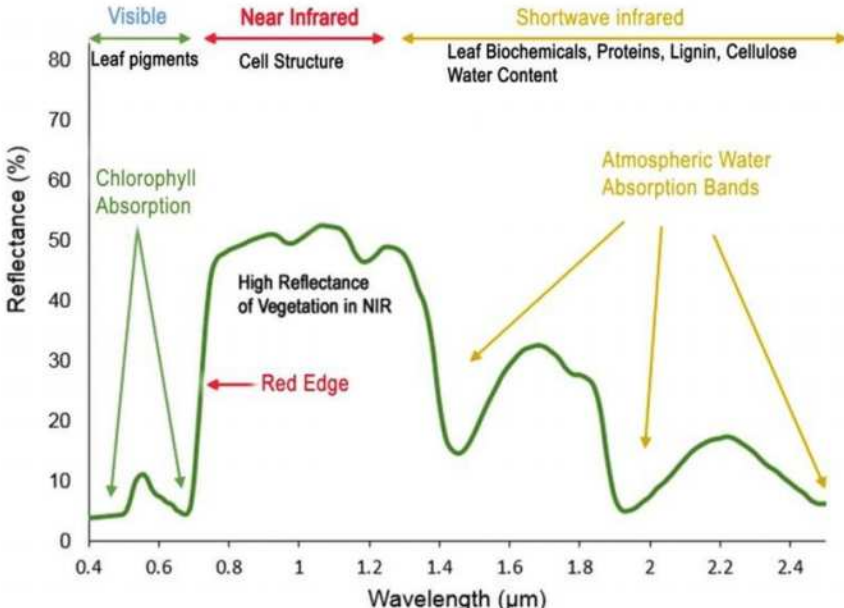

If partial deforestation is identified within the Limits of the Property, the emission equivalent (in t.CO_{2e}) will be debited from the credits to be generated, provided that the emission is lower than the remaining stock. Otherwise (emission > stock), the project will not have carbon credits.

RGB sensor images¹⁶ are important tools, but images from sensors that capture Infrared will also be considered, to guarantee the veracity of deforestation information.

The use of different sensors is due to the reflectance characteristics of each type of wavelength.



¹⁶ Sensors that capture the reflectance of the wavelength of the “visible” field, that is, what the “naked eye” can see.

	 
<p>ESTIMATE OF CARBON STOCKS IN THE FOREST</p>	<p>The average stock estimate, with its respective level of uncertainty, must be calculated based on a forest sampling system, application of allometric equations and extrapolation of the average for the Project Area.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consider an installation sampling system of fixed area sampling units (plots) • All plots must have their geographic coordinates recorded using GPS signal receiver devices <ul style="list-style-type: none"> ◦ The points to be registered can be the

	<p>beginning, center or end of each sample;</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ However, for the submission of these data, it is recommended to generate plot polygons; ○ Using a navigation model GPS device, the recommended coordinate recording method is: <ul style="list-style-type: none"> ■ Keep the GPS signal receiver device parked at the specific point for a period of approximately 1 (one) minute; ■ Use the “point average” tool for a period between 2 (two) and 5 (five) minutes. <ul style="list-style-type: none"> ● Random, systematic sampling distribution or combination through conglomerates (transects or cross type) ● Measurement of the diameters at 1.3m from the ground (DBH) of all living and dead trees found within the plot <ul style="list-style-type: none"> ○ The minimum measurement DBH is 10 cm ○ Palm trees can be included, but the allometric equation must be specific ● Application of biomass/carbon equation to estimate individual stock (of each tree measured) and per unit area (hectare) <ul style="list-style-type: none"> ○ The individual biomass/carbon of the trees should be estimated, preferably, using site-specific equations¹⁷; ○ If the individual biomass/carbon of the trees is estimated based on Silva's (2007) equation, the estimate must be corrected by the correction factor based on the dominant height¹⁸ of the forest. ● Estimate the mean and uncertainty level of the estimate, based on the statistical parameters described in the annex ● If the forest in the Project Area needs to be stratified, follow the stratification procedure available in annex
<p>CALCULATION</p>	<p>If referring to a forest without statistically defined strata:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Establish the components of the project's forest biomass: <ul style="list-style-type: none"> ○ Above ground (AGB); ○ Below soils or roots (BGB); ○ Total (GTC + BGB). ● Estimate the “net” stock, that is, subtract the ‘necromass’ (dead trees sampled in the inventory):

¹⁷ Site-specific equation is fitted based on primary data from the project area.

¹⁸ The dominant height is considered the average height of the 10% thickest trees, according to Higuchi (2015).

	$net\ stock_{AGB} = \sum AGB_{lives} - \sum AGB_{necromass}$ <ul style="list-style-type: none"> • Based on statistical tools, calculate the stock average per unit area (hectare) with its respective level of uncertainty (confidence interval - CI) • Multiply the minimum estimate (mean - confidence interval) of the stock and the Project Area (PA): $Carbon\ Credit = \left(\overline{x_{CO2}} - I.C. \right) \times AP$ <ul style="list-style-type: none"> • The generation of annual carbon credits is based on the crediting period, depending on the size of the property: $annual\ generation = \frac{carbon\ credit}{t(years)}$ <p>If referring to a forest with statistically defined strata:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establish the components of the project's forest biomass: <ul style="list-style-type: none"> ○ Above ground (AGB); ○ Below soils or roots (BGB); ○ Total (GTC + BGB). • Estimate the “net” stock per stratum, i.e. subtract the ‘necromass’ (dead trees sampled in the inventory): $net\ stock_{AGB} = \sum AGB_{lives} - \sum AGB_{necromass}$ <ul style="list-style-type: none"> • Based on statistical tools, calculate the average of the stock, per stratum, per unit area (hectare) with its respective level of uncertainty (confidence interval - CI) • Multiply the minimum estimate (mean - confidence interval) of the stock of each stratum by the Area of each stratum of the Project (AP): $Carbon\ Credit = \left(\overline{x_{CO2i}} - I.C. \right) \times AP_i + \left(\overline{x_{CO2i+1}} - I.C. \right) \times AP_{i+1}$ <ul style="list-style-type: none"> • The generation of annual carbon credits is based on the crediting period, depending on the size of the property: $annual\ generation = \frac{carbon\ credit}{t(years)}$
--	--

12. UNCERTAINTIES

CALCULATION	<p>The uncertainty of the estimated mean is given by the variation of the Confidence Interval at a specific probability level, in the case of this methodology, we consider a valid probability level of 95% (ninety-five percent).</p> <p>Calculation method is available in the annex of this document.</p>
WITH DATA COLLECTED IN THE FIELD (IFC)	<p>From basic statistics (WEISS & HASSETT, 1982), normally distributed data are:</p> <ul style="list-style-type: none"> (i) 68.27% between plus or minus 1 standard deviation from the mean; (ii) 95.45% between plus or minus 2 deviations; It is (iii) 99.73% between plus or minus 3 deviations. <p>The exact multiplier of the standard deviation of the mean for the rounded levels of 95 or 99% can be found by integrating the probability density function up to these points under the standard normal curve.</p> <p>Depending on the sampling intensity, the value is “t” (small samples, $n < 30$) or z (large samples, $n > 30$). In the IPCC guide, the multiplier is 2 for the 95% level or 3 for the 99% level, regardless of sampling intensity.</p> <p>For reporting purposes of estimates of carbon stocks in the forest, the uncertainty can be objectively characterized by the Confidence Interval, estimated with a probability of 95%, calculated based on the sampling carried out.¹⁹</p>
ONLY WITH REMOTE SENSING DATA	<p>Using only remote sensing data does not produce uncertainty estimates.</p> <p>Therefore, Remote Sensing must be combined with data from sample forest inventories (or census).</p>
STOCK AVERAGE VALIDATION	<p>It will always be based on the minimum probable estimate of the confidence interval, that is, the mean minus the uncertainty.</p>

¹⁹ Ideally, the mean uncertainty level is below 10%. The better the sampling, the smaller the error and the greater the amount of carbon credits to be certified.



ANNEX I - METHODOLOGICAL BASIS FOR ESTIMATING BIOMASS AND CARBON STOCKS IN THE FOREST

The main technical point of REDD+ projects. Methods for estimating biomass and carbon stocks in the project's target forest are essential for carbon credit certification. Next, the methodological basis.

Biomass Compartments

Biomass is defined by the weight of the tree, in kilograms (kg) or tons (t), the first being used for individual weight and the second when referring to stocks per area unit (IPCC, 2006). Estimates of stocks per unit area, and especially when extrapolated to a region (such as a tropical country or the Amazon as a whole), are presented in abbreviated form, in grams or tons: (i) million in mega (Mg or Mt) ; billion to giga (Gg or Gt); (iii) trillions in tera (Tg or Tt); and (iv) quadrillions in peta (Pg or Pt) (IPCC, 2006).

According to the National Greenhouse Gas Inventory Guide of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), forest biomass is subdivided into three compartments:

- Aboveground biomass = trunk, branches, leaves, flowers and fruits (AGB);
- Belowground biomass = roots (BGB); It is
- Total Biomass (AGB + BGB).

According to Silva (2007), of the total weight of a tree in the Manaus region, 41.6% is water; of the dry mass weight, 48.5% is carbon. This means that: of the total weight of a living tree, approximately 40% is water and 30% is carbon.

The quantification of the biomass of a tree can be performed by two methods:

1. Direct:

It consists of felling and weighing the trees at fixed area points, later extrapolated to an area unit. For this, it is necessary to cut and fell the individual tree and weigh it on a scale (SILVA, 2007). In addition to being impractical, the estimates generated by this method are not reliable, because they are based on a few plots, small and biasedly chosen.

Due to the dimensions of a tree and the operational scale of a scale, the tree is usually divided into specific compartments: crown, trunk and root system (Figure 1). In the Amazon, it is possible to find trees weighing between a few kilograms (smaller trees) and even individuals weighing tens of tons (SILVA, 2007).

The main result of the direct method is the adjustment of allometric equations, through regression analysis. In the Amazon, the following works are highlighted: Araújo et al. (1999); Silva (2007); Lima et al. (2012).



Figure 1. Images of the field activities of the destructive method of determination of the total weight, above and below the soils of a tree.

2. Indirect:

In the indirect method, estimates are produced from equations and allometric models, associated with data from forest inventories (forest sampling systems).

Based on a sample of the forest, individuals are measured and their estimates calculated using an equation. From the sum of the stock of each sampling unit, the average per area unit (hectare, for example) is extrapolated.

In this method, the average of the stock is estimated with a statistical uncertainty level, calculated using the Confidence Interval of the mean, based on a probability level. More details to follow.

Allometric Equations

Allometry is the study of variations in the forms and processes of organisms and has two meanings (NIKLAS, 1994; GRAHAM, 2003):

- The development of a part of the organism in relation to the development of the whole organism or part of it; It is
- The study of the consequences of size on shapes and processes.

In forestry, it is the study of the whole (biomass and/or carbon) as a function of parts of the whole (Diameter at Breast Height - DBH or H's), that is, adjustment of mathematical equations (functions or models).

Mathematical models can be linear or not, single or multiple input (MARQUET et al. 2005). The model input refers to the number of independent variables (X) used to predict the dependent variable, Y.

- Simple linear models have a graphical representation of a straight line (growing or not).
- Nonlinear models are power-based equations and their relationships are characterized by a scale of invariance (self-similarity) and universality.

Even with so many distinctions, any equation must present, at least, a normalization constant (proportionality), represented by "a"; or by the Greek letter " β_0 ", and the exponent, represented by the letter "b" or " β_n " (SILESHI, 2014).

Nonlinear models are the typical functions of allometric equations, especially for estimating biomass in plants (WEST et al. 1999; SILESHI, 2014). However, in the case of plants (trees), the universal exponent can assume different values according to their respective stages of development (PILLI et al. 2006).

Allometry of Biomass and Carbon in the Amazon

The main and most reliable studies of biomass allometry in the Brazilian Amazon are: SANTOS, 1996; HIGUCHI et al. 1998; ARAÚJO et al. 1999; CHAMBERS et al. 2000 therefore used destructive data, even if some still "incomplete" (only aboveground biomass data).

Belowground biomass data are difficult to collect and for this reason there are not many published works in the Amazon, in addition to Silva (2007), Borges (2010) and Lima et al. (2012).

In the Amazon, there are only records of two studies with destructive data on belowground biomass (SILVA, 2007; LIMA et al. 2012). These models have

produced satisfactory results, with a coefficient of determination (R^2_{aj}) always greater than 0.80 and standard error of the estimate ($Syx\%$) below 10%.

The Coefficient of Determination (R^2_{aj}) is a parameter that evaluates how much an allometric model contemplates the range of variation of the population, ranging from 0 to 1, where 0 does not represent the population and 1 represents perfectly. The standard error of the estimate ($Syx\%$) is the uncertainty margin of the allometric model, given in percentage. The maximum acceptable limit in forest engineering is 10% (ten percent).

In the absence of a 'site-specific' equation, TERO recommends Silva's (2007) equation, adapted based on a "correction factor" (fc), estimated by the relationship between the dominant height (H_{dom}) of the sampled site and the H_{dom} from where the equation was fitted.

The dominant height is determined based on the results found by Higuchi (2015), which suggests that H_{dom} = average height of the 10% thickest trees sampled.

Corroborating with the work of Malhi et al. (2006), Anderson et al. (2009) and Feldpausch et al. (2011), the challenge of using the adjusted biomass equation in the Manaus region (SILVA, 2007) in another region of the Amazon is recognized. Thus, to compensate for the differences between the vertical structure of the forests in the sampled locations, it is recommended to apply a "correction factor" (fc) of the biomass equation through the relationship between the H_{dom} of the Experimental Station of Tropical Silviculture (ZF2) from INPA and H_{dom} from the sampled site, based on the approach suggested by Higuchi (2015), based on the results presented by Lima et al. (2012).

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

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

$$BGB = 0.0469 \times ANDP^{2,4754} \times 0,533 \times fc, \text{ where } R^2 = 0,95 \text{ e } Syx\% = 5,12.$$

where:

BStot = total dry biomass, in kg.

AGB = aboveground dry biomass, in kg.

BGB = dry biomass below ground, in kg.

DBH = diameter at 1.3m from the floor, in cm.

fc = correction factor.

R² = Coefficient of determination.

Syx% = Standard Error of the Estimate, in %.

$$Cabg = AGB \times 0,485$$

$$Cblg = BGB \times 0,464$$

$$Ctot = Cabg + Cblg$$

where:

Ctot = total carbon, em kg.

Cabg = aboveground carbon, in kg.

Cblg = belowground carbon.

The fc is calculated through the ratio between the Hdom of the sampled location and the Hdom of ZF2:

$$fc = \frac{Whom_i}{Whom_{ZF2}}$$

where:

fc = correction factor.

Hdom_i = estimated dominant height for site "i" sampled.

Hdom_{ZF2} = dominant height of ZF2 = 30,2 m²⁰.

IMPORTANT NOTE #01:

Projects may feature "site specific" biomass equation(s). Adjusted based on local data.

The equation(s) must follow the "Measurable, Reportable and Verifiable - MRV" method.

IMPORTANT NOTE #02:

The most used independent variables are Diameter at Breast Height (DBH) and total height. There are authors who defend the inclusion of wood density as an independent variable (OVERMAN et al. 1994; CHAVE et al. 2005; NOGUEIRA et al. 2008).

²⁰ According to Higuchi (2015).

IMPORTANT NOTE #03:

The question that emerges is about the cost-benefit ratio when introducing a variable that is extremely difficult to collect, with high levels of variations and its increase in precision to the model (WIEMANN & WILLIAMSON, 2014). Furthermore, density is a dependent variable.

With regard to the inclusion of height (total and/or stem/trunk) there are two points. The first: in all allometry works in the Amazon, based on destructive data, no substantial difference was observed, in terms of precision ($S_{yx}\%$) and reliability (R^2_{aj}), between the double equations (diameter and height) and single (diameter only) entry. The second: measuring the height of trees in Amazonian forests is a huge challenge, in addition to substantially raising the cost of field work, it also generates more uncertainties due to non-sampling errors when measuring the variable.

Non-sampling errors are errors caused by human error or the equipment/tool used. In sampling works, this is the type of error that must always be avoided, at the risk of invalidating the work. It is not possible to compute or quantify the impact of this type of error in estimating the mean.

Sampling System

There are two basic ways to acquire the desired information about a forest: through the total measurement of the trees (Census) or through sampling. However, forests generally occupy large areas, which makes the census unfeasible (both in terms of time and operational cost), making sampling the best option.

Sampling in forests is given by Forest Inventories (FI). The FIs are activities to describe the quantity and quality of trees in a forest and any and all characteristics of the area where these trees are growing (HUSCH, 1971; HUSCH et al. 1972; LOETSCH et al. 1973; PÉLLICO NETTO and BRENA, 1997; LIMA, 2010).

The use of sampling allows inferences (HUSCH, 1971). This is such an established and consolidated concept that Loetsch et al. (1973) mentioned that: the use of sampling units (plots) is as old as Forest Engineering.

The sample plots may or may not have a fixed area (LOETSCH et al. 1973; PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997). Sampling methods without a fixed area (Bitterlich, Strand, Prodan and 3-P, for example) have no practical application in the Amazon. There are no records of forest inventories performed using this method. The fixed area method has been used since the first published work (OLIVEIRA, 2000).

When it comes to sampling forest inventories, sampling errors are inevitable and, consequently, levels of uncertainty. But, it is providential that measures are taken so that this error is controllable and computable.

The most common way of presenting the error in forestry works is through the “standard error of the mean” or the “confidence interval” (HUSCH, 1971).

Depending on the forest and the area to be sampled, it may be necessary to stratify the forest, through two methods: according to “variance” or according to “forest class”. According to Péllico Netto and Brena (1997), the main objective in stratifying a population is to reduce variance within strata and sampling costs.

The two main sample distribution methods are random and systematic.

In the Amazon, Higuchi (1987) compared the two methods in an area of terra firme forest in the Manaus region and confirmed that the use of systematic sampling was more accurate and less expensive.

The ideal plot shape for natural forests (Amazon) is rectangular. They generate fewer non-sampling errors and allow for greater sampling of forest variability. The ideal plot size ranges from 1,000 m² and 2,500 m², dimensioned at 10 x 100 m and 20 x 125 m, respectively (HIGUCHI et al. 1982; OLIVEIRA et al. 2014).

For areas of planted forests, with standardized spacing, circular plots are recommended. They cover the largest area by the smallest perimeter, reduce the number of marginal trees (at the edge of the plot area) and are simpler to install. In terms of size, it depends on the spacing. The larger the spacing, the larger the plot radius should be.

Variable of Interest

The variables of interest can be divided into: dependent and independent.

Dependent variables are characterized by being difficult to measure, which need to be estimated through others. Hence the name "dependent".

Independent variables are those that are easy to obtain. They can be measured and/or checked using high-quality tools and equipment. They are used to estimate, through allometric equations, the dependent variables.

They are:

Table 1. Relationship of variables considered to determine the carbon stock in an area of tropical forest in the Amazon.

variable name	variable type	Unit of measurement	Description
Forest area	Independent	Hectares (ha)	Any estimate of carbon stock in a forest is given per unit area, most commonly in hectares (ha), with one (1) hectare or ten thousand square meters (10,000 m ²)
Spectral reflectance	Independent	Nanometer (nm)	The extrapolation of estimated averages per unit area, for the entire forest, is carried out through remote sensing and geoprocessing of aerial images
Spatial resolution	Independent	Meter (m)	Refers to the size of a pixel on the ground. It is the ability of the sensor to see objects in relation to their size. A satellite image with a resolution of 30 cm can capture ground detail greater than or equal to 30 cm by 30 cm. Based on this definition, images with a spatial resolution of 30 cm capture more surface detail than images with a resolution of 1 m. Therefore, the higher the resolution, the lower the image and object detail level.
Diameter at 1.3m from the floor (DBH)	Independent	Centimeter (cm)	Measurement of the diameter of the tree trunk in the standard position (1.3 m from the ground), which can be measured at higher heights, provided there are physical impediments in the original position.
Total height (Ht) and shaft (Hf)	Independent	Meter (m)	Measurement of the total height (Ht) or the trunk (Hf) of the tree. Ht is height to the highest part of the canopy. Hf is the height to the top of the canopy.

variable name	variable type	Unit of measurement	Description
Dominant height (Hdom)	Dependent	Meter (m)	Average of the total heights of the 10% of the dominant individuals of the site
Correction factor (fc) of the biomass & carbon equation	Dependent	-	Relationship between the Hdom of the sampled site and the Hdom of the site where the equation was developed
Fresh aboveground biomass (BFabg)	Dependent	metric ton (t)	Weight or mass of the aerial part of the tree (trunk, branches, leaves, flowers, fruits and seeds), considering the water in the structure
Fresh Belowground Biomass (BFblg)	Dependent	metric ton (t)	Weight or mass of tree roots, considering the water in the structure
Total fresh biomass (BFtot)	Dependent	metric ton (t)	Total weight or mass of the tree (aerial + roots), considering the water in the structure
Aboveground dry biomass (AGB)	Dependent	metric ton (t)	Weight or mass of the aerial part of the tree (trunk, branches, leaves, flowers, fruits and seeds), discounting the water in the structure
Dry biomass belowground (BGB)	Dependent	metric ton (t)	Weight or mass of tree roots, discounting water in the structure
Total dry biomass (BStot)	Dependent	metric ton (t)	Total weight or mass of the tree (aerial + roots), excluding water in the structure
Aboveground carbon (Cabg)	Dependent	metric ton (t)	Weight or mass of carbon stored in the aerial part of the tree (trunk, branches, leaves, flowers, fruits and seeds)
Belowground carbon (Cblg)	Dependent	metric ton (t)	Weight or mass of carbon stored in tree roots

variable name	variable type	Unit of measurement	Description
Carbon total (Ctot)	Dependent	metric ton (t)	Total weight or mass of carbon stored in the tree (aerial + roots)
Aboveground Carbon Dioxide equivalent (CO2eq.abg)	Dependent	metric ton (t)	Weight or mass, in carbon dioxide equivalent, stored in the aerial part of the tree
Belowground Carbon dioxide equivalent (CO2eq.blg)	Dependent	metric ton (t)	Weight or mass, in carbon dioxide equivalent, stored in tree roots
Total carbon dioxide equivalent (CO2eq.tot)	Dependent	metric ton (t)	Total weight or mass, in carbon dioxide equivalent, stored in the tree (aerial + roots)

Statistic

To quantify forest biomass/carbon stocks, statistical inference tools are needed. Statistics is the field of mathematics that relates facts and numbers in which there is a set of methods that allow us to collect data and analyze them, so that it is possible to perform some interpretation of them.

Table 2. Statistical parameters, their descriptions and mathematical formulas.

Parameter	Description	Formula
Average	Sum of all observations divided by the total number of observations	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$
Variance (s ²)	Sum of squared deviations	$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$

Parameter	Description	Formula
Standard Deviation(s)	Measure of dispersion of the observed values in relation to the average	$s = \pm \sqrt{s^2}$
Standard Error	It is the measure of variation of a sample mean in relation to the population mean.	$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$
Confidence Interval	Mean variation as a function of population variability at a specific confidence level, commonly 95%	$\bar{x} \pm z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
Sum of Corrected Squares of the dependent variable "Y"	Measure of variation of the variable's mean	$SQC_y = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n}$
Sum of Corrected Squares of the independent variable "X"	Measure of variation of the variable's mean	$SQC_x = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}{n}$
Sum of Corrected Products	It is the product between the independent and dependent variable, used to estimate the Correlation Coefficient	$SPC_{xy} = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{\left(\sum x_i\right) \times \left(\sum y_i\right)}{n}$
Correlation coefficient	Measures the degree of correlation between the independent variables with the dependent one	$r = \frac{SPC_{xy}}{\sqrt{SQC_x SQC_y}}$

Stratification

The main objective in stratifying a population is to reduce variance within strata, increase estimation accuracy, and optimize sampling.

Stratification of the forest can be carried out by two methods: by the “variance” of the data or according to the “forest class”:

- By variance:
 - It depends on a preliminary sampling;
 - Low cost/benefit ratio;
 - May generate biased information/estimates.
- By forest class:
 - It depends on remote sensing and geoprocessing of satellite images from different sensors (RGB and Near Infrared, for example);
 - Optimizes sampling through pre-planning;
 - Increases estimation reliability and reduces uncertainties.

However, even if the remote characterization of the forest points to evidence of different forest classes, it is necessary to apply a statistical test to prove the difference. If the test does not identify a significant statistical difference, the stratification of the sample and the inference statistics becomes unnecessary. Of the tests, the most applied by forest engineering is the Analysis of Variance (ANOVA), followed by a Tukey post hoc test.

Analysis of Variance (ANOVA)

ANOVA is a mean comparison test. Applied to understanding the nature of natural variation from different sources or testing hypotheses. In this case, we have:

Hypothesis:

H0: All strata have statistically equal stock averages;

H1: Not all strata have statistically equal stock averages.

To test this hypothesis, we must develop the “ANOVA table”.

Chart 1. Analysis of variance chart - ANOVA.

SOURCES OF VARIATION	GL	SQ	MQ	F
In between	k - 1	$SQE = \sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2$	$MQE = \frac{(SQE)}{(k-1)}$	$F = \frac{MQE}{MQR}$
Residue	n - k	$SQD = \sum_{i=1}^n x_{ij}^2 - \frac{\sum_{i=1}^k \left(\sum_{j=1}^g x_{ij} \right)^2}{g}$	$MQD = \frac{(SQD)}{(n-k)}$	
Total	n			

where:

n= total number of observations;

k = number of groups;
 TOF = Sum of Squares Between Groups;
 MQE = Mean Square between groups;
 F = probability F-test.

If the ANOVA presents strong evidence that there is any statistical difference between the means, a Tukey post hoc test is applied to specifically identify which means stand out.

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

where:

q = tabulated value.
 MQR = residual mean square.
 r = number of repetitions.

The result is a correlation probability matrix, for example:

Table 2. Example of a probability matrix for Tukey's test.

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

where:

average i = refers to the population "i" sampled;
 probability values ranging from 0 (**totally different**) a 1 (**identical**).

Stratified Statistics

The mathematical formulas for inference statistics, considering the sampling stratification, are presented by Péllico Netto and Brena (1997), they are:

Table 3. Stratified statistical parameters, their descriptions and mathematical formulas.

Parameter	Description	Formula
Mean per stratum	Arithmetic mean per sampled stratum	$\bar{x}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} X_{ih}}{n_h}$
Stratified mean	Weighted average according to the sampled strata	$\bar{x}_{st} = \sum_{h=1}^L In_h \bar{x}_h$
Variance by stratum	Population variance, by sampled stratum	$s_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (x_{ih} - \bar{x}_h)^2}{n_h - 1}$
Stratified variance	Weighted population variance according to the sampled strata	$s_{st}^2 = \sum_{h=1}^L In_h s_h^2$
Stratified variance of the mean	Weighted variance of the mean of the sampled population	$s_{\bar{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^L In_h^2 \times \frac{s_h^2}{n_h}$
Stratified standard error	Weighted standard error of the sampled population	$s_{\bar{x}(st)} = \sqrt{s_{\bar{x}(st)}^2}$
Stratified sampling error	Weighted sampling error of the inference estimate for the sampled population	$E_r = \pm \frac{t \times s_{\bar{x}(st)}}{\bar{x}_{st}} \times 100$
Confidence interval (95%)	Range of variation of the estimated mean, with a probability of 95%	$I.C. = \bar{x} \pm z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ Where: z = confidence level based on population standard deviation; σ = population standard deviation; n = population size

Extrapolation (Scale up)

Proper georeferencing of trees and plots makes it possible to correlate information from the forest inventory with images from remote sensors at different mapping scales. The acquisition of GPS coordinates is sensitive to the equipment, the collection procedure and the satellite coverage and mainly with

the forest cover (JUN; GUENSLER; OGLE, 2006; RODRÍGUEZ-PÉREZ; ÁLVAREZ; SANZABLANEDO, 2007; SIGRIST; COPPIN; HERMY , 1999).

Combining field information with remote sensing data is done by comparing geographic positions between field data and images, which directly depends on the resolution and spatial scale of the data. The use of multi-sensors for carbon stock estimates is a recommendation (LU et al., 2012), from the local to regional map (TRUMBORE; BRANDO; HARTMANN, 2015; ZHANG et al., 2014) and with control of the error (IPCC 2010).

In terms of recording methods of geographic coordinates of forest inventories vs. geographic coordinate accuracy, Celes et al. (2016) worked on Quality Control and Assurance (QA/QC) and the main points of the study were:

Tested methods

Table 4. Methods for collecting coordinates and positioning of sampling units (plots) sampled in the forest inventory.

method (code)	Description
GPS.M1	Satellite signal stabilization for 1 minute (EST); coordinate record: single point.
GPS. M2	EST; point average (xi) for 1 minute; coordinate record
GPS. M3	EST; xi for 5 minutes
GPS.M4	EST; xi for 10 minutes
GPS.M5	EST; xi for 15 minutes
GPS.Track (MT)	Option “tracking” for 5 minutes
GEO.GPS (MG)	Georeferencing (GeoRef) using points from all trees
Trimble (MTrim.)	Trimble Points

where:

- GPS = Global Positioning System, in English;
- “Trimble” = device for receiving GPS signals of the differential type, with post-processing accuracy of up to 2 m (two meters).

Results

From the analysis carried out, it was concluded that the MG method, using “false coordinates” (inclusion of control points within the plot, that is, trees) generated the most accurate coordinates. The “MT” method was the one that generated the maximum “displacement”, greater than 40 m. Even so, in the comparison analysis of the means (ANOVA) between the methods, no statistically significant differences were found between them, that is, the precision and accuracy of the coordinate is not influenced by the selected method (Table X). Finally, any of the methods generate reliable and verifiable information, being considered valid for REDD+ projects, since displacements do not show a clear trend (Figure 2).

Table 5. Descriptive statistics, mean and maximum displacements of the evaluated methods and the results of the Analysis of Variance (ANOVA) of the means.

ANOVA			Displacement, in meters		Test t - GeoGPS	
Methods			Mean ± I.C. (95%)	Maximum	p-value	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	-	-	-	-

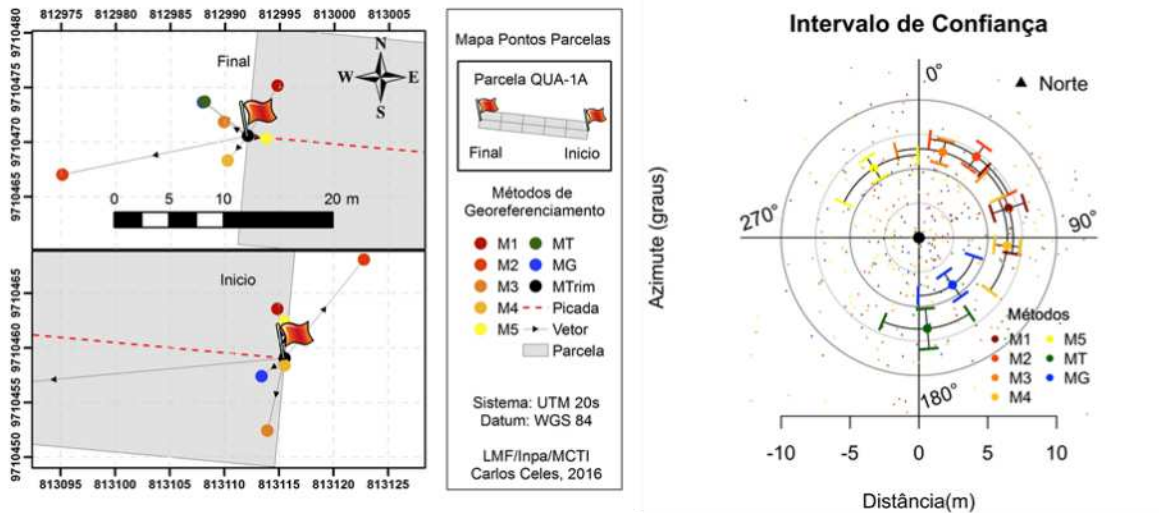


Figure 2. Map showing the different methods of positioning the initial and final points of the plot (left) and graph showing the mean and confidence interval of each georeferencing method of the plot (right).

Types of GPS (Global Positioning System) signal receiver devices most common on the market and capable of producing coordinate records with acceptable levels of uncertainty, provided they are properly operated, are:

- Geodesic:
 - More precise/accurate;
 - High cost;
 - Specialized operation.
- Topographic:
 - High precision/accuracy;
 - Medium cost;
 - Specialized operation.
- Navigation:
 - Verifiable precision/accuracy;
 - Low cost;
 - Simple operation.

In terms of satellite images and/or different sensors, we have:

Table 6. Spatial resolution of optical data.

Spatial resolution range	Nomenclature	sensor systems*
< 1 m	Very high spatial resolution (VHSR)	QuickBird, Planet, WorldView, Pleiades,

Spatial resolution range	Nomenclature	sensor systems*
		ARP
1 m a 10 m	High Spatial Resolution (HSR)	ICONS, SPOT, RapidEye
10 m a 100 m	Medium spatial resolution (MSR)	LandSat, Sentinel, ASTER
100 m a 1.000 m	Low spatial resolution (LSR)	WAYS, MERIS
> 1.000 m	Very Low Spatial Resolution (VLSR)	AVHRR, VAI

Where: m = meter; * examples of sensors available on the market.

Table 7. Platform, sensor, available period and spatial resolution of some satellite imagery providers in the market

Platform	Sensor	period available	spatial resolution
LandSat 5	TM	1984 a 2011	30 m
LandSat 7	ETM+	1999 a 2003	30 m
LandSat 8	OLI/TIRS	From 2013	30 m
LandSat 9	OLI-2/TIRS-2	Starting in 2021	30 m
Sentinel	MSI	From 2014	10 m
Planet	Where	From 2013	3 m

After collecting all the information for carbon mapping, it is necessary to choose the mathematical model that will represent this relationship. Linear, multiple, nonlinear or adjusted models with ordinary least squares, generalized additive model, random forest, and support vector regression (SVR) are used to estimate carbon (LU et al., 2014) (FENG et al., 2017) (LI et al., 2014). The SVR had the best performance in comparison tests of the above models (LI et al., 2014). Complex models are difficult to interpret. Simpler models present greater interpretation of the coefficients and the cause and consequence of the relationship. However, regardless of the chosen models, errors need to be identified, quantified and propagated throughout the process and the effort to reduce them is critical (LU, 2006).

Continuous Forest Inventory

The Continuous Forest Inventory (CFI) is the monitoring of a forest area through the periodic measurement of its population (census) or part of it (sampling). The IFC is essential to assess the dynamic character of a forest's growth, for example, after an exploratory intervention of wood resources (PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997; QUEIROZ, 1998). This procedure results in obtaining a series of fundamental information for decision makers, such as growth, entry, mortality, cutting cycle, succession and stock density, among others.

The main method for monitoring a forest is through sampling on multiple occasions (PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997), in which there are basically four types of sampling processes:

Independent Sampling

In this process, according to Péllico Netto and Brena (1997), the approaches on both occasions are performed independently of each other. On the first occasion, temporary plots (u) are installed, according to the selected method, and on the second occasion, new sampling units (n) are installed, following the same methodology, but in different locations. The use of this process leads to the evaluation only of the differences between the initial and final stocks of the analyzed period and there is no way to evaluate the individual growth of the trees, nor to monitor mortality and/or recruitment rates.

Sampling with Total Repetition

According to Husch et al. (1972), this process is the “concept of using permanent plots and the basis of the Continuous Forest Inventory”. In this, the permanent plots (m) installed on the first occasion are periodically monitored. There is no installation of new plots and no sampled unit is left out of the remeasurement. The main advantage is the monitoring of recruitment, mortality and increment rates of the sampled trees. However, the data are permanently subject to the same levels of bias.

Sampling with Partial Repetition

It is the combination of the two previous processes (HUSCH et al. 1972; PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997). In the forest inventory carried out on the first occasion, permanent (m) and temporary (u) plots are installed. On the second occasion, the permanent plots (m) are remeasured and new temporary plots (n) installed. In this way, individual monitoring of the trees and their respective rates is possible, as well as maintaining a certain independence between the sampled data.

Dual Sampling

Very similar to sampling with partial repetition, however, new temporary plots are not installed on the second occasion. It has the same advantages and disadvantages as sampling with full repetition.

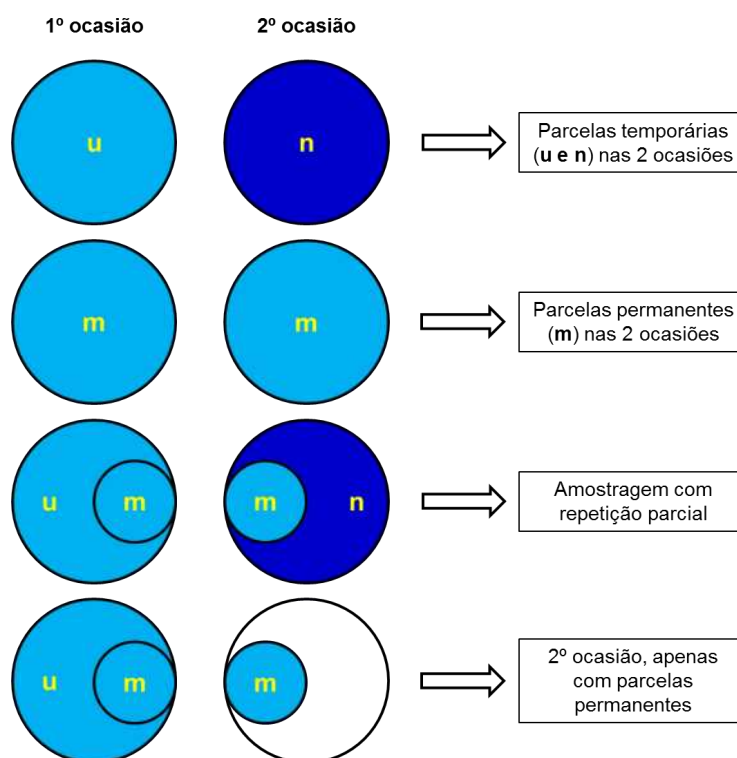


Figure 3. Illustrative scheme of the four types of continuous sampling processes.

Individuals are continuously lost and replaced through local ecological processes, in a balance given by the mortality/recruitment ratio (SWAINE et al. 1987; SWAINE, 1990). This dynamic balance provides the establishment and growth of new species, reflecting on the plant diversity of communities (PHILIPS et al. 1994; REES et al. 2001). Briefly, it can be said that the three main components of forest dynamics are: recruitment, mortality and growth of individuals.

According to Rezende (2002), recruitment refers to the number of new trees that reached and/or exceeded a measurable minimum size in the forest inventory. The exit of individuals from the monitoring system due to their death is called the mortality rate. Finally, growth is the evaluation of the increment of measured dimensions of one or more individuals of a forest in a given period of time. In monitoring tropical forests, these components can only be estimated by remeasuring permanent plots.

Remote Monitoring

Remote monitoring is the periodic monitoring of the vegetation cover of the Project Area (PA). Through satellite images, it is possible to verify the status of the forest, in terms of “occupied area”.

Variations in forest dynamics, forest growth and the like can only be captured and registered through field work, such as forest inventories.

In points:

- An adequate satellite image of the project submission date to TERO is acquired
 - A suitable image is configured that:
 - Has less than 10% (ten percent) cloud cover
 - With less than 30 (thirty) days from the project submission date
 - With spatial resolution of at least 30 m (thirty meters)
 - That includes RGB (visible field) and Near Infrared sensors.
- Every six (6) months, a new, updated image is downloaded
- The vegetation cover is verified, if deforestation points are identified, these are mapped and their extension (area, in hectares) quantified
 - In the case of identified deforestation, the corresponding emissions must be subtracted from the potential credits to be generated in the crediting period
 - If the deforested area results in an emission equal to or greater than 50% of the total potential of carbon credits to be generated in the property, the project will be canceled.

LITERATURES CONSULTED AND THEORETICAL BASIS

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. 999-1

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.

AMARAL, I. L. do; MATOS, F. D. A.; LIMA, J. 2000. Floristic composition and structural parameters of one hectare of dense terra firme forest on the Uatumã River, Amazonia, Brazil. *Acta Amazonica*. 30(3): 377-392.

ANDERSON, L. O.; MALHI, Y.; LADLE, R. J.; ARAGAO, L. E. O. C.; SHIMABUKURO, Y.; PHILLIPS, O. L.; BAKER, T.; COSTA, A. C. L.; MIRROR, J. S.; HIGUCHI, N.; LAURANCE, W. F.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; MONTEAGUDO, A.; NUNES-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.; JIMENEZ, E.; NAVARRETE, D.; ALMEIDA, S. COSTA, A. C. L.; SALINAS, N.; PHILLIPS, O.L.; ANDERSON, L.O.; ALVAREZ, E.; BAKER, T.R.; GONÇALVES, P.H.; HUAMAN-OVALLE, J.; MAMANI-SOLÓRZANO, M.; MEIR, P.; MONTEAGUDO, A.; PATINO, 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.

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. Effect of different levels of logging and

silvicultural treatments on the dynamics of the remaining forest stand. Anais: Seminar Dynamics of Tropical Forests. Bethlehem, 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. Volume equation for trees in a dense tropical forest in the municipality of Anapu, western Pará state, eastern Amazon. *Journal of Agricultural Sciences*. Bethlehem, no. 51, p. 115-126.

BATISTA, J. L. F.; MARQUESINI, M.; VIANA, V. M. 2004. Volume equations for caxeta trees (*Tabebuia casinoides*) in the state of São Paulo and south of Rio de Janeiro. *Scientia Florestalis*. No. 65. 162-175.

BORGES, C. P. I. Allometric equations to estimate biomass of forested campinaranas in the Manaus region, Central Amazon. Master's dissertation, National Institute of Amazonian Research. Manaus, Xp. 2010

BRAGA, P.I.S. 1979. Phytogeographic subdivision, vegetation types, conservation and floristic inventory of the Amazon Forest. *Acta Amazonica*. Suppl., Manaus, v. 9, no. 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.

BRAZIL. Constitution of the Federative Republic of Brazil, 1988. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm.

BRAZIL. Constitution of the State of Amazonas, 1989. Available at: http://www.camara.gov.br/internet/interacao/constituicoes/constituicao_amazonas.pdf.

BRAZIL. Law n. 5,449 of June 4, 1968. Declares in the interest of national security. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L5449.htm.

BRAZIL. Law n. 9,985 of July 18, 2000. Establishes the National System of Nature Conservation Units. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm.

BRAZIL. Law n. 12,651 of May 25, 2012. Establishes the New Brazilian Forest Code. Available at: 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. Forest measurement: questions and answers. Viçosa, MG: UFV. 2002. 407 p.

CARNEIRO, V. M. C. Floristic composition and structural analysis of primary terra firme forest in the Cueiras river basin, Manaus – AM. Master's dissertation, National Institute of Amazonian Research. 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. Assurance and quality control (QA/QC) of georeferencing in forest inventories in the Amazon. 2016. *Anais do III Mensuflor*, Volume 1, Number 1, pg. 424-428

CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMMEL, 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. Determination of volume, form factor and percentage of individual tree houses in an open rainforest in the northwest region of 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. Volume equation models and hypsometric relationships for eucalyptus plantations in the state of São Paulo. *IPEF*, n.37, p.33-44.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; BRAZ, E. M. 2006. Study of the dynamics of managed forest in the community forest management project of PC Pedro Peixoto in the Western Amazon. *Acta amazon*. 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. Final Report of the FLONA Diagnostic Forest Inventory of Saracá-Taquera, state of Pará. Brazilian Forest Service. 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. Deforestation in the Amazon: Dynamics, impacts and controls. *Acta Amazonia*. Manaus, v. 36, no. 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.; ALEXIADS, M.; ALMEIDA, S.; AMARAL, I.; ANDRADE, A.; ARAGAO, L.E.O.C.; MURAKAMI, A. A.; ARETS, E.J.M.M.; STREAM, L.; AYMARD, G. A. C.; BAKER, T. R.; BANK, 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.; FRANCE, M. B.; FREITAS, M.A.; HIGUCHI, N.; HONORIUS, E.; IIDA, Y.; JIMENEZ, 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.; STOP, A.; PEH, K. S.-H.; PENNA CROSS, A.; PENUELA, M. C.; PITMAN, N. C. A.; PRIETTO, A.; QUESADA, C. A.; RAMIREZ, F.; RAMIREZ-ANGULO, H.; REITSMA, J. M.; RUDAS, A.; SAIZ, G.; SOLOMON, R. P.; SCHWARZ, S.; SILVA, N.; SILVA-MIRROR, J. E.; SILVEIRA, M.; SONKÉ, B.; STROPP, J.; TAEDOUNG, H.E.; TAN, S.; STEEGE, H.; TERBORGH, J.; TORELLO-RAVENTOS, M.; van der HEIJDEN, G. M. F.; VASQUEZ, 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. 3381-3

FENG, Y.; LU, D.; CHEN, Q.; KELLER, M.; MORAN, E.; SANTOS, M. N.; BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M. Examining effective 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. Volume tables for terra firme tropical forest from the INPA Experimental Tropical Silviculture Station. *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. Floristic composition and structure of natural regeneration of secondary lowland forest in the Amazon estuary. *Tree Magazine*. V. 26, no. 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. Systematic sampling versus random sampling in terra firme tropical rainforest in the Manaus region. *Acta Amazonica*, 16/17 (single): 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. Using the "jackknife" method to estimate wood volume in the Amazon rainforest. In: Minutes of the 24th Regional Meeting of the Brazilian Association of Statistics and 12th Statistic Week. Manaus, AM, April 22-24, 1992. pp. 42-56.

HIGUCHI, N. Unsustainable deforestation in the Amazon. *Science Today*. v. 39, p. 67-71, Ed. November – 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. Sample plot size for forest inventories. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 12, no. 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.; COIC, A.; MINETTE, L. J. 1997. Growth and Increment of an Experimentally Managed Terra-Firme Amazonian Forest In: *Forest Nutrient Biomass*. INPA/DFID, Manaus, p. 89-132.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. 1998. Aboveground vegetation biomass of the upland humid tropical forest of the Brazilian Amazon. *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. Dynamics and carbon balance of primary vegetation in Central Amazonia. *Forest*. 34(3) 295-304.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; LIMA, A.J.N.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; TRIBUZY, E. S. Sustainable forest management in the Brazilian Amazon. Manaus, p. 140-155, 2006.

HIGUCHI, M. I. G.; HIGUCHI, N. (eds). *The Amazon rainforest and its multiple dimensions: a proposal for environmental education - 2nd. revised and expanded edition*. Manaus: INPA/FAPEAM/CNPq/INCT, 2012. 424p.

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. Logging activity in the Brazilian Amazon: production, income and markets. Brazilian Forest Service, Institute of Man and Environment of the Amazon. 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. Technical manual of Brazilian vegetation. 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. Available at <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. Structure of the humid equatorial forest at the INPA tropical forestry experimental station. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 16/17, no. single, p. 411-507.

JIANG, L.; BROOKS, J. R.; WANG, J. 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-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 trends of the carbon 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: element mobility during intense weathering. *Chemical Geology*. 24. 211-229.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. 2005. The logging expansion in the Amazon. *The State of the Amazon*, 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. Evaluation of a continuous forest inventory system in managed and unmanaged areas in the state of Amazonas (AM). 183 p. Thesis (Doctorate in Tropical Forest Sciences). Inst. Country of Research Amazon (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 publishing company. 2nd edition. Vol. II. 1973. 469 p.

LOPES, U. B. Physical, chemical and ecological aspects of natural mixtures of physicochemically different waters in the Amazon. 49 p. Doctoral thesis. INPA–Postgraduate in Biological Sciences. 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. *Dendrometry*. 2nd edition. Guarapuava: Editora Unicentro, 2006. v. 1-2ed.. 316p.

MACHADO, S.A.; FIGURE, M.A.; SILVA, L. C. R.; TÉO, S.J.; STOLLE, L.; URBANO, E. 2008. Volumetric modeling for bracatinga (*Mimosa scabrella*) in stands in the Metropolitan Region of Curitiba. *Brazilian Forest Research*. Columbus, no. 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.; TOGNETTI, 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. Ecological analysis of one hectare in a dense rainforest on terra firme, varzea road, Amazonas, Brazil. *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.

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.; ARAGAO, L. E. O. C.; STREAM, L.; AYMARD, G.; BANK, O.; BONAL, D.; BROWN, S.; BROWN, F. I.; CERON, C. E.; FLAME MOSCOW, V.; CHAVE, J.; COMISKEY, J. A. ; CORNEJO, F.; CORRALES MEDINA, M.; Costa, L.; COSTA, F. R. C.; The FIORE, A.; DOMINGUES, T. F.; ERWIN, T. L. ; FREDERICKSON, T.; HIGUCHI, N.; CROWNED HONOR, E. N.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, W. F.; LEVIS, C.; MAGNUSSON, W. E. ; MARIMON, B. S.; MARIMON JUNIOR, BH; MENDOZA POLO, I.; MISHRA, P.; BIRTH, M. T.; NEILL, D. ; NUNEZ VARGAS, MP; PALACE, W. A.; STOP, A.; BROWN MILL, G.; ROCK-CLAROS, M.; PITMAN, N.; PERES, C. A.; PORTER, L.; PRIETO, A.; RAMIREZ- NGULO, H.; BELT BELT, Z.; ROOPSIND, A.; ROUCOUX, K. H.; RUDAS, A.; SOLOMON, 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-TOWER, E.; VOS, V.A.; WANG, O.; ZARTMAN, C.E. ; MALHI, Y.; PHILLIPS, O. L. 2014. Markedly divergent estimates of Amazonian 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.; FEARNESIDE, 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. Quantitative inventories of trees in terra firme forests: History focusing on the Brazilian Amazon. Acta amazonica. 30(4): 543-567.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L. 2004. Floristics and phytosociology of a slope forest in Central Amazonia, Amazonas, Brazil. Acta Amazonica. Manaus, v. 34, no. 1, p. 21-34.

OLIVEIRA, L. C.; COUTO, H. T. Z.; SILVA, J. N.; CARVALHO, J. O. P. 2005. Effect of logging and silvicultural treatments on floristic composition and species diversity in an area of 136ha in the Tapajós National Forest, Belterra, Pará. Scientia Forestalis. No. 69, p. 62-76.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L.; RAMOS, M. B. P.; NOBRE, A.D.; COUTO, L.B.; SAHDO, R. M. Floristic-structural composition and diversity of one hectare of terra firme dense forest in Central Amazonia, Amazonas, Brazil. Acta amazonica. 2008. Vol. 38(4): 627-642.

OLIVEIRA, M. M.; HIGUCHI, N.; CELES, C. H.; HIGUCHI, F. G. 2014. Size and shapes of plots for forest inventories of tree species in the Central Amazon. Forest Science. Santa Maria, v. 24, no. 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. Forest inventory. Curitiba: Edited by the authors, 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. Phytosociological survey in a “lowland forest” area at the Tropical Silviculture Experimental Station – INPA – Manaus – Amazonas. Acta amazonica. 6(3): 301-318.

PRANCE, G.T.; RODRIGUES, W. A.; SILVA, M. F. 1976. Forest inventory of one hectare of terra firme forest at km 30 of the Manaus – Itacoatiara road. Acta amazonica. 6(1): 9-35.

QUEIROZ, W. T. Sampling techniques in forest inventory in the Tropics. Bethlehem: FCAP. Documentation and Information Service. 1998. 147 p.

RADAMBRASIL. National Integration Program. Survey of Natural Resources. 1978. V. 14 (Alto Solimões) – RADAM (project) DNPM, Ministry of Mines and Energy. Brazil. 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. Floristic similarity between the arboreal stratum and the natural regeneration of a secondary forest, in the

municipality of Bragança, northeast of the state of Pará. *Brazilian Journal of Agroecology*. 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. Diversity, structure, dynamics and growth prognosis of a cerrado sensu stricto subjected to different disturbances by deforestation. Doctoral thesis, Federal University of 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 of the Ducke Reserve: a guide to the identification of vascular plants in a terra-firme forest in Central Amazonia. Manaus: INPA. P. 816, 1999.

ROCHA, J. de A. Fallen wood as an opportunity for community forest management in protected areas in Amazonas, Brazil. Master's dissertation, National Institute of Amazonian Research. 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. Volumetric models for the Tapirapé-Aquirí National Forest, 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. The economic value of managed logging in the Lower Amazon, state of Pará. *Tree Magazine*. Vol. 36, no. 3, p. 527-536.

SANTOS, H.M; RIBEIRO, M. N. G. 1988. The hydrochemistry of the Solimões River – Amazonas. *Acta amazonica*. 18(3-4): 145-172.

SANTOS, J. dos. Analysis of regression models to estimate the phytomass of the upland tropical rainforest of the Brazilian Amazon. 121 p. Doctoral Thesis - Federal University of Viçosa, Minas Gerais. 1996.

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. Guidelines for installing and measuring permanent plots in natural forests in the Brazilian Amazon. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: il., 2005. 69 p.

SILVA, R. P. da. Allometry, stock and biomass dynamics of primary and secondary forests in the region of Manaus (AM). 152 p. Doctoral thesis. Integrated Graduate Program in Tropical Biology and Natural Resources (INPA), Manaus, 2007.

SILVA, E. N.; SANTANA, A. C.; QUEIROZ, W. T.; SOUSA, R. J. 2011. Estimation of volumetric equations for trees of commercial value in Paragominas, state of Pará. *Amazon: Science and Development*. Bethlehem, 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. Deforestation Scenarios for the Amazon. *Advanced Studies*. 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. 302-3

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 (Amazon Cooperation Treaty). Amazonia Without Myths. Commission on Development and Environment for Amazonia. Quito - Ecuador, p. 99, 1992.

TER STEGE, H.; PITMAN, N. C. A.; SABATIER, D.; BARALOTO, C.; SOLOMON, R. P.; GUEVARA, J. E.; PHILLIPS, O. L.; CASTLE, C. V.; MAGNUSSON, W. E.; MILL, J-F.; MONTEAGUDO, A.; VARGAS, P.N.; MONTHER, J. C.; FELDPAUSCH, T.R.; CROONED, E. N. H.; KILLEEN, T. J.; MUSTARD, 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.; LOPEZ, D. C.; DUIVENVOORDEN, J.F.; MOGOLLON, H. F.; MATOS, F.D. of A.; DAVILLA, N.; GARCIA-VILLACORTA, R.; DIAZ, P.R.S.; COSTA, F.; EMILIUS, T.; LEVIS, C.; SCHIETTI, J.; SOUZA, P.; ALONSO, A.; DALLMEIER, F.; MONTOYA, A.J.D.; PIEDAD, M. T. F.; ARAUJO-MURAKAMI, A.; STREAM, L.; GRIBEL, R. FINE, PVA; PERES, C. A.; TOLEDO, M.; AYMARD, G. A. C.; BAKER, T. R.; CERON, C.; ENGEL, J.; HENKEL, T. W.; MAAS, P.; PETRONELLI, P.; STROPP, J.; ZARTMAN, C. E.; DALY, D.; NEILL, D.; SILVEIRA, M.; WALLS, M. R.; CHAVE, J.; LIMA FILHO, D. of A.; JØRGENSEN, P. M.; SOURCES, 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.; BIRTH,

M. T.; RAMIREZ-ANGULO, H.; SIERRA, R.; SHOT, M.; MEDINA, M.N.U.; HEIJDEN, G. van DER; VELA, C.I.A.; TOWER, E. V.; VRISENDORP, C.; WANG, O.; YOUNG, K. R.; BAIDER, C.; BALSLEV, H.; FERREIRA, C.; MASONS, I.; TORRES-LEZAMA, A.; GIRALDO, L. E. U.; ZAGT, R.; ALEXIADS, M. N.; HERNANDEZ, L.; HUAMANTUPA-CHUIMACO, I.; MILLIKEN, W.; BASIN, W. P.; PAULETTO, D.; SANDOVAL, E. V.; GAMRA, 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, 324–3

THAINES, F.; BRAZ, E.M.; MATTOS, P. P.; THAINES, A. A. R. Equations for estimating wood volume for the Ituxi River basin region, Lábrea, AM. *Brazilian Forest Research*. Columbus, v. 30, no. 64, p. 283-289.

THERRELL, M. D.; STAHL, 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 an 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.