



TERO.004, V1.0
METODOLOGIA, AFOLU, ESTOQUE DE CARBONO
TERO CARBON AVALIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES S.A.



TERO.004 - ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL

VERSÃO 1.0

METODOLOGIA, AFOLU, ESTOQUE DE CARBONO

TERO CARBON AVALIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES S.A.

IDENTIFICAÇÃO

METODOLOGIA	TERO.004 - ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS AGROSSILVIPASTORIL
VERSÃO	1.0
STATUS	Aprovada
DATA DA PUBLICAÇÃO	30 de janeiro de 2024 (30/01/2024)
AUTORES	Israel de Jesus Sampaio Filho Cacilda Adélia Sampaio de Souza Valdiek da Silva Menezes Diego César Veloso Rezende Francisco Gasparetto Higuchi
Colaboradores	Juliana Rezende Mello Rafael Ramos Tomás Niro Higuchi
TIPO	AFOLU (Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra)
CATEGORIA	Crédito de Carbono de Remoção
BIOMA	Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pampa e Pantanal
ATIVO GERADO	Crédito de Carbono Verificado (tCO ₂ e)
ATIVIDADES DO PROJETO	<ul style="list-style-type: none">• Manutenção dos Estoques da Cultura Agrícola• Silvicultura
CULTURA AGRÍCOLA	Café

ACRÔNIMOS

AFOLU	Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra, em Inglês, <i>Agriculture, Forestry, and Other Land Use</i>
AGB	Biomassa da cultura acima do solo, em Inglês, <i>Above Ground Biomass</i>
AP	Área do Projeto
APP	Área de Preservação Permanente
ARL	Área de Reserva Legal
AUM	Área de Uso Múltiplo
BAU	Negócios, como sempre, em Inglês, <i>Business as Usual</i>
BGB	Biomassa da cultura abaixo do solo, em Inglês, <i>Below Ground Biomass</i>
Btot	Biomassa da cultura total (AGB + BGB)
CAB	Circunferência da Base à uma altura de até 10,0 cm do solo
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CND	Certidões Negativas de Débito
COP	Conferência das Partes, em Inglês, <i>Conference of the Parties</i>
CO₂e	Dióxido de Carbono equivalente
DAB	Diâmetro da Base à uma altura de até 10,0 cm do solo
DCP	Documento de Concepção de Projeto, em Inglês, <i>Project Design Document</i>
Di	Diâmetro da copa inferior, dada em metros
Dm	Diâmetro da seção média da copa, dado em metros
Ds	Diâmetro da seção superior da copa, dado em metros
DAS	Diâmetro à altura do solo, dado em metros

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, em Inglês, <i>Food and Agriculture Organization of United Nations</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
ht	Altura da planta, dada em metros.
Hd	Altura da copa, dada em metros.
hi	Altura de inserção do primeiro par de ramos plagiotrópicos, dada em metros.
GPS	Sistema de Posicionamento Global, em Inglês, <i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Intervalo de Confiança
IDAM	Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas
IFC	Inventário Florestal Contínuo
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática, em Inglês, <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
LMF	Laboratório de Manejo Florestal
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MRV	Mensurar, Reportar e Verificar
SLB	Título Vinculado à Sustentabilidade (SLB), em Inglês, <i>Sustainability-Linked Bond</i>
SNIF	Sistema Nacional de Informações Florestais
OMM	Organização Meteorológica Mundial

ONU	Organização das Nações Unidas
PF	Pessoa Física
PJ	Pessoa Jurídica
REDD	Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal, em Inglês, <i>Reduction of Emissions from Deforestation and Forest Degradation</i>
REDD+	Redução de Emissões provenientes de Desmatamento e Degradação Florestal, incluindo a conservação e aumento dos estoques de carbono, em Inglês, <i>Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation, plus the sustainable management of forests, and the conservation and enhancement of forest carbon stocks</i>
RPPN	Reserva Particular de Patrimônio Natural
TCPLI	Termo Consentimento Prévio Livre e Informado
UC	Unidade de Conservação
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática, em Inglês, <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>

DEFINIÇÕES

Adicionalidade (IPCC)	<p>Segundo o IPCC, a Adicionalidade de projetos de carbono é definida sob o escopo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) como:</p> <p>Para as florestas: “A adicionalidade é definida como: a redução ou remoção das emissões que não ocorreriam na ausência do projeto. Esta definição de adicionalidade pode ser abrangida para incluir abordagens relacionadas à ‘adicionalidade financeira’, ‘adicionalidade de investimento’ e ‘adicionalidade de tecnologia’.”</p> <p>Para as culturas: “A adicionalidade é definida como: a manutenção das atividades produtivas sustentáveis, empregos e a geração de riqueza local que não ocorreriam na ausência do projeto”.</p> <p>Estas definições adicionais se aplicam principalmente ao conceito de mercado estabelecido no MDL.</p>
Adicionalidade financeira	<p>O financiamento do projeto é adicional ao orçamento disponível para a atividade padrão.</p>
Adicionalidade de investimento	<p>O valor da Unidade de Emissão Reduzida / Emissão Reduzida Certificada deve, significativamente, melhorar o aspecto financeiro e/ou a viabilidade comercial da atividade do projeto.</p>
Adicionalidade de tecnologia	<p>A tecnologia aplicada na atividade do projeto deve ser a melhor disponível para as circunstâncias do local/região do projeto.</p>
Alometria	<p>Estudo das variações das formas e dos processos dos organismos. Do “todo” (carbono) em função de “partes do todo” (DAP ou CAP, por exemplo), ou seja, ajuste de equações (funções ou modelos) matemáticas.</p>
Amazônia Brasileira	<p>Compreende a totalidade dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia e partes dos Estados do Maranhão, Mato Grosso e Tocantins.</p>

Bioma Amazônia	O bioma Amazônia é caracterizado pelas florestas pluviais tropicais e rica biodiversidade, abrangendo um mosaico de fitofisionomias, ecossistemas, fauna e microorganismos, incluindo a bacia amazônica que exerce grande influência hídrica tornando o bioma um dos mais diversos e de grande interesse econômico do planeta.
Bioma Mata Atlântica	O Bioma Mata Atlântica de acordo com IBGE ocupa aproximadamente 13% do território brasileiro. Por se localizar na região litorânea, onde vivem mais de 50% da população brasileira, é o mais ameaçado entre os biomas que ocorrem no Brasil, restando cerca de 27% de sua cobertura florestal original. Foi identificado como a quinta área mais ameaçada e rica em espécies endêmicas do Mundo.
Bioma Cerrado	O Bioma Cerrado ocorre principalmente no Planalto Central Brasileiro, estando presente em Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Distrito Federal, Maranhão, Piauí, Rondônia, São Paulo e Paraná, abrangendo aproximadamente 24% do território brasileiro. O Cerrado é reconhecido como a Savana mais rica do mundo em biodiversidade com a presença de diversas tipologias vegetais de riquíssima flora com mais de 10.000 espécies de plantas.
Bioma Caatinga	O Bioma Caatinga abrange várias tipologias vegetais na Região Nordeste, ocupando uma área aproximada de 10% do território nacional, se estendendo pelos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. Embora esteja localizado em área de clima semi-árido, apresenta grande variedade de paisagens, relativa riqueza biológica e espécies endêmicas.

<p>Bioma Pampa</p>	<p>O Bioma Pampa com uma área aproximada de 2% do território nacional, abrange a metade sul do Estado do Rio Grande do Sul e constitui a porção brasileira dos Pampas sul-americanos que se estendem pelos territórios do Uruguai e da Argentina. Ele faz limite apenas com o Bioma Mata Atlântica é formado por quatro conjuntos principais de vegetação de campos, compostas por ervas e arbustos, situadas nas áreas geográficas conhecidas como Planalto da Campanha, Depressão Central, Planalto Sul-Rio-Grandense e Planície Costeira. Em toda a área de abrangência do Bioma Pampa, a atividade humana propiciou uma uniformização da cobertura vegetal que de um modo geral é usada como pastagem natural ou ocupada com atividades agrícolas principalmente o cultivo de arroz.</p>
<p>Bioma Pantanal</p>	<p>O Bioma Pantanal ocupa aproximadamente 2% do território nacional e abrange parte dos Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. As tipologias de vegetação do cerrado são predominantes neste bioma, ocorrendo também vegetação semelhante à caatinga e pequenas áreas com florestas. Entretanto, o Bioma Pantanal é reconhecido como a maior planície de inundação contínua do Planeta Terra, o que constitui o principal fator para a sua formação e diferenciação em relação aos demais biomas.</p>
<p>Biomassa da cultura (IPCC, 2006)</p>	<p>A biomassa é subdividida em três compartimentos: Biomassa Total (Btot), Acima do solo (AGB) e Abaixo do solo (BGB).</p> <p>A biomassa é definida pelo peso da planta, em quilos (Kg) ou toneladas (t), sendo que a primeira é utilizada para o peso individual e a segunda quando se refere a estoques.</p> <p>Pode ser dada como biomassa “fresca” ou “seca”, onde a primeira considera a presença da água na matéria e a segunda é considerando a massa secada em estufa até peso constante.</p>
<p>Clima (IPCC, 2021)</p>	<p>Definido com a média de estatísticas descritivas do tempo de um período mínimo de 30 anos, segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM).</p>

Crédito de Carbono (tCO₂e)	<p>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 (tCO₂e), que tenha sido reconhecido e gerado como crédito no mercado voluntário ou regulado.</p>
Enriquecimento com árvores	<p>Segundo a <u>Embrapa</u>: Consiste na introdução de espécies, principalmente dos estádios finais da sucessão ecológica, em áreas com melhores condições do solo já com presença de vegetação nativa, porém com baixa diversidade de espécies. É uma técnica que deve ser proposta para preencher espaços com falhas da regeneração natural.</p>
Estoque de Carbono (tCO₂e)	<p>Ativo financeiro, ambiental, transferível e representativo da manutenção ou estocagem de uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e), assim compreendidos todos os meios de depósito de carbono, exceto em gases de efeito estufa, presentes na atmosfera.</p>
Estoque de carbono ou Reservatório de carbono na cultura	<p>É a quantidade estimada de carbono presente na cultura que compõem o sistema em questão. Pode ser apresentado por meio de uma média estimada, seguida de sua margem de incerteza ou em termos absolutos, quando refere-se à área total.</p> <p>Podem constar na quantificação do estoque o carbono de culturas, plantas vivas e mortas, arbustos e outros organismos vegetais, além do carbono nos solos.</p> <p><u>Estoque de carbono líquido</u> é a quantidade de carbono estocada na cultura correspondente ao estoque dos organismos vivos subtraído da biomassa morta (plantas mortas e serrapilheira).</p> <p>O estoque é dado em unidade de área, abreviadas por gramas ou toneladas: (i) milhões em mega (Mg ou Mt); bilhões em giga (Gg ou Gt); (iii) trilhões em tera (Tg ou Tt); e (iv) quatrilhões em peta (Pg ou Pt).</p>

<p>Floresta</p>	<p>A definição de florestas pode variar de acordo com a fonte.</p> <p>Segundo a <u>FAO</u> e <u>SNIF</u>: <i>Floresta é todo conjunto vegetacional que se estende por mais de 0,5 hectare (0,005 km²) e é formado por árvores com estatura superior a cinco metros, além de uma cobertura de copa maior do que 10%. Não estão incluídas nessa definição as áreas com diferentes usos do solo, como superfícies agrícolas ou urbanizadas.</i></p> <p>Segundo o <u>IBGE</u>: <i>As florestas caracterizam-se pelo adensamento de árvores altas, com redução da quantidade de luz que chega ao solo, o que limita o desenvolvimento das sinúsias herbácea e arbustiva.</i></p> <p>Segundo <u>Higuchi et al. (2012)</u>: A floresta é um ecossistema formado por organismos vivos, como seres humanos, plantas arbóreas, animais e microorganismos, que fornecem uma rede permanente de co-benefícios e serviços; que suporta, fortalece e protege o desenvolvimento e a qualidade da vida; que interage entre si e com o meio (fatores abióticos como: clima, solos, luz etc.) em que se encontra.</p>
<p>Sistemas de cultivo e produção</p>	<p>Segundo a Embrapa:</p> <p>O Sistema de cultivo refere-se às práticas comuns de manejo associadas a uma determinada espécie vegetal, visando sua produção a partir da combinação lógica e ordenada de um conjunto de atividades e operações.</p> <p>O sistema de produção é composto pelo conjunto de sistemas de cultivo e/ou de criação no âmbito de uma propriedade rural, definidos a partir dos fatores de produção (terra, capital e mão-de-obra) e interligados por um processo de gestão.</p>

<p>Governança</p>	<p>É a ação ou forma de governar (definição de 'governance', do Dicionário Oxford).</p> <p>A Governança compreende todos os processos de "governar" sobre um sistema social ou através de regras, normas e ações são estruturadas, sustentadas, reguladas e responsabilizadas.</p> <p>Para fins de Projetos de crédito de carbono, a Governança de um imóvel rural é estabelecida pelo responsável pelo imóvel e/ou quem irá implementar as ações e atividades necessárias para assegurar a manutenção da produtividade agrícola, com os investimentos em projetos de desenvolvimento sustentável.</p>
<p>IC (x %)</p>	<p>Intervalo de confiança, à uma probabilidade de x%. Níveis de probabilidade padrões: 90%, 95% e 99%.</p>
<p>Imóvel Regular</p>	<p>O imóvel precisa estar <u>devidamente documentado</u> e com macrozoneamento realizado no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e <u>sem sobreposições com outras áreas</u>, públicas ou privadas.</p>
<p>Incerteza (IPCC, 2006)</p>	<p>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).</p> <p>É o próprio Intervalo de Confiança (IC) sob um certo nível de confiança.</p> <p>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.</p>

<p>Linha de Base</p>	<p>A definição de linha de base é definida de acordo com os princípios do REDD como um cenário de 'não intervenção', em que na ausência de implantação do projeto, qual seria o destino mais provável da floresta.</p> <p>No entanto, para sistemas agrossilvipastoris já estabelecidos, o cenário contrafactual, ou seja, situação ou evento que não aconteceu, mas poderia ter acontecido é definido como: a ausência de projeto é igual à realidade de fatores/índices socioeconômicos de municípios sem atividade agrossilvipastoril.</p>
<p>Plantio florestal</p>	<p>Área de cultivo de espécies arbóreas, seja para a produção de madeira ou produtos não madeireiros. Pode ser constituído por espécies nativas ou exóticas. Monocultivos ou sistemas mistos e/ou híbridos.</p>
<p>REDD</p>	<p>Modalidade de mecanismo de geração de créditos de carbono, por meio da emissão evitada de Gases de Efeito Estufa (GEE), provenientes de desmatamento florestal.</p> <p>Introduzido nas discussões da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (UNFCCC) na COP 11, em Montreal (2005).</p> <p>Assume quatro condições/premissas básicas:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. Linha de Base - Cenário de ausência de 'projeto' que iria inevitavelmente resultar em emissões de GEE; II. Co-benefícios - Além da emissão evitada, qual impacto positivo adicional o 'projeto' traz; III. Quantificações MRV - Reportar de forma clara e com níveis de incerteza conhecidos as estimativas de carbono; IV. Monitoramento - Acompanhamento do 'projeto'; compromisso de desmatamento zero.
<p>REDD+</p>	<p>Além dos pontos descritos em REDD, o '+' representa atividades adicionais relacionadas com a floresta que protegem o clima, nomeadamente a gestão sustentável das florestas e a conservação e melhoria dos estoques de carbono florestal.</p>

<p>Serapilheira, Serrapilheira ou Liteira</p>	<p>É a camada formada pela deposição dos restos de plantas (folhas, ramos) e acúmulo de material orgânico vivo em diferentes estágios de decomposição que reveste superficialmente o solo ou o sedimento aquático.</p>
<p>Serviços ambientais ou ecossistêmicos</p>	<p>Segundo a <u>Embrapa</u>: São os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas, ou seja, são serviços que o meio ambiente desempenha naturalmente e que resultam em benefícios para os seres humanos.</p> <p>Segundo <u>IPAM</u>: São processos gerados pela própria natureza através dos ecossistemas, com a finalidade de sustentar a vida na Terra. Os serviços ambientais são responsáveis pela manutenção da biodiversidade, o que permite a geração de produtos como a madeira, fibra, peixes, remédios, sementes, combustíveis naturais etc, que são consumidos pelo homem.</p> <p>Segundo o Ministério do Meio Ambiente (<u>MMA</u>): Já os serviços ambientais são atividades humanas individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos. Por exemplo, a restauração de uma área de preservação permanente com o plantio de mudas vai melhorar o ecossistema de vegetação nativa na beira do rio e assim favorecer o serviço de regulação do fluxo de água e de controle da erosão.</p> <p>Segundo a <u>Lei nº 14.119/2021</u>: Serviços ecossistêmicos são benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais</p> <p>Serviços ambientais são atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos.</p>
<p>Silvicultura (Embrapa, 2023)</p>	<p>É o cultivo de florestas, naturais e artificiais, com objetivos de restaurar e/ou melhorar o povoamento de florestas, para atender a exigências específicas do mercado.</p>

Plataforma Tero	Plataforma <u>tecnológica</u> desenvolvida pela Tero Carbon para apoiar os processos de registro, certificação e verificação de projetos geradores de ativos ambientais.
Período de Creditação	É o período temporal onde os ativos ambientais são gerados, oriundos das atividades previstas por esta metodologia.
Uso e Mudança do Uso da Terra e Florestas	Atividade antrópica em áreas de florestas. Implantar uma atividade econômica na terra que envolve o uso racional dos recursos naturais ou a transformação da paisagem em áreas de usos alternativos, como cultivos agropecuários ou remoção da vegetação natural para outros fins.
Vazamento (Leakage)	<p>Segundo IUFRO e <u>UN-REDD Programme</u>: A perda inesperada de benefícios antecipados de carbono devido ao deslocamento de atividades na área do projeto para áreas fora do projeto, resultando em emissões de carbono.</p> <p>Segundo <u>Atmadja & Verchot (2012)</u>; <u>Streck (2021)</u>: É a diminuição ou aumento das reduções e remoções de GEE fora de um projeto ou dos limites de um programa que é direta ou indiretamente atribuível à intervenção implementada dentro desses limites, ou seja, do projeto/programa em si.</p> <p>Segundo <u>UNFCCC</u>: Atende à mesma definição de “displacement” no MDL. O vazamento ocorre quando a contenção do desmatamento e degradação florestal em áreas de implementação de REDD+ leva ao aumento do desmatamento ou degradação florestal em outras áreas.</p>

I - SALVAGUARDAS SOCIOAMBIENTAIS ADOTADAS

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

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

Assim, foram definidas, na 16ª Conferência das Partes (COP), em Cancun, um conjunto de sete salvaguardas socioambientais endereçadas aos Programas Nacionais. Como apoio a estes programas, sempre que o projeto de carbono ocorrer em áreas públicas, onde houver comunidades tradicionais, é necessário comprovar, dentro dos processos de certificação e verificação, as seguintes salvaguardas:

- I. Direito de proteção ao território;
- II. Consulta Livre, Prévia e Informada;
- III. Repartição de benefícios;
- IV. Avaliação de impactos sociais e ambientais;
- V. Incidência de um regime de direito administrativo com o acompanhamento estatal obrigatório, a depender do regime fundiário vigente, sempre resguardados os modos de vida tradicionais.

II - MACROZONEAMENTO DO IMÓVEL

O macrozoneamento do imóvel deve estar dividido em: Área de Reserva Legal (ARL), Área de Preservação Permanente (APP) e Área de Uso Múltiplo (AUM). Áreas consolidadas (desmatamento até 22 de julho de 2008, devidamente credenciados pelo órgão ambiental estadual vigente) serão consideradas AUM.

II.1 Área de Preservação Permanente (APP)

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

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

II.2. Área de Reserva Legal (ARL)

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

De acordo com o Capítulo IV, Seção I, art. 12 da Lei nº 12.651/2012, todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de

Preservação Permanente, observados os percentuais mínimos em relação à área do imóvel. A definição precisa e específica de ARL e suas proporções por bioma/região estão estabelecidas na Lei nº 12.561/2012.

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

Com base na Lei No. 12.651 de 2012 (Novo Código Florestal Brasileiro), o “uso alternativo do solo” é a substituição de vegetação nativa e formações sucessoras (supressão) por outras coberturas do solo, como atividades agropecuárias, industriais, de geração e transmissão de energia, de mineração e de transporte, assentamentos urbanos ou outras formas de ocupação humana.

A substituição da vegetação nativa é vedada nas áreas de APP e ARL. A área passível de supressão se limita a uma porcentagem do imóvel rural. O valor da porcentagem depende do bioma e do tipo de vegetação.

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

Para mitigar essa questão, foi criado o termo “Área consolidada”. Com base na Lei No. 12.651 de 2012 (Novo Código Florestal Brasileiro), a Área Consolidada é a área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio.

II.4. Área de Não Florestas

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

- Água;
- Solos expostos;

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

III - CLASSES DOS IMÓVEIS

Esta metodologia divide o tamanho dos imóveis rurais em “classes”. As três “classes” de imóveis se baseiam nos “superlativos Amazônicos”¹ e a classificação de tamanho de imóveis rurais do INCRA².

Para região amazônica:

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

Para demais regiões do Brasil, serão considerados os padrões do INCRA, em função de “módulos fiscais”.

- Minifúndio: imóvel rural com área inferior à Fração Mínima de Parcelamento;
- Pequena Propriedade: imóvel com área entre a Fração Mínima de Parcelamento e 4 módulos fiscais;

¹ A Amazônia Legal soma um território de aproximadamente 5,4 milhões de km². Isso representa pouco mais de 50% do território brasileiro. Segundo o INCRA, “pequenas propriedades” podem somar até 400 ha. Esses superlativos precisam ser considerados para adequar à realidade local.

² <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal>

- Média Propriedade: imóvel rural de área superior a 4 e até 15 módulos fiscais;
- Grande Propriedade: imóvel rural de área superior a 15 módulos fiscais.

Nota: Pode-se considerar o Módulo fiscal do município, que é uma unidade de medida, em hectares, cujo valor é fixado pelo INCRA para cada município levando-se em conta: (a) o tipo de exploração predominante no município (hortifrutigranjeira, cultura permanente, cultura temporária, pecuária ou florestal); (b) a renda obtida no tipo de exploração predominante; (c) outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam expressivas em função da renda ou da área utilizada; (d) o conceito de "propriedade familiar". A dimensão de um módulo fiscal varia de acordo com o município onde está localizada a propriedade. O valor do módulo fiscal no Brasil pode variar de 5 a 110 hectares³.

³ <https://www.embrapa.br/pt/web/portal/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl>.

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	22
2. ATIVOS GERADOS	22
2.1. Crédito de Carbono Verificado	22
3. ATIVIDADES PREVISTAS	22
3.1. Manutenção dos Estoques da Cultura Agrícola	22
3.2. Silvicultura	24
4. CRITÉRIOS MÍNIMOS	25
5. ELEGIBILIDADE	25
6. ADICIONALIDADE	26
7. PERMANÊNCIA	29
8. SALVAGUARDAS	30
9. LIMITES TEMPORAIS	30
9.1. Período de Duração do Projeto	30
9.2. Início do Projeto	30
9.3. Encerramento do Projeto	30
9.4. Retroatividade	31
9.5. Data de Emissão do Estoque de Carbono	31
9.6. Período de Creditação para Geração de Créditos de Carbono	31
10. PARTICIPANTES DO PROJETO	32
11. IMÓVEL RURAL	33
11.1. Tipo	33
11.2. Limites geográficos	33
11.3. Limites de extensão territorial	33
11.4. Diligência Fundiária	34
11.5. Anuência dos Proprietários ou Consentimento Prévio Livre e Informado	34
11.6. Macrozoneamento do Imóvel Rural	34
11.7. Área do Projeto (AP)	35
11.8. Compromisso de Desmatamento Zero	36
11.9. Inventário Florestal Amostral para Estimativa do Estoque de Carbono na Área do Projeto	36
12. LINHA DE BASE	36
13. QUANTIFICAÇÃO	37
13.1. Orientações para Coleta de Dados Primários e Estimativa de Estoque de Carbono na cultura do café e suas variedades	37

13.2. Inventário Amostral Quantitativo	39
13.3. Cálculo dos Estoque de Carbono de árvores de café e suas variedades Sem Estratos Definidos Estatisticamente	40
13.4. Cálculo dos Estoque de Carbono da cultura do café e suas variedades Com Estratos Definidos Estatisticamente	41
13.5. Cálculo da Incerteza do Estoque de Carbono	42
13.6. Cálculo do Crédito de Carbono Gerado Entre Períodos de Verificação	43
14. BENEFÍCIOS ADICIONAIS (CO-BENEFÍCIOS)	45
14.1. Conservação e preservação da biodiversidade dos biomas	45
14.2. Desenvolvimento Sustentável	46
15. GOVERNANÇA	49
ANEXO I - A BASE METODOLÓGICA PARA ESTIMATIVA DOS ESTOQUES DE BIOMASSA E CARBONO NA CULTURA DO CAFÉ E SUAS VARIEDADES	51
1. Estimativa do estoque de carbono acima e abaixo do solo	54
2. Método direto	55
3. Indireto	57
4. Equações Alométricas	57
5. Alometria de Biomassa e Carbono na Árvore de café	58
6. Determinação de teores de C	60
7. Sistema de Amostragem	61
8. Variável de Interesse	62
9. Estatística	66
10. Estratificação	67
11. Análise de Variância (ANOVA)	68
12. Estatística Estratificada	70
13. Extrapolação (Scale up)	71
14. Inventário Florestal Contínuo	79
ANEXO II - MONITORAMENTO REMOTO E A ANÁLISE DE PERMANÊNCIA	83
LITERATURAS CONSULTADAS E BASE TEÓRICA	84

1. OBJETIVO

O objetivo desta metodologia é a geração de ativos ambientais em projetos que promovam a remoção, manutenção e conservação dos estoques de carbono em sistemas de cultivos agrossilvipastoril em todo território Brasileiro.

2. ATIVOS GERADOS

Esta metodologia prevê a geração do ativo crédito de carbono verificado definido como:

2.1. Crédito de Carbono Verificado

A primeira acreditação é dada na estimativa do “estoque de carbono atual” da cultura. As acreditações subsequentes serão quantificadas com base na diferença do estoque atual e do estoque da acreditação anterior.

O Estoque de Carbono Verificado (em toneladas de dióxido de carbono equivalente - tCO₂e) é referente a quantidade de toneladas de dióxido de carbono equivalente removida da atmosfera e incorporada na biomassa da cultura (ex.: café) no presente momento da aferição. Assim, considera-se que o estoque do primeiro momento gera crédito de carbono de remoção de emissões.

3. ATIVIDADES PREVISTAS

As atividades previstas para esta metodologia são:

3.1. Manutenção dos Estoques da Cultura Agrícola

O proponente deverá planejar e implementar atividades que viabilizem e assegurem a manutenção dos estoques de carbono do cultivo e/ou dos

plantios florestais, durante toda a vigência do projeto e do compromisso de “manutenção da geração de pelo menos um emprego⁴”.

Toda ação que resulte em perda por retirada e abandono da produção da cultura do café será subtraída do estoque. O limite para extinção do projeto e de seu respectivo registro e certificação na plataforma Tero é de 50% (cinquenta por cento) de retirada da área do cultivo. A perda de efetivos de empregos na propriedade que estava estabelecido no início do projeto. Bem como, toda e qualquer atividade ou ação que resulte em emissão de GEE, seja por meio de desmatamento e/ou degradação florestal será contabilizada e debitada do estoque.

Atividades e ações elegíveis e aplicáveis para garantir e assegurar a manutenção dos estoques de carbono na cultura do café por meio da preservação e conservação das atividades produtivas, podem incluir, mas não somente:

- Implantação de Governança no imóvel, como por exemplo:
 - Identificação e demarcação física da área do projeto com placas sinalizadoras e cercas nos limites do imóvel/área do projeto;
 - Implantação de atividade econômica focada em outros produtos:
 - Estímulo à biodiversidade com a proteção e criação de abelhas;
 - Uso de sistemas de captação e armazenamento de água da chuva etc.;
 - Estímulo ao uso de bio defensivos agrícolas;
 - Estímulo ao uso da agricultura regenerativa; e
 - Espaços destinados à visita de escolas técnicas e universidades, ONGs, etc.
- Projeto de recuperação de nascentes.

⁴ Proponentes registrados como “agricultor(a) familiar”, em conformidade com Lei da Agricultura Familiar ([11.326/06](#)), estão isentos dessa obrigatoriedade.

3.2. Silvicultura

O proponente pode considerar plantios florestais para aumentar a taxa de sequestro de carbono na Área do Projeto (AP). Os plantios florestais não precisam ser, necessariamente, comerciais ou representarem uma atividade econômica.

No entanto, os plantios florestais devem obedecer às salvaguardas descritas nesta metodologia e, por exemplo, não serem fruto de ordens judiciais para recuperação de áreas degradadas. Estas, não serão consideradas para a quantificação dos Estoques e Créditos de Carbono.

As atividades e ações elegíveis e aplicáveis para garantir e assegurar a manutenção dos estoques de carbono nas florestas, por meio da silvicultura podem incluir, mas não somente:

- Florestamento de áreas que nunca foram ou que não são florestas por um período mínimo de 10 (dez) anos, contados a partir da data de registro do projeto;
- Reflorestamento de áreas degradadas e/ou desmatadas; e
- Enriquecimento florestal de áreas de florestas naturais, por meio do plantio de mudas de espécies específicas na floresta.

NOTA #1: Projetos que contemplem “enriquecimento florestal” são elegíveis e podem ser considerados como “plantios florestais”.

NOTA #2: Serão admitidos plantios florestais de espécies nativas e/ou exóticas, este último somente no caso de se tratar de um plantio destinado para uso não madeireiro (produção de frutos ou resinagem, por exemplo).

4. CRITÉRIOS MÍNIMOS

Os projetos de carbono em Agricultura, Florestas e Uso do Solo (AFOLU) certificados, precisam atender, necessariamente, a critérios mínimos, como:

1. Pleno cumprimento do Novo Código Florestal (Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012);
2. Imóvel rural devidamente registrado no Cadastro Ambiental Rural (CAR) com macrozoneamento e ausência de sobreposição com outras áreas (públicas ou privadas);
3. Plena titularidade do imóvel rural;
4. Ausência de menção na Lista Suja do Trabalho Escravo do Ministério do Trabalho dos proponentes do projeto e titulares do imóvel rural;
5. Ausência de embargos ao imóvel rural a ser financiado por parte dos órgãos ambientais;
6. Atender acordos setoriais e regionais estabelecidos para a cultura (Moratória da Soja e o Protocolo Verde dos Grãos do Pará);
7. No bioma Cerrado, nenhuma conversão de áreas naturais ocorrida após junho de 2008 (conforme novo código florestal brasileiro).

5. ELEGIBILIDADE

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

LIMITES GEOGRÁFICOS	Os limites das Áreas do Projeto (APs) precisam estar <u>totalmente</u> inseridos no <u>Brasil</u> .
IMÓVEL RURAL ÚNICO	É permitida a utilização de <u>imóvel rural único</u> , ou em agrupamento, ou seja, <u>mosaico</u> .

TIPO DE IMÓVEL RURAL	<ul style="list-style-type: none"> ● Imóvel rural privado; ● Unidades de Conservação (UC) governamental e/ou privada de Uso Sustentável que tenha prerrogativa de geração de ativos ambientais.
TIPO DE CULTURA	<ul style="list-style-type: none"> ● Café (Coffea sp.) e suas variedades; ● Florestas plantadas (plantio florestal), de espécies nativas e/ou exóticas.
TAMANHO MÍNIMO DO IMÓVEL	Pelo menos 5 ha (cinco hectares ou 50.000 m ²), ou um módulo fiscal.
TAMANHO MÍNIMO DA ÁREA DO PROJETO	Pelo menos 1 ha (um hectare ou 10.000 m ²) do cultivo do café.
GARANTIA DE NÃO DUPLA CONTAGEM	A área do projeto não pode ter um projeto de Estoque ou Créditos de Carbono ou qualquer outro ativo ligado ao ativo ambiental Carbono, registrado e/ou certificado por outro “padrão/ metodologia” no mesmo período de acreditação.
ATIVIDADE DO PROJETO	É necessário a execução de, ao menos, uma das atividades previstas nesta metodologia.

6. ADICIONALIDADE

De acordo com a FAO (2023), a agricultura é a principal provedora de alimentos para a população global. Ela fornece uma ampla variedade de produtos, como: grãos, vegetais e frutas. Ainda, possibilita a produção de uma variedade de culturas e produtos que atendem às necessidades nutricionais da população com alimentos de qualidade. Ela cria oportunidades de emprego e geração de renda, contribuindo para a redução da pobreza e o aumento da segurança alimentar em áreas rurais e urbanas. Além disso, ela tem a capacidade de contribuir

significativamente para a mitigação da mudança climática (Souza et al., 2022).

A mitigação ocorre, principalmente, por meio da remoção de GEEs da atmosfera. Por exemplo, o cultivo do café, a agrofloresta e a integração de sistemas agropecuários com florestas podem contribuir para a remoção de carbono, ajudando a mitigar o aumento das concentrações de CO₂ na atmosfera. Estas, além de remover o CO₂ e estocar o carbono, armazenam e emitem vapor de H₂O para atmosfera (Pereira Neto, 2012). Isso leva a manutenção da ciclagem do carbono e da água no ecossistema da paisagem rural e mantém o equilíbrio do microclima.

Aqui é fundamental ressaltar que a agricultura assegura a preservação das florestas. Dentro desse escopo, a obrigação por lei, no qual os produtores rurais mantêm em suas propriedades a área de reserva legal e as áreas de preservação permanente. Isso implica que eles precisam investir em sistemas de produção agrícola sustentável, fortalecendo a preservação de áreas naturais e a biodiversidade dos ecossistemas. Isso não apenas protege a fauna e flora, mas também mantém a estabilidade dos sistemas naturais que são essenciais para a agricultura. Além disso, o produtor rural pode também substituir áreas desmatadas por atividade produtiva de culturas agrícolas rentáveis, gerando emprego e renda.

É nesse contexto, por exemplo, que se apresenta a cultura do café no Cerrado mineiro com grande impacto nos benefícios socioeconômicos e ambientais. O Cerrado é um bioma brasileiro de formação savânica mais biodiversa do mundo. Ele ocupa cerca de 2 milhões de km², o que representa 25% do território nacional (INPE, 2018).

A partir da década de 1970 o Cerrado se transformou em uma nova e importante fronteira agrícola brasileira. Essa transformação modificou os aspectos socioeconômicos e ambientais regionais e impulsionou a produtividade agropecuária, tornando o Brasil um dos principais produtores mundiais de commodities agrícolas (IBGE, 2018). Segundo o IBGE (2022), dos 100 maiores municípios produtores de café no Brasil, 79 se encontram no Estado de Minas Gerais. Estes, predominantemente, no bioma Cerrado.

Observa-se nesse cenário um evidente contraste ao se comparar indicadores socioeconômicos e ambientais entre um município onde se tem forte atividade de produção agro, como o de café, e um município que não tem essa atividade.

Por exemplo, de acordo com o último censo do IBGE (2022), o município de Altamira no Estado do Pará, apresenta Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) igual a 0,665. Altamira ainda apresenta 41.5% da sua população com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa. Em contraste, o município de Patrocínio no Estado de Minas Gerais, apresenta IDHM igual a 0,729, onde cerca de 32.1% da sua população tem rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa.

Ao mesmo tempo, observa-se que a presença da atividade da cultura do café pode influenciar uma diminuição relativa do desmatamento do Cerrado. De acordo com dados de desmatamento disponibilizados pelo PRODES (2023), houve redução da área de desmatamento no município de Patrocínio⁵ desde 2001, onde ocupa a

⁵ PRODES (2023): Patrocínio, MG
<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/cerrado/increments>

379ª posição no ranking de desmatamento no bioma. Em contraste, o município de Altamira⁶ ocupa a 1ª posição do ranking de desmatamento no bioma Amazônia.

Dentro desse contexto, para efeitos de aplicabilidade desta metodologia, entende-se que para o cultivo do café no Brasil, a adicionalidade é definida como: manutenção das atividades produtivas sustentáveis, empregos e a geração de riqueza local que não ocorreriam na ausência do projeto. Além disso, o cultivo do café promove a remoção das emissões de GEE´s, que não ocorreriam na ausência do mesmo.

Dessa forma, na ausência de um projeto sustentável de cultivo agrícola, como o café, co-benefícios socioeconômicos, ambientais e da segurança alimentar não ocorreriam e ainda, colocaria a vegetação em risco de desmatamentos ilegais e/ou para implantação de atividades não sustentáveis.

7. PERMANÊNCIA

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

A Tero Carbon apenas emite os certificados de “créditos e estoque de carbono verificados” após a verificação do cumprimento do objetivo do projeto, ou seja, manutenção do estoque da cultura, bem como da manutenção de pelo menos um emprego direto.

⁶ PRODES (2023): Altamira, PA
<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/amazon/increments>

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

8. SALVAGUARDAS

Todos os projetos certificados e verificados por esta metodologia devem atender as Salvaguardas internacionalmente reconhecidas e descritas neste documento.

9. LIMITES TEMPORAIS

9.1. Período de Duração do Projeto

O período de duração do projeto é ilimitado:

9.2. Início do Projeto

A data de início do projeto é dada pela data da Primeira estimativa de Estoque de Carbono verificada para a Área do Projeto.

NOTA: Entende-se como estimativa de carbono verificada aquela que atender as premissas técnicas desta metodologia, bem como haja a possibilidade de análise do histórico de uso e mudança do solo por sensoriamento remoto ao longo do tempo do projeto.

9.3. Encerramento do Projeto

A data de encerramento do projeto pode ser dada a qualquer momento mediante comunicação formal à Tero Carbon.

9.4. Retroatividade

A presente metodologia considera que o estoque “atual” é a contabilização das emissões removidas da atmosfera e incorporadas na biomassa da cultura.

9.5. Data de Emissão do Estoque de Carbono

A data de emissão do Estoque de Carbono Verificado corresponde a data de verificação ($Data_{T_n}$) do estoque de biomassa da cultura do café e só poderá ocorrer em projetos ativos.

9.6. Período de Creditação para Geração de Créditos de Carbono

O Período da Enésima (n) Creditação, ou seja, o período de aquisição do ativo ambiental Crédito de Carbono Verificado corresponde ao período entre a data da última verificação do estoque de carbono ($Data_{T_{n-1}}$) e a data da verificação do estoque de carbono atual ($Data_{T_n}$):

$$\text{Período da Enésima Creditação} = Data_{T_{n-1}} \text{ à } Data_{T_n}$$

onde:

$Data_{T_0}$ = Data da primeira verificação do estoque de carbono;

$Data_{T_{n-1}}$ = Data da última verificação do estoque de carbono;

$Data_{T_n}$ = Data da verificação do estoque de carbono atual;

$n = 1, 2, 3... T$ (número da verificação, que varia de 1 a T, conforme o período de duração do projeto); e

Enésima = Primeira, Segunda, Terceira... Décima.

NOTA: Os resultados, em termos de remoções de GEE sequestradas (tCO₂e), observados durante o período de creditação irão determinar a quantidade de créditos de carbono verificados que o projeto irá gerar.

10. PARTICIPANTES DO PROJETO

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

<p>PROPONENTE (OPERADOR)</p>	<p>É a entidade responsável pelos ativos ambientais gerados no imóvel rural:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Pode ser Pessoa Física (PF) ou Pessoa Jurídica (PJ); ● Deve ser o representante legal (proprietário) do imóvel rural; ● No caso de o imóvel rural ter mais de um proprietário ou do projeto ser um “mosaico de múltiplos proprietários”: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Apresentar o Termo Consentimento Prévio Livre e Informado (TCPLI) de todos os responsáveis pelo(s) imóvel(is); ▪ O representante legal deve ser devidamente documentado e reconhecido em cartório. ● Precisa estar residido/instalado no Brasil.
<p>DESENVOLVEDOR</p>	<p>É a entidade responsável pelo desenvolvimento do projeto, registro do projeto na Plataforma Tero, coordenação da(s) Equipe(s) Técnica(s) etc., sendo que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Pode ser Pessoa Física (PF) ou Pessoa Jurídica (PJ); e ● Deve existir somente 1 (um) Desenvolvedor para cada Projeto.
<p>IMPLEMENTADOR</p>	<p>É a entidade responsável pela governança do projeto durante o período de execução. Cabe ao implementador executar e/ou coordenar as atividades previstas nas metodologias.</p>

EQUIPE TÉCNICA	<p>É a entidade responsável pela coleta de dados primários (Estimativa do Estoque de Carbono) na área do projeto e/ou atividades ligadas ao socioambiental, responsável pela elaboração do Consentimento Prévio Informado ou quaisquer outras atividades técnicas relativas ao projeto, sendo que:</p> <ul style="list-style-type: none">• Pode ser Pessoa Física (PF) ou Pessoa Jurídica (PJ);• Pode existir mais de uma entidade em cada projeto; e• Pode existir uma Equipe Técnica em cada coleta de dados primários.
-----------------------	---

11. IMÓVEL RURAL

Esta metodologia prevê projeto de carbono em um (1) ou mais (mosaico) de imóveis rurais.

11.1. Tipo

O imóvel rural aceito por esta metodologia pode ser do tipo:

1. Imóvel rural privado, conglomerado, associado; ou
2. Unidade de Conservação (UC) governamental e/ou privada de Uso Sustentável que tenha prerrogativa de uso alternativo da terra.

11.2. Limites geográficos

O imóvel rural deve estar totalmente inserido no território nacional brasileiro.

11.3. Limites de extensão territorial

O imóvel rural deve ter um tamanho mínimo de 5 ha (cinco hectares ou 50.000 m²) e uma área de projeto com tamanho mínimo de 1 ha (um hectare ou 10.000 m²) com a cultura do café e suas variedades.

11.4. Diligência Fundiária

O imóvel rural precisa estar regular, tanto no momento da Certificação, quanto nas posteriores verificações. Para diminuir os riscos de fraudes, para o Processo de Certificação, além das documentações que comprovam a titularidade e regularização do imóvel, perante as Leis vigentes, será solicitado a apresentação de uma peça jurídica com o parecer de Diligência Fundiária realizado no imóvel.

11.5. Anuência dos Proprietários ou Consentimento Prévio Livre e Informado

No caso de imóvel rural privado, é necessária apresentação de um Termo de Anuência dos proprietários do imóvel rural, declarando a intenção de utilizar o imóvel, por livre e espontânea vontade, para a realização do projeto de carbono.

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

11.6. Macrozoneamento do Imóvel Rural

O imóvel rural precisa ter seu macrozoneamento definido e devidamente registrado no Cadastro Ambiental Rural (CAR). Para Unidades de Conservação (UC) os limites do imóvel já foram definidos e registrados nos órgãos competentes. O imóvel precisa ter seus limites espaciais definidos como segue:

- Limites do Imóvel (LI);
- Área de Preservação Permanente (APP);
- Área de Reserva Legal (ARL);
- Área de Uso Múltiplo (AUM);

- Área do Projeto (AP):
 - Deve estar localizada dentro dos Limites do imóvel;
 - Pode ser uma fração ou a totalidade do imóvel;
 - Deve possuir a cultura do café;
 - A área mínima do AP deve ser de 1 ha (um hectare).

O mapa da **Figura 1** mostra um exemplo de macrozoneamento de um imóvel rural.



Figura 1. Exemplo de macrozoneamento de um imóvel rural. Fonte da imagem: google Earth.

11.7. Área do Projeto (AP)

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

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

11.8. Compromisso de Desmatamento Zero

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

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

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

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

12. LINHA DE BASE

O Cenário da linha de base desta metodologia assume que na ausência da cultura do café, a produção de alimentos, oferta e manutenção de empregos, o recolhimento de impostos, a manutenção de indicadores socioeconômicos e ambientais, bem como a prestação de serviços ecossistêmicos serão reduzidos. Isso inevitavelmente acarretará a ausência de governança sobre a área do Cerrado e outros biomas, aumentando o risco de desmatamentos e invasões ilegais.

13. QUANTIFICAÇÃO

Esta seção apresenta a forma de quantificação dos estoques e créditos de carbono da cultura do café e suas variedades aceitos por esta metodologia de forma a atender os padrões internacionais de Mensurar, Reportar e Verificar (MRV).

13.1. Orientações para Coleta de Dados Primários e Estimativa de Estoque de Carbono na cultura do café e suas variedades

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

Para a cultura do café dentro do limite da AP:

- Considerar um sistema de amostragem onde a árvore do café é uma unidade amostral (entre 15 e 30);
- Todas as árvores devem ter suas coordenadas geográficas registradas por meio de aparelhos receptores de sinais de GPS:
 - Ao usar um aparelho de GPS de navegação, o método de registro da coordenada recomendado é:
 - Manter o aparelho receptor de sinais de GPS estacionado no ponto específico por um período de aproximadamente 1 (um) minuto; e
 - Utilizar a ferramenta “média de pontos” por um período entre 2 (dois) e 5 (cinco) minutos.
- Distribuição amostral aleatória ou sistemática;
- Mensuração dos diâmetros ou circunferências à altura da base (DAB ou CAB) das árvores da cultura do café;
- Aplicação de equação de biomassa/carbono para estimar o estoque

individual (de cada árvore) e por unidade de área (hectare):

- A biomassa/carbono individual das árvores de café deve ser estimada, preferencialmente, por meio de equações sítio específicas;
- Caso a biomassa/carbono individual das árvores seja estimado com base na equação referencial (como exemplo a do Cerrado mineiro (Rezende et al., 2023), a estimativa deverá ser corrigida pelo fator de correção que é a altura total.
- Estimar a média (\bar{x}) e o nível de incerteza da estimativa (I. C.), com base nos parâmetros estatísticas descritos no Anexo I;
- Caso a Área do Projeto demande ser estratificada, seguir o rito de estratificação disponível no Anexo I.

Para as florestas e plantios florestais dentro do limite da AP:

- Considerar um sistema de amostragem de instalação de unidades amostrais de área fixa (parcelas);
- Todas as parcelas devem ter suas coordenadas geográficas registradas por meio de aparelhos receptores de sinais de GPS:
 - Os pontos a serem registrados podem ser o inicial, central ou final de cada amostra;
 - Porém, para a submissão destes dados, recomenda-se gerar polígonos das parcelas;
 - Ao usar um aparelho de GPS de navegação, o método de registro da coordenada recomendado é:
 - Manter o aparelho receptor de sinais de GPS estacionado no ponto específico por um período de aproximadamente 1 (um) minuto; e
 - 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 1,3 m do chão (DAP) de todas as árvores vivas e mortas encontradas dentro da parcela:
 - O DAP mínimo de mensuração é de 10 cm;
 - As palmeiras não são uma classe obrigatória:
 - Podem ser incluídas, mas a equação alométrica deve ser específica.
- Aplicação de equação de biomassa/carbono para estimar o estoque individual (de cada árvore) e por unidade de área (hectare):
 - A biomassa/carbono individual das árvores deve ser estimada, preferencialmente, por meio de equações sítio específicas;
 - Caso a biomassa/carbono individual das árvores seja estimado com base na equação referencial, a estimativa deverá ser corrigida pelo fator de correção.
- Estimar a média (\bar{x}) e o nível de incerteza da estimativa (I. C.), com base nos parâmetros estatísticas descritos no Anexo I;
- Caso a Área do Projeto demande ser estratificada, seguir o rito de estratificação disponível no Anexo I.

13.2. Inventário Amostral Quantitativo

As orientações para o Inventário Florestal Amostral (IFA) quantitativo para coleta dos dados além da cultura do café utilizados na quantificação dos estoques de carbono são:

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

- Estimativa de estoques de biomassa e carbono:
 - AGB = obrigatório;
 - BGB = opcional;
 - Btot = opcional.

AGB = Biomassa das árvores acima do solo, em Inglês, Above Ground Biomass
BGB = Biomassa das árvores abaixo do solo, em Inglês, Below Ground Biomass
(AGB + BGB) = Biomassa da árvore total (Btot)

13.3. Cálculo dos Estoques de Carbono de árvores de café e suas variedades Sem Estratos Definidos Estatisticamente

É necessário, para cada imóvel rural do projeto, realizar o cálculo do Estoque de Carbono da Cultura do café. Para os casos sem estratos definidos estatisticamente, as orientações são as seguintes:

- Estabelecer os componentes da biomassa da cultura do projeto:
 - Acima do solo (AGB);
 - Abaixo do solo ou raízes (BGB);
 - Total (AGB + BGB).
- Estimar o estoque “líquido”, ou seja, subtrair os ‘indivíduos com cepa, decote ou esqueleto’ (indivíduos que receberam tratamentos silviculturais):

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

- 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):

$$\text{Crédito de Carbono} = (\bar{x}_{CO_2} - I.C.) \times AP$$

onde:

\bar{x}_{CO_2} = Média estimada do estoque de dióxido de carbono equivalente, por hectare, em toneladas;

I.C. = Intervalo de confiança, calculado à um nível de probabilidade de 95%;

AP = Área do Projeto, em hectares.

Nota: O mesmo deve ocorrer para as florestas dentro da propriedade, sendo necessário substituir AGB com tratamento por AGB de indivíduos mortos.

13.4. Cálculo dos Estoque de Carbono da cultura do café e suas variedades Com Estratos Definidos Estatisticamente

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

- Estabelecer os componentes da biomassa dos indivíduos de café do projeto:
 - Acima do solo (AGB);
 - Abaixo do solo ou raízes (BGB);
 - Total (AGB + BGB).
- Estimar o estoque “líquido”, ou seja, subtrair a ‘indivíduos com cepa, decote ou esqueleto’ (indivíduos que receberam tratamentos silviculturais):

$$\text{Estoque líquido}_{AGB} = \sum AGB_{vivas} - \sum AGB_{com\ tratamento}$$

- 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 Área de cada estrato do Projeto (AP):

$$\text{Crédito de Carbono} = (\bar{x}_{CO2i} - I.C.) \times AP_i + (\bar{x}_{CO2i+1} - I.C.) \times AP_{i+1}$$

onde:

\bar{x}_{CO2i} = Média estimada do estoque de dióxido de carbono equivalente do estrato

"i", por hectare, em toneladas;

I.C. = Intervalo de confiança, calculado à um nível de probabilidade de 95%;

AP_i = Área do Projeto referente ao estrato "i", em hectares.

13.5. Cálculo da Incerteza do Estoque de Carbono

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

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

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

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

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

Para fins de reportagem das estimativas dos estoques de carbono da cultura do café, das florestas e/ou plantios florestais, a incerteza pode ser objetivamente caracterizada pelo Intervalo de Confiança, estimado com uma probabilidade de 95%, calculado com base na amostragem realizada.⁷

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

13.6. Cálculo do Crédito de Carbono Gerado Entre Períodos de Verificação

A geração de créditos de carbono³ é calculada pelo incremento de estoque de carbono na Área do Projeto (AP) entre períodos de verificação:

$$\text{Créditos de Carbono da Enésima Verificação} = \text{Estoque líquido}_{AGB}(tn) - \text{Estoque líquido}_{AGB}(tn-1)$$

onde:

⁷ 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.

Estoque líquido_{ACB}(T0) = Estoque de carbono da primeira verificação;

Estoque líquido_{ACB}(Tn-1) = Estoque de carbono da última verificação;

Estoque líquido_{ACB}(Tn) = Estoque de carbono verificado atual;

n = 1, 2, 3... T (número da verificação, que varia de 1 a T, conforme o período de duração do projeto); e

Enésima = Primeira, Segunda, Terceira... Décima.

OBS. 1: O estoque de carbono da cultura do café pode oscilar ao longo do tempo, o incremento não é linear.

OBS. 2: A dinâmica pode ocorrer com tratos silviculturais com objetivo de aumentar a produtividade da cultura do café, como por exemplo: recepa, decote e esqueletamento ”.

OBS. 3: A dinâmica natural de mortalidade de árvores pode impactar os estoques, dada a relação desta dinâmica, em que árvores grandes saem do sistema de mensuração para a entrada de outras (Higuchi, 2015).

NOTA: Os resultados, em termos de remoções de GEE sequestradas (tCO₂e), observados durante o período de creditação irão determinar a quantidade de créditos de carbono verificados que o projeto irá gerar.

Premissas Direto à Geração de Créditos de Carbono Verificados

Para que haja a geração de créditos de carbono verificados, oriundos do sequestro (aumento) do estoque de carbono na Área do Projeto (AP), será necessário o cumprimento das seguintes premissas:

- I. É necessário haver dois, ou mais, estoques de carbono verificados, em tempos distintos, seguindo os critérios desta metodologia;
- II. O estoque de carbono mais recente deve ser maior que o máximo de estoque de carbono já verificado na Área do Projeto (AP), ou seja, no caso de flutuações naturais do estoque de carbono, será sempre considerado o maior estoque de carbono anterior a *Tn*.

14. BENEFÍCIOS ADICIONAIS (CO-BENEFÍCIOS)

Os benefícios adicionais ao carbono, ou co-benefícios, para projetos desta metodologia são:

14.1. Conservação e preservação da biodiversidade dos biomas

Um benefício adicional inerente ao projeto de carbono desta metodologia é a garantia de manutenção dos ciclos evolutivos da biodiversidade.

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

Inventário Florestal Qualitativo na Propriedade ou UC (Opcional)

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

- Dados mínimos a serem contemplados: árvores e palmeiras vivas, com DAP > 10 cm;
- Dados secundários serão aceitos apenas como complemento;
- Implantação de sistema de amostragem, por meio de unidades de amostras de área fixa (ver Anexo I);
- Amostragem botânica, com a coleta de exsicatas das espécies de árvores amostradas (amostras podem ser depositadas em herbários).

14.2. Desenvolvimento Sustentável

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), o desenvolvimento sustentável⁸ é definido como “desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades.”

O desenvolvimento sustentável exige esforços conjuntos para a construção de um futuro inclusivo, sustentável e resiliente para as pessoas e o planeta. Para que o desenvolvimento sustentável seja alcançado, é crucial harmonizar três elementos centrais: crescimento econômico, inclusão social e proteção ambiental. Esses elementos estão interconectados e todos são cruciais para o bem-estar dos indivíduos e das sociedades.

A erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável. Para tanto, deve haver a promoção do crescimento econômico sustentável, inclusivo e equitativo, criando maiores oportunidades para todos, reduzindo as desigualdades, elevando os padrões básicos de vida. Além de promover o desenvolvimento social e o manejo integrado e sustentável da cultura do café e dos recursos naturais e ecossistemas.

Dos 17 (dezessete) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a presente metodologia destaca:

1. Erradicação da pobreza (#01):
 - a. Descrição: acabar com a pobreza em todas suas formas;
 - b. Critério: que o(s) proponente(s) possam viver com mais de R\$ 5,93 (US\$ 1,25) por dia;

8

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda-retired/#:~:text=%E2%97%8F,future%20for%20people%20and%20planet.>

- c. Indicador: geração de emprego e/ou aumento de receita comprovada, por meio da comercialização dos ativos ambientais gerados (estoque e crédito de carbono).
- 2. Fome zero e agricultura sustentável (#02):
 - a. Descrição: alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável;
 - b. Critério: que o(s) proponente(s) possam, por meio das atividades do projeto, ter acesso às melhores práticas de sistemas de cultivos agrícolas (de baixo impacto e carbono), caso assim desejarem;
 - c. Indicador #01: registro e licenciamento da atividade junto ao órgão ambiental vigente;
 - d. Indicador #02: aumento na produtividade por unidade de área.
- 3. Educação de qualidade (#04)
 - a. Descrição: proporcionar igualdade de acesso à formação básica e profissional, eliminar as disparidades de gênero e riqueza e alcançar o acesso universal ao ensino superior de qualidade.
 - b. Critério: que o(s) proponente(s) possam, por meio das atividades do projeto, incentivar a formação de seus colaboradores/empregados;
 - c. Indicador #01: oferta de cursos, palestras, formação em parcerias com instituições públicas e privadas de ensino;
- 4. Igualdade de gênero (#05)
 - a. Descrição: é um direito humano fundamental, mas um alicerce necessário para um mundo pacífico, próspero e sustentável pois é fundamental para todas as áreas de uma sociedade saudável, desde a redução da pobreza até a promoção da saúde, educação, proteção e bem-estar de meninas e meninos, mulheres e homens.

- b. Critério: que o(s) proponente(s) possam, por meio das atividades do projeto, incentivar a igualdade de gênero entre seus colaboradores/empregados;
 - c. Indicador #01: ofertas de oportunidades para igualdade de gênero na propriedade.
5. Emprego digno e crescimento econômico (#08)
- a. Descrição: promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos;
 - b. Critério: atingir níveis mais altos de produtividade econômica por meio da diversificação, atualização tecnológica e inovação, inclusive por meio do foco em setores de alto valor agregado e de mão-de-obra intensiva;
 - c. Indicador: aumento comprovado da produtividade por unidade de área:
 - i. Indicador bônus: Para projetos em áreas privadas de agricultura familiar, a geração de pelo menos um (1) emprego formal;
 - ii. Indicador bônus #02: Para projetos em áreas privadas em que não são caracterizadas como agricultura familiar, o incremento de, pelo menos, mais um (1) emprego formal, sem o aumento da área produtiva.
6. Redução das desigualdades (#10)
7. Cidades e comunidades sustentáveis (#11)
- a. Descrição: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;
 - b. Critério: garantir o acesso de todos à moradia adequada, segura e acessível e a serviços básicos (como: saneamento básico);
 - c. Indicador #01: melhorias comprovadas na moradia/ infraestrutura do imóvel rural alvo do projeto;

- d. Indicador #02: instalação e/ou melhorias no sistema de serviços básicos no imóvel rural alvo do projeto (caso aplicável), como: saneamento básico e eficiência energética.
8. Combate às alterações climáticas (#13):
- a. Descrição: tomar medidas para combater a mudança climática e seus impactos,;
- b. Critério: evitar a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera, por meio do desmatamento e/ou degradação florestal;
- c. Indicador: manutenção da área de florestas na área do projeto e/ou incremento no estoque por meio do enriquecimento da floresta natural/nativa ou reflorestamento de áreas degradadas.

15. GOVERNANÇA

O projeto deve apresentar como será feita a Governança do imóvel rural, visando a execução das atividades previstas nesta metodologia. É indicada a identificação física, no imóvel, no ponto de acesso, de que aquela área está destinada a um projeto de carbono.

Também são sugeridas as mínimas intervenções:

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

NOTA: Atividades que envolvem degradação florestal, por meio da exploração seletiva de madeira, na Área do Projeto não serão permitidas durante o período de acreditação.

ANEXO I - A BASE METODOLÓGICA PARA ESTIMATIVA DOS ESTOQUES DE BIOMASSA E CARBONO NA CULTURA DO CAFÉ E SUAS VARIEDADES

A Biomassa vegetal é um dos temas mais discutidos nos últimos anos, principalmente relacionado com o seu papel sobre a mudança climática global. Segundo o IPCC, as florestas, agricultura e outros sistemas, que podem absorver e armazenar carbono, são chamados de “sumidouros”. A biomassa ou fito massa é definida como a quantidade, expressa em unidades de massa, do conteúdo de material vegetal por unidade de área em uma floresta ou plantio (Araújo et al., 1999). Sendo assim, estimativas de biomassa vegetal são informações imprescindíveis nas questões ligadas às áreas de mudança climática, para estimar o balanço de carbono da interação biosfera-atmosfera (Higuchi, 2001). Usando os teores de água e carbono, por exemplo, a biomassa das culturas e das florestas podem ser transformadas em carbono da vegetação, que é a principal variável considerada nos projetos ligados à mudança climática global. Entretanto, pouco se sabe sobre a importância da biomassa nas culturas agrícolas, especialmente do café e seu papel nos serviços ecossistêmicos.

A biomassa total (biomassa acima e abaixo do solo) pode ser estimada por métodos diretos e indiretos. O método direto é destrutivo, consistindo no corte e pesagem do material vegetal em uma área estabelecida. No entanto, a escolha de a área a ser cortada e pesada é, em muitos casos, tendenciosa e a simples extrapolação leva a resultados imprecisos. Além disso, esse método é oneroso e destrói a planta, o que torna impossível determinar a biomassa de cada planta, pelo método direto. Já o método indireto utiliza modelos matemáticos. Ou seja, os recursos da análise de regressão para o desenvolvimento de modelos estatísticos, para estimar a biomassa de plantas em pé, devem ser empregados para superar este problema (Higuchi e Carvalho, 1994).

Para projetos de carbono, as equações de regressão são chamadas de

equações alométricas. *Alometria* vem do grego, composta das palavras *allos* (outra) e *metron* (medida). É o estudo das variações das formas e dos processos dos organismos e tem dois significados: (i) o crescimento de uma parte do organismo em relação ao crescimento do organismo inteiro ou de parte dele e (ii) o estudo das consequências do tamanho sobre as formas e os processos. Para as ciências florestais e agrônômicas, é o estudo da biomassa em função de partes do todo (diâmetro, altura, copa) (Niklas, 1994).

Os modelos utilizados para descrever o relacionamento entre biomassa e as variáveis independentes da árvore são originados dos modelos para volume de madeira (Santos, 1996). Estes modelos têm produzido resultados satisfatórios, com coeficiente de determinação (r^2) sempre superior a 0,95. As variáveis independentes mais utilizadas são diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total. Os modelos usados para árvores derivam do modelo proposto por West et al. (1999):

$$M = a * D^b$$

onde:

M = massa seca acima do solo;

D = Diâmetro à Altura de 1,30 m do solo;

a = coeficiente de escala,

b = expoente da escala.

Este modelo é baseado na teoria da distribuição de recursos por meio do conjunto de galhos hierárquicos das plantas vasculares. O pressuposto deste modelo é que as variações relacionadas com tamanho podem ser caracterizadas por este modelo com um expoente universal, que são simples múltiplos de $\frac{1}{4}$. Estudos posteriores mostram que este modelo é válido para diferentes tipologias vegetais, mas sem o expoente universal (Zianis e Mencuccini, 2004; Pilli et al., 2006). O principal argumento em favor deste modelo é a substituição do método destrutivo.

O principal cuidado na utilização do método indireto são os não amostrais e amostrais (ou incerteza). A redução dos erros não amostrais

depende dos cuidados tomados durante a coleta dos dados. Devido a isso, ao seguir os procedimentos descritos neste protocolo as chances de ocorrer os erros não amostrais tendem a diminuir drasticamente. Vale lembrar que não há volume de análise sofisticada que possa compensar dados fundamentalmente falhos.

Os erros amostrais são originados por ser medido apenas parte da população. Incerteza é a falta de conhecimento do valor verdadeiro de uma variável. Para projetos de carbono o tamanho da incerteza associada à média estimada é tão importante quanto a própria média. Isto pode ser expresso por meio de uma função de densidade probabilística caracterizando a amplitude e a similaridade dos possíveis valores. A incerteza depende da qualidade e da quantidade de dados utilizados, assim como dos processos de coletas e de inferências.

A obtenção de incertezas apropriadas pode ser sustentada por dois teoremas bases da estatística paramétrica: a Lei dos Grandes Números e o Teorema do Limite Central. A Lei dos Grandes Números é um conceito fundamental em probabilidade, aplicada em diversas ciências, que declara:

"Se um evento de probabilidade p é observado repetidamente em ocasiões independentes, a proporção da frequência observada deste evento em relação ao total número de repetições converge em direção a p à medida que o número de repetições se torna arbitrariamente grande."

De forma simplificada, ela diz que quanto maior o número de amostras, mais ela tenderá ao valor esperado. Ou seja, se uma "amostra grande" é tomada aleatoriamente de uma população, a média da amostra tende a ser parecida com a amostra da população. Uma amostra pode ser considerada grande quando o $n \geq 30$.

Já o Teorema do Limite Central afirma que:

“Se uma variável aleatória X puder ser representada pela soma de quaisquer n variáveis aleatórias independentes, que satisfaçam certas condições gerais, então esta soma, para n suficientemente grande, terá distribuição aproximadamente normal”.

Ou seja, as médias das amostras de qualquer população estarão distribuídas aproximadamente como uma distribuição normal em torno da média da população. Com uma distribuição normal permite dizer que os dados estão: (i) 68,27% entre mais ou menos 1 desvio padrão da média; (ii) 95,45% entre mais ou menos 2 desvios e (iii) 99,73% entre mais ou menos 3 desvios. Além disso, independente da forma que a variável aleatória assumir, é possível calcular as probabilidades, utilizando a tabela-z, desde que seja uma amostra grande. Vale ressaltar que quanto maior o número de amostras coletadas, mais próxima será a média da amostra da média da população e menor o desvio padrão.

1. Estimativa do estoque de carbono acima e abaixo do solo

A quantificação da biomassa do indivíduo/pé de café pode ser realizada pelo método direto ou indireto. O método direto envolve a pesagem direta do pé de café na balança, enquanto o método indireto, inclui o uso de equações alométricas para a estimativa da biomassa. Apesar de ser o mais preciso, o método direto é um método destrutivo, o que comprometer a produtividade da fazenda. Com isso, é necessário aprimorar os métodos indiretos para se chegar a uma estimativa confiável (SILVA, 2007).

Para isso aplica-se o método direto em uma parte da população, sítio ou região, e com bases nos valores reais é ajustado uma equação alométrica para estimar a biomassa e o carbono na população de interesse. A equação

alométrica pode ser específica de cada fazenda ou aplicada a um determinado sítio, micro ou macro região dos biomas:

2. Método 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. Devido às dimensões de uma árvore (pé de café) e a escala operacional de uma balança, geralmente a árvore é dividida em compartimentos específicos: copa, tronco e sistema radicular (Figura 1).

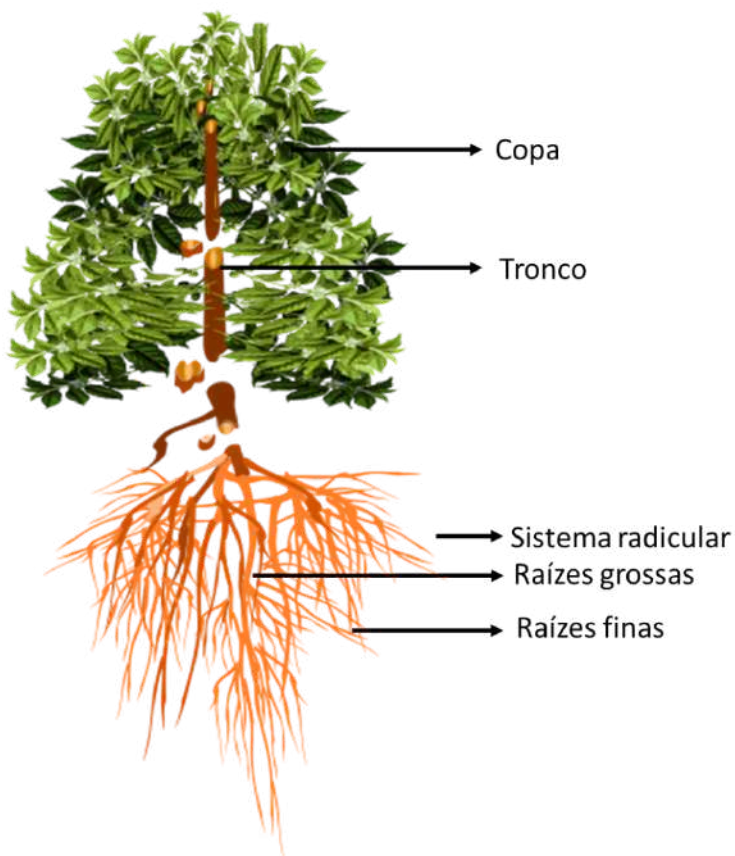


Figura 2: Esquema de compartimentos específicos de uma árvore de café: copa, tronco e sistema radicular

Para o desenvolvimento de uma equação local para estimativa do estoque de CO₂ na cultura do café, os seguintes passos deverão ser seguidos:

1. Selecionar aleatoriamente entre 15 à 30 árvores (pés de café);
2. Nessas árvores, coletar os diâmetros da copa em dois sentidos, norte-sul e leste-oeste com trena;
3. Derrubar de forma destrutiva, com motosserra, as árvores, deixando um toco com altura de, aproximadamente, 10 cm de altura a partir do nível do solo.
4. Medir a circunferência, altura da copa, altura total e altura comercial com trena;
5. Separar os compartimentos de cada árvore (tronco, galhos finos e grossos, casca, sementes, folhas, flores, frutos, raízes grossas (diâmetro de colo > 2 cm) e raízes finas (diâmetro de colo ≤ 2 cm). Para coletar as raízes, abrir trincheiras ao redor das árvores a uma distância de 20 cm. Em seguida, lavá-las até se desprender do solo. Depois da separação das raízes, o toco deve ser pesado e acrescentado ao peso do tronco.
6. Para biomassa fresca, pesar individualmente cada compartimento da árvore (usar balança de estiva, para os materiais mais pesados e analítica, para os mais leves);
7. Dividir e pesar amostras do tronco e, caso tenham, galhos grossos e raízes grossas em: base (0%), meio (50%) e topo (100%);
8. Para estimativa da biomassa seca, separar pequenas amostras de cada compartimento e armazenar em sacos de papel;
9. Colocar essas amostras em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem peso constante;
10. Em seguida, pesar as amostras em balança analítica;
11. Converter a massa obtida em toneladas por hectare (ton ha⁻¹);
12. Desenvolver uma equação alométrica e apresentar os coeficientes;
13. Para obter o teor de carbono, as amostras, de cada compartimento,

utilizadas para estimativa da biomassa seca, devem ser trituradas em um moinho e, posteriormente, submetidas a análise química de C.

#NOTA: Os principais resultados do método direto é o ajuste de equações alométricas, por meio de análise de regressão.

3. Indireto

No método indireto as estimativas são produzidas a partir de equações e modelos alométricos, associados a dados de inventários da cultura do café já determinados, bem como para inventários florestais (sistemas de amostragem da floresta).

Com base numa amostragem de árvores de café, indivíduos são mensurados e suas estimativas calculadas por meio de uma equação alométrica. 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.

4. 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.

É também o estudo do todo (biomassa e/ou carbono) em função de partes do todo (Diâmetro à Altura do Peito – DAP, altura comercial ou altura total), 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 representação gráfica com 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 por “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).

5. Alometria de Biomassa e Carbono na Árvore de café

Na ausência de uma equação ‘local/sítio-específica’, a Tero recomenda a equação de Rezende (2023), desenvolvida para a Fazenda Santa Bárbara, localizada em Monte Carmelo - Minas Gerais para árvores de café de 4 (quatro) e 6 (seis) anos. Recomenda-se adicionar novas idades se houver.

As categorias de biomassa coletadas foram: i) Acima do solo (ou biomassa aérea): toda a biomassa viva acima do solo, incluindo tronco, toco,

galhos finos e grossos, casca, sementes, folhas, flores e frutos; ii) Abaixo do solo: toda a biomassa de raízes finas e grossas vivas. A massa da planta foi compartimentada em:

- I. Tronco;
- II. Galhos grossos (diâmetro de colo ≥ 10 cm);
- III. Galhos finos (diâmetro de colo < 10 cm);
- IV. Raízes grossas (diâmetro de colo > 2 cm);
- V. Raízes finas (diâmetro de colo ≤ 2 cm);
- VI. Folhas,
- VII. Flores e frutos.

As árvores (pé) de café foram coletadas de forma destrutiva e pesadas em balança. Para a biomassa acima do solo, as plantas foram coletadas por meio de motosserra, deixando um toco com altura de, aproximadamente, 10 cm de altura a partir do nível do solo. Depois da separação das raízes, este toco foi pesado e acrescentado ao peso do tronco. Para a coleta das raízes (finas e grossas) foram abertas trincheiras ao redor de cada árvore. A escavação ocorreu a aproximadamente 20-30 cm de distância das árvores. Para proteger as raízes, além desse distanciamento, elas foram lavadas, onde o solo foi retirado com auxílio de mangueiras de água. Antes das árvores serem derrubadas, foram coletados os diâmetros da copa em dois sentidos, norte-sul e leste-oeste.

Cada árvore selecionada teve seus compartimentos separados e pesados para a obtenção da biomassa fresca. Para estimativa da biomassa secada, pequenas amostras de cada compartimento foram armazenadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até a obtenção do peso constante. Posteriormente, foram pesadas em balança analítica para obtenção da massa seca. A massa obtida foi convertida em toneladas por hectare (ton ha⁻¹).

Todas as variáveis dendrométricas, exceto o diâmetro da copa, foram obtidas após o arranquio das árvores. As variáveis referentes à altura e ao diâmetro foram obtidas com auxílio de uma trena. As variáveis foram coletadas

da seguinte forma:

- I. Altura da copa: altura total da planta subtraída a altura do fuste, ou seja, o comprimento da copa.
- II. Altura total (ht): distância da base da árvore até o seu topo.
- III. Altura comercial (hc): a parte do fuste com valor comercial, ou seja, a porção utilizável do tronco.
- IV. Diâmetros da copa: coletados dois diâmetros (sentidos norte-sul e leste-oeste);
- V. Número de nós: contagem manual de todos os nós.

Com base nos dados coletados, foi desenvolvida uma equação alométrica de simples entrada, onde apenas a variável independente DAB (Diâmetro da Base à uma altura de até 10,0 cm do solo) foi utilizada. A equação desenvolvida para a área de estudo, com base na variável DAB, produziu coeficientes de determinação (r^2 em %) igual a 85% e o erro padrão da estimativa (Syx em %) igual a 13%. Os estoques foram estimados com base na seguinte equação alométrica ajustada:

$$B_{tot} = 2,276 \times DAB^{0,765}$$

onde:

B_{tot} = biomassa da cultura total, em kg;

DAB = Diâmetro da Base à uma altura de até 10,0 cm do solo, em cm;

6. Determinação de teores de C

Para a obtenção da quantidade de carbono e carbono equivalente estocada nas árvores de café, poderão ser utilizados fatores de conversão, já desenvolvidos para plantios na região de Monte Carmelo, Minas Gerais em duas diferentes idades (**Tabela 1**).

Tabela 1: Determinação do teor de água e carbono em árvores de café de 4 e 6 anos de idade da Fazenda Santa Bárbara, município de Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil

Idade	Teor de água	Teor de carbono ponderado
4	59.13	42.79
6	55.07	44.73

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: Recomenda-se utilizar as variáveis independentes Circunferência à Altura do Peito (CAP) e altura total.

7. Sistema de Amostragem

Existem duas formas básicas para adquirir as informações desejadas da cultura: por meio da mensuração total das árvores (Censo) ou por meio da amostragem. Porém, a cultura do café e as 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 é dada por Inventários do cultivo ou Florestais (IF). Os inventários são atividades para descrever a quantidade e qualidade de árvores em um cultivo ou 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 muito antigo.

Quando se trata de inventários 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. A forma mais comum de apresentar o erro é por meio do “erro padrão da média” ou o “intervalo de confiança” (HUSCH, 1971).

Dependendo da cultura, floresta e da área a ser inventariada, pode ser necessário a estratificação da cultura, por dois métodos: pela “variância” de idade dos talhões 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.

8. Variável de Interesse

As variáveis de interesse podem ser divididas entre: dependentes e independentes. As variáveis dependentes são caracterizadas por serem de difícil mensuração, que precisam ser estimadas por meio de outras. Daí o nome “dependente”. Já as 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 (**Tabela 2**).

Tabela 2. 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 cultura	Independente	Hectare (ha)	Toda estimativa de estoque de carbono na cultura do café 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 cultura ou 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, maior o nível de detalhamento da imagem e do objeto
Circunferência ou Diâmetro à 1,3m do solo (CAP ou DAP)	Independente	Centímetro (cm)	Medida do diâmetro do tronco da árvore em posição padrão (1,3 m do solo), podendo ser mensurada em alturas superiores, desde que haja impedimentos físicos na posição original.

Nome da variável	Tipo de variável	Unidade de medida	Descrição
Altura total (Ht) e comercial (Hc)	Independente	Metro (m)	Medida da altura total (Ht) ou do tronco (Hf) da árvore. Ht é altura até a parte mais alta da copa. Hc 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, no caso de florestas
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 da cultura total (Btot)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa total da árvore (aérea + raízes), considerando a água na estrutura
Biomassa seca aérea (AGB)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa da parte aérea da árvore (tronco, galhos, folhas, flores, frutos e semente), descontando a água na estrutura
Biomassa seca abaixo	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa das raízes da árvore, descontando a água na

Nome da variável	Tipo de variável	Unidade de medida	Descrição
dos solos (BGB)			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 do solo (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 e.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 e.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 e.tot)	Dependente	Tonelada métrica (t)	Peso ou massa total, em dióxido de carbono equivalente, estocado na árvore (aérea + raízes)

9. Estatística

Para quantificar os estoques de biomassa/carbono da cultura do café ou 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 3**).

Tabela 3. 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	Variação da média em função da variabilidade da população à um nível de confiança específico, comumente 95%	$\bar{x} \pm z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

Parâmetro	Descrição	Fórmula
Soma dos Quadrados Corrigidos da variável dependente “Y”	Medida de variação da média da variável	$CQC_y = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{n}$
Soma dos Quadrados Corrigidos da variável independente “X”	Medida de variação da média da variável	$SQC_x = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}{n}$
Soma dos Produtos Corrigidos	É o produto entre a variável independente e dependente, utilizada para a estimativa do Coeficiente de Correlação	$SPC_{xy} = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{\left(\sum x_i\right) \times \left(\sum y_i\right)}{n}$
Coeficiente de correlação	Afere o grau de correlação entre as variáveis independentes com a dependente	$r = \frac{SPC_{xy}}{\sqrt{SQC_x SQC_y}}$

10. 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 cultura do café ou da floresta pode ser realizada por dois métodos: pela “variância” dos dados da “idade” ou de acordo com a “classe florestal”:

- Pela variância:
 - Depende de uma amostragem preliminar;
 - Relação Custo/Benefício baixa; e
 - Pode gerar informações/estimativas tendenciosas.

- Pela idade ou 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; e
 - Aumenta a confiabilidade da estimativa e reduz incertezas.

No entanto, mesmo que a caracterização remota da cultura do café ou da floresta aponte evidências das idades e 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 nesses casos é a Análise de Variância (ANOVA), seguida de um teste de post hoc de Tukey.

11. 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, deve-se desenvolver o “quadro da ANOVA” (**Tabela 4**).

Tabela 4. Quadro de análise de variância - ANOVA.

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

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

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

onde:

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

O resultado é uma matriz de probabilidade de correlação (**Tabela 5**), por exemplo:

Tabela 5. 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).

12. Estatística Estratificada

As fórmulas matemáticas para estatística de inferência (**Tabela 6**), considerando a estratificação da amostragem, é apresentado por Péllico Netto e Brena (1997), são elas:

Tabela 6. 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	$S_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (x_{ih} - \bar{x}_h)^2}{n_h - 1}$
Variância estratificada	Variância da população ponderada conforme os estratos amostrados	$S_{st}^2 = \sum_{h=1}^L w_h S_h^2$

Parâmetro	Descrição	Fórmula
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%	$I.C. = \bar{x} \pm z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ <p>Onde: z = nível de confiança com base no desvio padrão da população; σ = desvio padrão da população; n = tamanho da população</p>

13. Extrapolação (Scale up)

O georreferenciamento adequado de árvores e parcelas possibilita correlacionar informações do inventário da cultura do café e da florestal com as imagens de sensores remotos em diferentes escalas de mapeamento. A aquisição de coordenadas GPS é sensível ao equipamento, ao procedimento de coleta, a cobertura de satélite e principalmente 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. 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 são apresentados (**Tabela 7**):

Tabela 7. 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; e
 “Trimble” = aparelho receptor de sinais de GPS do tipo diferencial, com precisão pós-processamento de até 2 m (dois metros).

Resultados

Das análises realizadas, conclui-se que o método MG, utilizando “coordenadas falsas” (inclusão de pontos de controle dentro da parcela, ou seja,

árvores) gerou as coordenadas mais acuradas. O método “MT” foi o que gerou o “deslocamento” máximo, superior a 40 m. Mesmo assim, na análise de comparação das médias (ANOVA) entre os métodos, não foi encontrado diferenças estatísticas significativas entre eles, ou seja, a precisão e acuracidade da coordenada não é influenciada pelo método selecionado (**Tabela 8**). Por fim, qualquer um dos métodos geram informações confiáveis e verificáveis, sendo consideradas válidas para projetos de carbono, uma vez que os deslocamentos não apresentam tendência evidente (**Figura 2**).

Tabela 8. 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	-	-	-	-

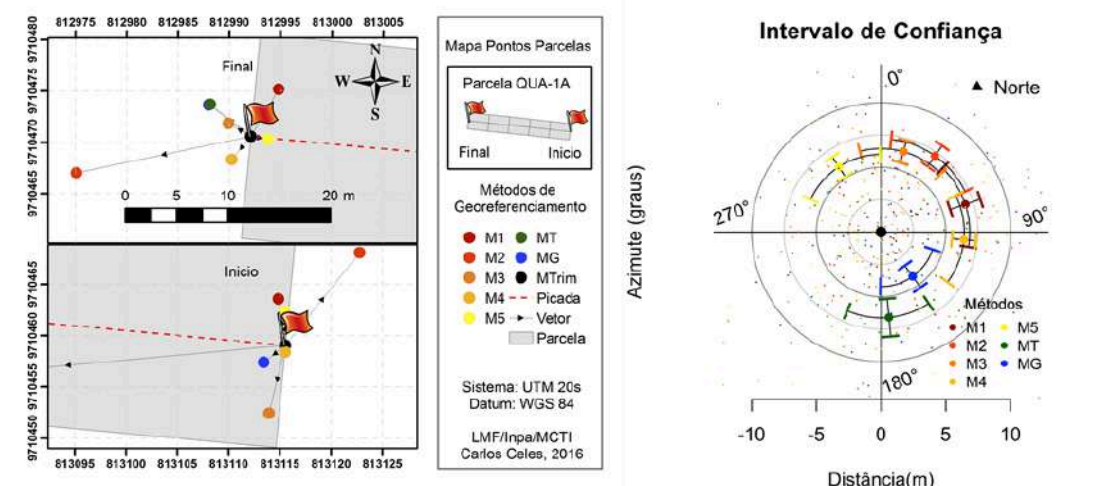


Figura 2. Mapa mostrando os diferentes métodos de posicionamento dos pontos inicial e final da parcela (esquerda) e gráfico mostrando a média e intervalo de confiança de cada método de georeferenciamento da parcela (direita).

Tipos de aparelhos receptores de sinais de GPS (Sistema de Posicionamento Global, em inglês) mais comuns no mercado e capazes de produzirem registros de coordenadas com níveis de incertezas aceitáveis, desde que operados de forma adequada, são:

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

Em termos de imagens de satélites e/ou diferentes sensores (**Tabela 9 e 10**), tem-se:

Tabela 9. 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

Intervalo de resolução espacial	Nomenclatura	Sistemas sensores*
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 10. 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).

O levantamento de escala a partir das imagens de ARP-RGB deve ser feito pareado com dados de campo. Para isso, devem ser realizadas medidas da estrutura das plantas em campo (variável independente). O objetivo é ajustar a melhor variável que responda o que se quer estimar.

No caso da cultura do café, uma hipótese de variáveis da estrutura, medidas em campo, que respondem bem às demais variáveis medidas anteriormente, são o diâmetro da copa e altura. Além disso, com base nessas duas variáveis, deve ser calculado o volume do dossel, de acordo com a equação 1 adaptada de Favarin et al. (2002).

$$Vc = \frac{\pi D^2 Ht}{12}$$

onde:

D é o maior diâmetro da copa vista do dossel (m);
Ht é a altura total da planta (m); e π é pi (3.141592...).

Outra variável, medida em campo, que deve ser estimada, posteriormente, com os dados da imagem é o diâmetro à Altura do Solo (DAS). Para a coleta de todas essas variáveis (diâmetro da copa, altura total e DAS), deverão ser mensurados no mínimo 30 indivíduos arbóreos ou até o número amostral em que os dados de campo sejam normais (Teste de normalidade Shapiro-Wilk). Além disso, é importante remedir as plantas em pelo menos duas estações do ano distintas (por exemplo, período chuvoso e seco).

Deve ser realizado um plano de voo previamente da área do plantio. Considerando o plano de voo com altura de 100 m em relação ao chão, a sobreposição efetiva mínima deve ser configurada para obter 85% frontal e 75% lateral (Iglhaut 2019) (**Figura 3**). Em caso de repetição de voos na mesma área e se a ARP não obtiver sistema PPK, é necessário alocar 10 pontos de controle na área estudada para georreferenciamento das imagens (Ecke et al. 2022).

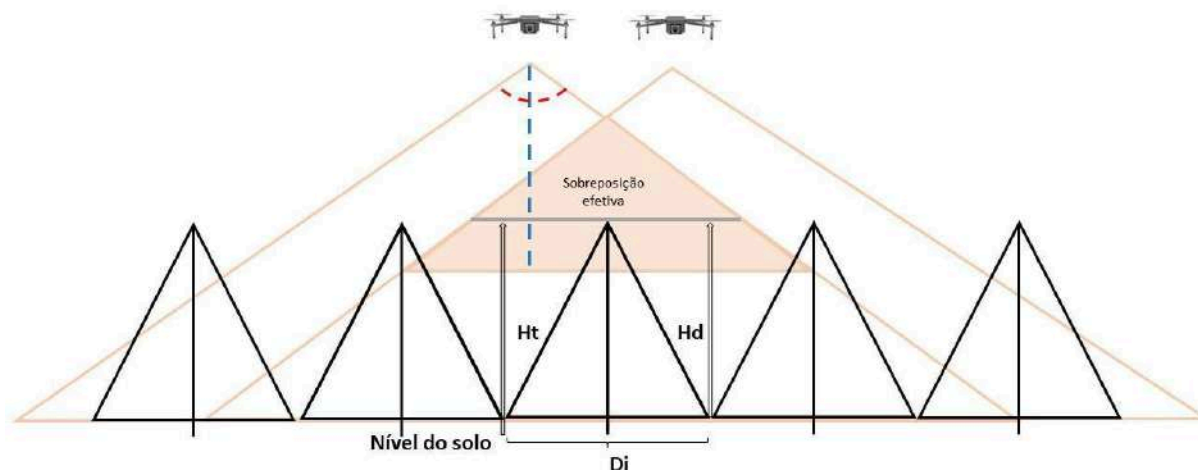


Figura 3. Esquema de medição em campo e aquisição de imagens aerofotogramétricas por ARP (ver mais em Peixoto, 2021).

Após a aquisição das fotografias é necessário realizar o processamento das imagens em um programa de fotogrametria digital utilizando o algoritmo SIFT (Scale Invariant Feature Transformation) (Lowe 2004). Este permite corrigir fotos com um ângulo de cambagem maior que 3 graus. Em seguida, devem ser gerados um modelo digital de superfície (MDS) e um ortomosaico. MDS é um conjunto de dados geográficos digitais que representa as elevações de superfície com coordenadas horizontais e verticais (X, Y, Z) (Ighlaut et al. 2019). O ortomosaico reproduz as dimensões reais dos objetos (Araujo et al., 2020), com resolução espacial horizontal variando de 3 cm a 7 cm.

As árvores medidas em campo devem ser medidas na imagem. Para isso, as copas medidas devem ser vetorizadas em ambiente SIG utilizando o ortomosaico. As alturas totais das plantas devem ser extraídas pelo MDS, onde será a média de altura extraída nas imagens. E, levando em consideração o formato cônico da copa do café, também será extraída a altura máxima obtida pelo MDS na respectiva copa vetorizada. Uma regressão linear e teste t pareado

devem ser feitos entre as alturas totais medidas em campo e na imagem.

Os polígonos das copas das árvores vistas na imagem devem ser considerados próximos a um círculo e o diâmetro deve ser calculado isolando essa variável na fórmula da área do polígono (Equação 2). Uma regressão linear e teste t pareado devem ser feitos entre os diâmetros de copa medidos em campo e na imagem.

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

onde:

D é o diâmetro da copa em metros e,

A é a área do polígono da copa e π é pi (3.141592...).

Se a relação for boa e se não houver diferença (probabilidade de erro de 5%) das mesmas medidas obtidas na imagem e campo, devem ser realizadas regressão linear entre o DAS e o diâmetro de copa e altura total das plantas. A partir disso, pode-se estimar o DAS somente com imagens de ARP, com seu respectivo erro. E, a partir do DAS, pode-se estimar as demais medidas citadas nesta metodologia.

14. Inventário Florestal Contínuo

O principal método para monitorar uma floresta é por meio do 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). da amostragem em múltiplas ocasiões (PÉLLICO NETTO & BRENA, 1997), no qual conta com, basicamente, quatro modalidades de processos de amostragem (**Figura 3**):

1- 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.

2- 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.

3- 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.

4- Amostragem Dupla

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

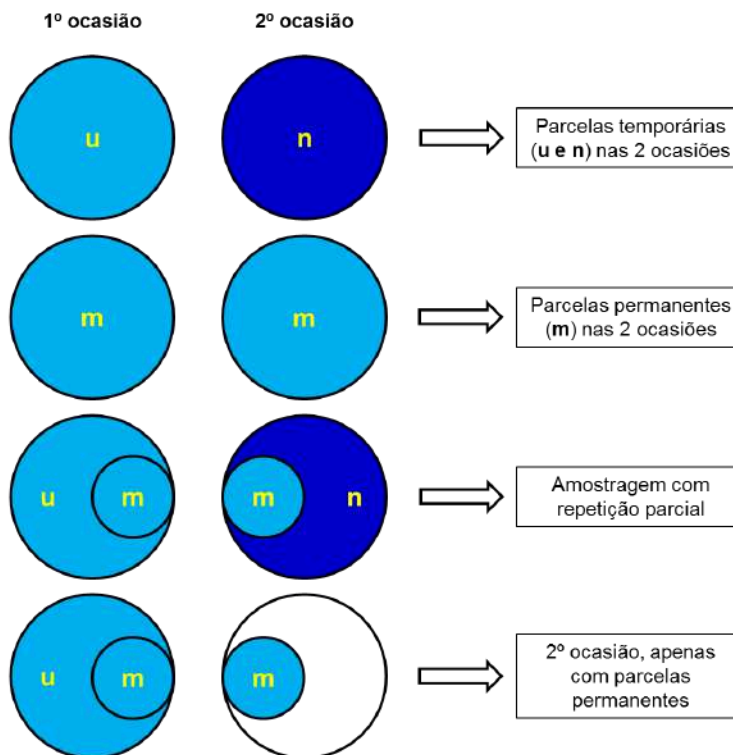


Figura 3. Esquema ilustrativo das quatro modalidades de processos de amostragem contínua.

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

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

monitoramento de florestas tropicais, esses componentes só podem ser estimados por meio da remedição de parcelas permanentes.

ANEXO II - MONITORAMENTO REMOTO E A ANÁLISE DE PERMANÊNCIA

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

Os pontos observados para esta análise são:

- Adquire-se uma imagem de satélite adequada ao período do projeto:
- Configura-se uma imagem adequada que:
 - Tiver menos que 10% (dez por cento) de recobrimento de nuvens;
 - Com menos de 30 (trinta) dias da data de submissão do projeto;
 - Com resolução espacial de pelo menos 30 m (trinta metros);
 - Que contemple os sensores RGB (campo do visível) e Infravermelho próximo.
- A cada período de verificação, faz-se o *download* de uma nova imagem, atualizada;
- Verifica-se a cobertura vegetal, caso seja identificado pontos de desmatamento ou retirada das árvores do cultivo, ou seja, haja mudança no uso da terra, estes são mapeados e sua extensão (área, em hectares) quantificada:
- No caso de retirada identificada, as emissões correspondentes deverão ser subtraídas do potencial de créditos a serem gerados no período de creditação;
- Caso a área desmatada identificada esteja situada dentro da reserva legal ou área de preservação permanente, o projeto será cancelado.

NOTA IMPORTANTE #03: O projeto não será cancelado, caso o desmatamento tenha ocorrido de acordo com a legislação vigente, e com o licenciamento ambiental competente.

LITERATURAS CONSULTADAS E BASE TEÓRICA

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

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

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

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

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

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

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

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; METCALFE, D. B.; SILVA-ESPEJO, J. E.; JIMÉNEZ, E.; NAVARRETE, D.; ALMEIDA, S. COSTA, A. C. L.; SALINAS, N.; PHILLIPS, O. L.; ANDERSON, L. O.; ALVAREZ, E.; BAKER, T. R.; 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 tem Amazonian forests on contrasting soils. *Biogeosciences*, 6, 2759–2778.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CELES, C. H.; HIGUCHI, F. G.; AMARAL, M. R.; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N.; COBELLO, L. O.; HIGUCHI, N. Garantia e controle de qualidade (QA/QC) do

georreferenciamento em inventários florestais na Amazônia. 2016. Anais do III Mensuflor, Volume 1, Número 1, pg. 424-428

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

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

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

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

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

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

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

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

COLPINI, C.; TRAVAGIN, D. P.; SOARES, T. S.; SILVA, V. S. M. 2009. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casa de árvores individuais em uma floresta 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.

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

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

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

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

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

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

HUMMEL, A. C.; ALVES, M. V. S.; PEREIRA, D.; VERÍSSIMO, A.; SANTOS, D. 2010. A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados.

Serviço Florestal Brasileiro, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. Belém-PA. 32 p.

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

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

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

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

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

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

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

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

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

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

JIANG, L.; BROOKS, J. R.; WANG, J. 2005. Compatible taper and volume equations for 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: elemento mobility during intense weathering. Chemical Geology. 24. 211-229.

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

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

LIMA, J. A. N. Avaliação de um sistema de inventário florestal contínuo em áreas manejadas e não manejadas do estado do Amazonas (AM). 183 p. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais). Inst. Nac. de Pesq. Amazônia (INPA). Manaus, 2010.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

MALHI, Y. R.; WOOD, D.; BAKER, T. R.; WRIGHT, J.; PHILLIPS, O. L.; COCHRANE, T.; MEIR, P.; CHAVE, J.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; HIGUCHI, N.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F.; LEWIS, S. L.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D. A.; NÚÑEZ-VARGAS, P.; PITTMAN, N. C. A.; QUESADA, C. A.; SALOMÃO, R.; SILVA, J. N.; LEZAMA, A. T.; TERBORGH, J.; VÁSQUEZ-MARTÍNEZ, R.; VINCETI, B. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biology*. 12, 1107-1138.

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

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

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

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

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

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

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

MOSS, R.H.; SCHNEIDER, S.H., 2000: Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting. In: *Guidance Papers on the Cross Cutting Issues of the Third*

Assessment Report of the IPCC [eds. R. Pachauri, T. Taniguchi and K. Tanaka], World Meteorological Organization, Geneva, pp. 33-51.]

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

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

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

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

. 395p. 1994.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PORTO, M. L.; LONGHI, H. M.; CITADINI, V.; RAMOS, R. F.; MARIATH, J. E. A. 1976. Levantamento fitossociológico em área de “mata-de-baixio” na Estação Experimental de Silvicultura Tropical – INPA – Manaus – Amazonas. *Acta amazonica*. 6(3): 301-318.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

SIGRIST, P.; COPPIN, P.; HERMY, M. Impact of forest canopy on quality and accuracy of GPS measurements. *International Journal of Remote Sensing*, v. 20, n. 18, p. 2595-3610, 1999. SILESHI, G. W. 2014. A critical review of forest biomass estimation models, common mistakes and corrective measures. *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 Myths. 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.

IBGE. Divisão regional do Brasil em regiões geográficas. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/regioes_geograficas/#/home.

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.

Souza, D.C., Sampaio Filho, I.J., Simonetti, A., Souza, C.A.S., Oliveira, L.R. e Freitas, S.F. A produção de soja na Fazenda São Wustro (Bahia) – safra 2020-2021 - e a mudança do clima ocorrida depois da segunda etapa da Revolução Industrial. Ed. Niro Higuchi – ISBN nº 978-65-00-42466-9, Manaus – AM, 44p.

Araujo, R. F., Chambers, J. Q., Celes, C. H. S., Muller-Landau, H. C., Santos, A. P. F. D., Emmert, F., ... & Higuchi, N. (2020). Integrating high resolution drone imagery and forest inventory to distinguish canopy and understory trees and quantify their contributions to forest structure and dynamics. *PloS one*, 15(12), e0243079.

Carvalho, J. O. P. de. 1997. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 34). Belém: p.41-55.

Ecke, S., Dempewolf, J., Frey, J., Schwaller, A., Endres, E., Klemmt, H. J., ... & Seifert, T. (2022). UAV-based forest health monitoring: a systematic review. *Remote Sensing*, 14(13), 3205.

Favarin, J. L., Dourado Neto, D., García y García, A., Villa Nova, N. A., & Favarin, M. D. G. V. (2002). Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 37, 769-773.

Higuchi, N. 2001. A Inserção do Amazonas no contexto da convenção do clima e Protocolo de Quioto. Apontamentos Didáticos.

Higuchi, N.; Carvalho Jr., J. A. 1994. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: Companhia Vale do Rio Doce (ed.). Emissão

e seqüestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, Rio de Janeiro: 125-153.

Iglhaut, J., Cabo, C., Puliti, S., Piermattei, L., O'Connor, J., & Rosette, J. (2019). Structure from motion photogrammetry in forestry: A review. *Current Forestry Reports*, 5(3), 155-168.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2004. Good practice guidance for land use, land-use changes and forestry. Kanagawa, Japan, Institute for Global Environmental Strategies.

Lowe, G. (2004). Sift-the scale invariant feature transform. *Int. J.*, 2(91-110), 2.

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

Peixoto, A. S. L. (2021). Distribuição e geometria de clareiras em floresta da Amazônia central combinando imagens de aeronave remotamente pilotada (ARP) e dados de campo. Dissertação de mestrado pelo Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais/INPA.

Pilli, R., Anfodillo, T. e Carrer, M. 2006. Towards a functional and simplified allometry for estimating forest biomass. *Forest Ecology and Management*, 237: 583-593.

Silva, R.P. da. 2007. *Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)*. Tese de Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais/ INPA. 152p.

West, G.B., Brown, J.H. e Enquist, B.J. 1999. A general model for the structure and allometry of plant vascular systems. *Nature*, 400: 664-667.

Zianis, D. e Mencuccini, M. 2004. On simplifying allometric analyses of forest biomass. *Forest Ecology and Management*, 187: 311-332.