

Documentos

406

Colombo, PR / Novembro, 2025

Protocolo de avaliação da qualidade da coleta de dados biofísicos em unidades amostrais de inventário florestal: estudo de caso da faixa de proteção de Itaipu

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura e Pecuária*

ISSN 1517-526X / e-ISSN 1980-3958

Documentos 406

Novembro, 2025

Protocolo de avaliação da qualidade da coleta de dados biofísicos em unidades amostrais de inventário florestal: estudo de caso da faixa de proteção de Itaipu

Maria Augusta Doetzer Rosot

Denise Jeton Cardoso

Marilice Cordeiro Garrastazú

Luziane Franciscon

Fernando Luís Dlugosz

Betina Kellermann

Embrapa Florestas

Colombo, PR

2025

Embrapa Florestas	Edição executiva e revisão de texto
Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba	<i>José Elidney Pinto Júnior</i>
Caixa Postal 319	Normalização bibliográfica
83411-000 Colombo, PR	<i>Francisca Rasche</i>
www.embrapa.br/florestas	Projeto gráfico
www.embrapa.br/fale-conosco/sac	<i>Leandro Sousa Fazio</i>
Comitê Local de Publicações	Diagramação
Presidente	<i>Celso Alexandre de Oliveira Eduardo</i>
<i>Patrícia Póvoa de Mattos</i>	Foto da capa
Vice-presidente	<i>Fernando Luís Dlugosz</i>
<i>José Elidney Pinto Júnior</i>	
Secretária-executiva	
<i>Elisabete Marques Oaida</i>	
Membros	
<i>Annette Bonnet</i>	
<i>Cristiane Aparecida Fioravante Reis</i>	
<i>Elene Yamazaki Lau</i>	
<i>Guilherme Schnell e Schühli</i>	
<i>Luis Claudio Maranhão Froufe</i>	
<i>Marina Moura Morales</i>	
<i>Paulo Marcelo Veras de Paiva</i>	
<i>Sandra Bos Mikich</i>	Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Protocolo de avaliação da qualidade da coleta de dados biofísicos em unidades amostrais de inventário florestal: estudo de caso da faixa de proteção de Itaipu. [recurso eletrônico] / Maria Augusta Doetzer Rosot ... [et al.]. - Colombo : Embrapa Florestas, 2025.
 PDF (53 p.) : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1517-526X : e-ISSN 1980-3958 ; 406)

1. Monitoramento da vegetação. 2. Reserva florestal. 3. Coleta de dados. 4. Coleta botânica.
 I. Rosot, M. A. D. II. Cardoso, D. J. III. Garrastazú, M. C. IV. Franciscon, L. V. Dlugosz, F. L. VI. Kellermann, B. VII. Série.

CDD (21. ed) 621.3678

Autores

Maria Augusta Doetzer Rosot

Engenheira florestal, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Denise Jeton Cardoso

Engenheira florestal, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Marilice Cordeiro Garrastazú

Engenheira florestal, mestre em Engenharia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Luziane Franciscon

Estatística, mestre em Estatística e Experimentação Agronômica, Analista da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Fernando Luís Dlugosz

Engenheiro florestal, doutor em Engenharia Florestal, bolsista do convênio Embrapa/Faped/Itaipu, Colombo, PR

Betina Kellermann

Bacharel em Biologia, mestre em Botânica, bolsista do convênio Embrapa/Faped/Itaipu, Colombo, PR

Apresentação

A publicação trata de um aspecto fundamental, mas, muitas vezes negligenciado nos inventários florestais, que é a avaliação da qualidade dos dados coletados no campo. Visando suprir esta lacuna, este documento apresenta uma nova metodologia, estruturada em forma de protocolo, para avaliar a qualidade da coleta de dados biofísicos no inventário florestal, tomando como base o estudo de caso realizado na Faixa de Proteção do Reservatório de Itaipu. O objetivo da avaliação da qualidade da coleta de dados no campo é não somente ratificar a consistência e robustez das variáveis coletadas, mas, também, determinar correções necessárias e, ou aprimoramento dos métodos sendo utilizados na instalação e medição de unidades amostrais (UAs). No conjunto de procedimentos são consideradas três fases principais: (1) verificação dos arquivos digitais entregues, garantindo completude, consistência e padronização de formatos; (2) coleta de informações no campo, com checagem da instalação das unidades amostrais, remedicações de variáveis e aplicação de formulários de avaliação e (3) processamento dos dados para cálculo de índices estatísticos de qualidade, como outliers, índice de correlação intraclasse, erro médio relativo e testes de acuracidade. O protocolo detalha os critérios de avaliação de necromassa, indivíduos arbóreos adultos, regeneração natural, lianas e bambus, bem como procedimentos de marcação, localização e documentação das parcelas. Também fornece orientações sobre equipamentos, navegação com Sistema Global de Navegação por satélite (Global Navigation Satellite System (GNSS), preenchimento de fichas e elaboração de relatórios.

Este trabalho apresenta aderência aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), em especial ao ODS 15. Todas as iniciativas de proteção e aumento da biodiversidade e da adoção de medidas para uma gestão sustentável dos recursos florestais, tais como consta no ODS 15, necessitam de avaliações diagnósticas da floresta, tais como as promovidas pela realização de inventários florestais. Dessa forma, o desenvolvimento

de critérios e de métodos para avaliar e quantificar o grau de qualidade atingido nas coletas de dados biofísicos em florestas contribui para o atingimento de resultados mais precisos, garantindo a confiabilidade dos inventários florestais e seus desdobramentos.

Marcelo Francia Arco-Verde
Chefe-Geral interino da Embrapa Florestas

Sumário

Introdução	7
Fase 1 – Verificação do conjunto de arquivos entregue para cada lote de produto	8
Fase 2 - Coleta de informações no campo	15
Fase 3 - Índices e estatísticas para avaliação da qualidade da coleta de dados do inventário florestal	28
Relatório de avaliação da qualidade	39
Considerações finais	42
Referências	43
Apêndice A - Orientações sobre navegação no GNSS, acesso às Unidades amostrais e respectivo registro de trajeto	45
Apêndice B - Formulários de avaliação da qualidade	46
Apêndice C - Scripts R para a análise de regressão	49

Introdução

A Avaliação da Qualidade dos Dados (DQA, conforme acrônimo em inglês para *Data Quality Assessment*) é a análise da qualidade de um conjunto de dados, sistema de informação ou banco de dados com o objetivo de determinar sua precisão, confiabilidade e consistência. O objetivo da DQA é identificar e corrigir erros, lacunas e inconsistências nos dados, para garantir sua utilidade e relevância para análise e tomada de decisões (The Challenge Initiative, 2025).

Em inventários florestais – principalmente quando executados por equipes terceirizadas - o objetivo da avaliação da qualidade da coleta de dados no campo é não somente balizar a aprovação ou reprovação dos produtos entregues, mas, também, determinar correções necessárias e, ou aprimoramento dos métodos sendo utilizados na instalação e medição de unidades amostrais (UAs). Entretanto, não existem protocolos de avaliação da qualidade relativa a essa fase do inventário, sendo mais comum se reportar apenas à avaliação estatística do sistema de amostragem empregado.

A recente realização de um inventário florestal (IF) por equipes terceirizadas na faixa de proteção do reservatório da Itaipu Binacional e coordenado pela Embrapa Florestas ensejou a estruturação de uma sequência de procedimentos para avaliar a qualidade da coleta de dados de campo de 400 UAs. Essa metodologia foi aplicada a cada 100 UAs instaladas e medidas e a sistematização dos critérios e indicadores adotados veio a constituir um protocolo de avaliação da qualidade, cujas fases são descritas no presente estudo.

A primeira fase da avaliação da qualidade consiste na verificação do conjunto de arquivos que constituem os produtos dos lotes de 100 UAs, desde a completude do conjunto, passando por sua qualidade e formato apropriados, até a consistência dos dados coletados. A segunda fase compreende a revisita a um conjunto de UAs medidas pelas equipes terceirizadas, para avaliar a instalação das parcelas e remedir um subconjunto pré-determinado de variáveis. Numa terceira fase, as observações efetuadas no campo pelos avaliadores são

processadas, de forma a gerar índices e outras estatísticas que representem os indicadores e critérios de qualidade considerados.

Este protocolo contempla a sequência de procedimentos para a avaliação da qualidade nessas três fases, servindo como um manual para as equipes de supervisão e avaliação da qualidade. Inicia-se pela verificação dos arquivos de dados, passando pela coleta de informações no campo - incluindo um formulário padrão a ser preenchido pela equipe de supervisão e avaliação da qualidade - e, por fim, apresentando as etapas de processamento dessas informações com o detalhamento da avaliação global dos produtos e respectiva estrutura do relatório.

Fase 1 – Verificação do conjunto de arquivos entregue para cada lote de produto

Completude e adequação de nomenclatura e formato do conjunto de arquivos digitais

Para cada lote de produto entregue, os formulários de coleta de dados e de material botânico, bem como os arquivos digitais, devem conter os dados brutos coletados em 100 UAs instaladas, devidamente verificados quanto à sua qualidade e consistência e sistematizados conforme indicado na metodologia. O relatório técnico, também em meio digital, deve conter um resumo dos serviços executados, assim como observações e particularidades específicas de uma ou mais unidades amostrais. Arquivos de fotos digitais e de pontos e trajetos de GNSS também fazem parte do conjunto de dados a serem entregues. Outras fotos que a empresa terceirizada considerar relevantes podem ser anexadas em pasta compactada, contendo o prefixo UA seguido do número da unidade de amostra antes da identificação automática do arquivo de imagem.

A Tabela 1 contém a relação dos arquivos e respectivos formatos a serem entregues pela empresa terceirizada, bem como orientações

e exemplos quanto à nomenclatura a ser utilizada. A avaliação da qualidade se dará considerando a completude do conjunto, passando por sua qualidade e formato apropriados, até a consistência dos dados coletados.

Tabela 1. Relação e quantidade de arquivos digitais (exemplificados para o Lote 1) entregues como produto da coleta de dados do inventário da faixa de proteção de Itaipu.

Conteúdo	Formato	Nomenclatura	Quantidade
Dados da ficha de medição da necromassa.		Geral: LOTE1 Aba: Ficha_necromassa	1 aba do arquivo único para o lote
Dados da ficha de metadados da UA.		Geral: LOTE1 Aba: Ficha_metadados	1 aba do arquivo único para o lote
Dados da ficha de regeneração natural classe I (RN1).		Geral: LOTE1 Aba: Ficha_RNI	1 aba do arquivo único para o lote
Dados da ficha de medições das subunidades e regeneração natural classe II (RNII).	xlsx	Geral: LOTE1 Aba: Ficha_Subunid_e_RNII	1 aba do arquivo único para o lote
Dados da ficha de medição de lianas.		Geral: LOTE1 Aba: Ficha_lianas_cipos	1 aba do arquivo único para o lote
Dados da ficha de medição de bambus.		Geral: LOTE1 Aba: Ficha_medicao_bambus	1 aba do arquivo único para o lote
Dados da ficha de coleta botânica.		Geral: LOTE1 Aba: Ficha_coleta_botanica	1 aba do arquivo único para o lote
Relatório técnico.	pdf	RELATORIO_LOTE1	1 arquivo por lote
Pontos de acesso.	shapefile de pontos	Geral: PAS_LOTE1 Nome dos pontos: PA seguido do número da UA. Ex. PA001, PA002, etc.	1 arquivo por lote
Trajeto do ponto de acesso até um dos vértices da UA.	shapefile de linhas	Geral: TRAJETOS_LOTE1 Nome dos trajetos: TRAJETO seguido do número da UA. Ex. TRAJETO001, TRAJETO002 etc.	1 arquivo por lote
Foto de cobertura de copas.	jpeg	COPAS seguido do número da UA. Ex. COPAS001. Se houver mais de uma foto, acrescentar letras minúsculas a, b, c etc, após o número da UA.	No mínimo 100 arquivos por lote

Continua...

Continuação.

Conteúdo	Formato	Nomenclatura	Quantidade
Fotos adicionais.	jpeg	UA seguido do número da UA antes do nome original do arquivo de imagem. Ex. UA001DCIM104825.	Indeterminado

Consistência dos dados coletados

Os arquivos armazenados em planilha eletrônica (Excel) serão submetidos a uma avaliação de consistência em relação aos valores de determinadas variáveis, bem como em relação às unidades de medida adotadas e ao local de coleta (subunidade, subparcela). Serão efetuados testes de consistência por filtragem, analisando parâmetros, listas de nomes (grafias) e valores. A Tabela 2 contém a listagem dos parâmetros a serem considerados nos testes de consistência.

Tabela 2. Especificações e valores de variáveis consideradas para os testes de consistência do conjunto de dados armazenados em planilha eletrônica.

Ficha	Variável	Critério
Necromassa	Número da UA	De 001 a 400
	Data	2024 ≤ Ano ≤ 2025
	Chefe de equipe	Constar
	Linha_segmento	Constar
	Número	Constar (zero se não houver)
	Diâmetro	Ser ≥ 20 mm
	Nível de decomposição	Variando de 1 a 3
Metadados	Num_UA	De 001 a 400
	Data	2024 ≤ Ano ≤ 2025
	Chefe_equipe	Constar
	Municipio_UA	Constar
	Tipo_acesso	Constar
	Localidade_PA	Constar
	UTM_E_PA_m	Entre 748000 e 791000

Continua...

Continuação.

Ficha	Variável	Critério
	UTM_N_PA_m	Entre 7.183.000 e 7.332.000
	Acessibilidade	Constar
	UTM_E_V1_m	Comparar coordenadas SIG
	UTM_N_V1_m	Comparar coordenadas SIG
	UTM_E_V3_m	Comparar coordenadas SIG
	UTM_N_V3_m	Comparar coordenadas SIG
	UTM_E_V7_m	Comparar coordenadas SIG
	UTM_N_V7_m	Comparar coordenadas SIG
	UTM_E_V9_m	Comparar coordenadas SIG
	UTM_N_V9_m	Comparar coordenadas SIG
	Cobert_copas	Constar
	Sub_bosque	Constar
Metadados	Evid_antropismo	Constar, se houver
	Posicao_fisiogr	Constar
	Erosao	Constar
	Obs	Constar, se houver
	UTM_E_S1_m	Constar, se houver
	UTM_N_S1_m	Constar, se houver
	UTM_E_S3_m	Constar, se houver
	UTM_N_S3_m	Constar, se houver
	UTM_E_S7_m	Constar, se houver
	UTM_N_S7_m	Constar, se houver
	UTM_E_S9_m	Constar, se houver
	UTM_N_S9_m	Constar, se houver
Regeneração natural classe I (RNI)	Num_UA	De 001 a 400
	Data	2024 ≤ Ano ≤ 2025
	Chefe_equipe	Constar
	Subparcela	1, 3, 7 ou 9
	Número	Constar
	Nome	Constar
	Cod_fuste	Constar, se houver
	DAP_mm	Inferior a 50
	H_tot_m	Valor mínimo 1,30 m (0,30 m xaxim)
	Sit	Constar, se houver

Continua...

Continuação.

Ficha	Variável	Critério
	Num_UA	De 001 a 400
	Data	2024 ≤ Ano ≤ 2025
	Chefe_equipe	Constar
	Subunidade	Variando de 1 a 9
	Plaqueta	Constar
	X	Variando de 0 a 30
	Y	Variando de 0 a 30
	Nome	Constar
Medições das subunidades e regeneração natural classe II (RNII)	Cod_fuste	Constar (para números de plaketas iguais)
	CAP_cm	Ser maior ou igual a 15,5 cm se subunidade = 5. Ser maior ou igual a 31,5 cm em todas as outras subunidades
	H_tot_m	Ser maior que H_fuste, ser maior que 1,30 m, ser menor que 40 m
	H_fuste_m	Ser menor que H_total
	QF	Variando entre 1 e 6
	PS	Variando entre 1 e 3
	NL	Constar, se houver
	Num_UA	De 001 a 400
	Data	2024 ≤ Ano ≤ 2025
	Chefe_equipe	Constar
	Subunidade	Variando de 1 a 9
	Plaqueta_arvore	Constar, se houver
	Número	Constar (zero se não houver)
Medição de lianas	Nome	Constar
		Ser menor que 50 mm ou maior ou igual a 100 mm, se subunidade = 1, 3, 7 ou 9
	DAP_mm	Ser maior ou igual a 50 mm se subunidade = 5 Ser maior ou igual a 100 mm, se subunidade = 2, 4, 6 ou 8
	Sit	Se constar, M ou C

Continua...

Continuação.

Ficha	Variável	Critério
Medição de bambus	Num_UA	De 001 a 400
	Data	2024 ≤ Ano ≤ 2025
	Chefe_equipe	Constar
	Subunidade	Variando de 1 a 9
	Gabarito	Variando de 1 a 3
	Total_colmos	Constar (zero se não houver)
	Nome	Constar
	DAP1_mm	Constar, se houver
	DAP2_mm	Constar, se houver
	DAP3_mm	Constar, se houver
Coleta botânica	DAP4_mm	Constar, se houver
	DAP5_mm	Constar, se houver
	Número UA	De 001 a 400
	Data	2024 ≤ Ano ≤ 2025
	Coletor	Constar
	Município	Constar
	Localidade	Constar
	Altitude	Entre 210 e 254 m
	Solo	Constar
	Relevo	Constar
	Subunidade	Variando de 1 a 9
	Número da subparcela	1, 3, 5, 7 ou 9
	Plaqueta	Constar
	Número	Constar
	Gabarito	Constar, se houver
	Família	Constar, se houver
	Nome vulgar	Constar, se houver
	Nome científico	Constar, se houver
	Luminosidade	Constar
	Substrato	Constar
	Hábito	Constar
	DAP	Constar
	CAP	Constar

Continua...

Continuação.

Ficha	Variável	Critério
Coleta botânica	Altura	Constar
	Exsudato	Constar, se houver
	Raízes	Constar, se houver
	Casca	Constar
	Folhas	Constar
	Cor das folhas	Constar
	Frutos	Constar, se houver
	Observações sobre os frutos	Constar, se houver
	Cor do cálice das flores	Constar, se houver
	Cor da corola das flores	Constar, se houver
	Observações sobre as flores	Constar, se houver
	Observações complementares	Constar, se houver

UA = Unidade Amostral; Num_UA = número da Unidade Amostral; Localidade_PA = localidade do ponto de acesso; UTM_E_PA = coordenada UTM *east* do ponto de acesso; UTM_N_PA = coordenada UTM *northing* do ponto de acesso; UTM_E_V1_m = coordenada UTM *east* do vértice V1, em metros; UTM_N_V1_m = coordenada UTM *northing* do vértice V1, em metros; (idem para os outros, só variando o número do vértice); Cobert_copas = cobertura de copas; Evid_antropismo = evidências de antropismo; Posicao_fisiogr = posição fisiográfica; Obs = observação; UTM_E_S1 = coordenada UTM *east* da subparcela 1 em metros; UTM_N_S1 = coordenada UTM *northing* da subparcela 1 em metros; (idem para os outros, só mudando o número da subparcela); Cod_fuste = código do fuste; DAP_mm = diâmetro à altura do peito em milímetros; H_tot_m = altura total em metros; Sit = situação da árvore; X = coordenada cartesiana X da árvore; Y = coordenada cartesiana Y da árvore; CAP_cm = circunferência à altura do peito em centímetros; H_fuste_m = altura do fuste em metros; QF = qualidade do fuste; PS = posição sociológica; NL = número de lianas; DAP1_mm = diâmetro do colmo 1 em milímetros (igual para os demais apenas variando o número do colmo)

Adicionalmente, serão sorteadas duas UAs para cada equipe de medição, para comparação entre os valores constantes em todos os campos de todos os formulários de campo escanerizados e os valores digitados na planilha eletrônica (Excel). Essa verificação visa detectar eventuais erros de digitação que não tenham sido captados por meio dos testes de consistência. Após avaliação, os registros não consistentes serão listados em relatório de planilha eletrônica.

Fase 2 – Coleta de informações no campo

A avaliação da qualidade da coleta de dados no campo será realizada por amostragem em um percentual de UAs já instaladas e consistirá de critérios qualitativos e quantitativos. Detalhes sobre os procedimentos padronizados de instalação e medição das UAs podem ser encontrados no Manual de Campo: Coleta de Dados Biofísicos nas unidades amostrais de inventário florestal da faixa de proteção de Itaipu (Rosot et al., 2025). A equipe de supervisão da qualidade deverá estar de posse do conjunto das fichas de campo entregues pelas equipes terceirizadas de coleta de dados, bem como demais arquivos digitais constantes do produto entregue.

Equipe

A equipe de supervisão e avaliação da qualidade será composta, minimamente, por três pessoas, sendo uma delas o supervisor e avaliador da qualidade e dois ou mais auxiliares técnicos.

Seleção das unidades amostrais a serem visitadas

A cada lote de 100 UAs serão avaliadas doze UAs, correspondendo a 12% do lote e contemplando, necessariamente, quatro diferentes equipes. O sorteio aleatório das UAs ocorrerá em cada conjunto de UAs medidas pela mesma equipe (três UAs por equipe).

O acesso à faixa será facilitado por Itaipu, especialmente no caso de necessidade de tráfego dentro de propriedades particulares. A equipe deve usar a logotipo fornecida para colocação nos veículos e cada membro deve possuir documento identificador (crachá e, ou contrato de participação no projeto).

Materiais e equipamentos

A equipe de supervisão e avaliação da qualidade deverá dispor dos materiais listados na Tabela 3 para a amostragem das UAs sendo avaliadas, destacando-se a obrigatoriedade do uso de EPIs por seus membros.

Tabela 3. Checklist de equipamentos necessários para a avaliação da coleta de dados na unidade amostral.

Materiais e equipamentos	Qtde	Materiais e equipamentos	Qtde
Balizas (mínimo jogo com 5)	1	GNSS de navegação/bateria	1
Bastão-padrão de 1,3 m (de madeira ou taquara)	1	Kit de primeiros socorros	1
Binóculos	1	Conjunto de fichas de campo preenchidas e entregues pelas equipes terceirizadas	5
Boné	3	Lanterna e pilhas (extras)	4
Cantil	3	Lapiseira e borracha	3
Capa de chuva	3	Lanterna	4
Capaceté	3	Luva de lona	1
Colete	3	Máquina fotográfica	1
Crachá	3	Marreta	1
Coturno (par)	3	Martelo	1
Facão	2	Mochila	3
Filtro solar	3	Perneira	3
Fita para medição de CAP	2	Prancheta	2
Foice	1	Repelente	3
Formulário de avaliação da qualidade	5	Trena 50 m	2
Galão com água	2	Régua hipsométrica ou vara telescópica	1

Avaliação das informações de acesso às unidades amostrais

Uma vez selecionadas as UAs, a equipe de supervisão terá acesso ao croqui digital (Figura 1) elaborado pelas equipes de campo e, com base neste, reproduzirá em equipamento GNSS o trajeto do ponto de acesso (último ponto acessível, por carro ou barco, antes da UA propriamente dita) até os limites da UA.

A avaliação deverá analisar se:

- o ponto de acesso foi marcado;
- o trajeto conduz, efetivamente, a um dos vértices da UA.

Detalhes sobre a operação do GNSS são encontradas no Anexo I.

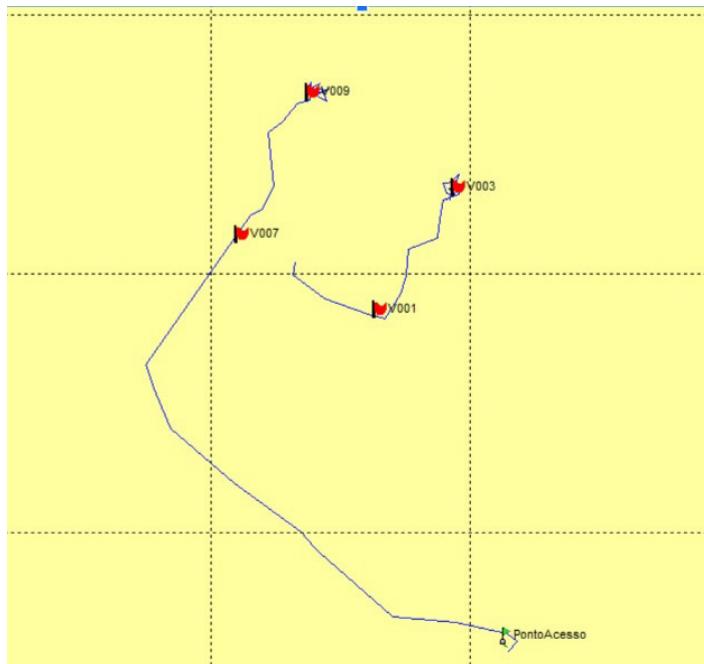


Figura 1. Exemplo de croqui digital marcando ponto de acesso e trajeto até a unidade amostral.

Avaliação dos procedimentos de instalação da unidade amostral

Na área da UA deverá ser avaliada a qualidade de sua instalação. Deve-se também observar se:

- os segmentos limites possuem 30 metros de comprimento;
- os vértices V1, V3, V7 e V9 estão identificados e com a numeração correta, de acordo com as coordenadas fornecidas para os pontos (Figura 2);
- os piquetes demarcatórios estão bem fixados ao solo;

- os locais de pintura nos fustes e de fixação de placa estão adequados.

A pintura do fuste com tinta azul consiste em dois pontos opostos, em faixa estreita em torno de 2 cm de largura, situados à altura de 1,30 m do nível do solo (Figura 3A). A placa de alumínio deve estar inserida a cerca de 10 a 15 cm acima do ponto de medição, deixando-se a cabeça do prego afastada cerca de 3 cm do fuste (Figura 3B).

Além disso, deve-se avaliar a necessidade da realocação da UA e se a decisão apropriada foi tomada pelas equipes de campo com relação a esse item. Possíveis justificativas para a realocação da UA em até 100 m de raio a partir de qualquer um dos vértices originais incluem:

- a existência de rios, áreas alagadas ou banhados que não possam ser transpostos pela equipe e, ou que impeçam a instalação da parcela;
- a localização da UA sobre outra classe de uso e cobertura da terra (“não-floresta”¹);
- a presença de rochas, árvores caídas de grandes dimensões ou outros obstáculos que impeçam a materialização de um ou mais dos quatro vértices-limite.

Também deve-se avaliar se a UA foi desnecessariamente realocada.

¹ O estrato “não-floresta” inclui outros tipos de uso e cobertura da terra tais como: agricultura; arbustos; vegetação de várzea; área de pousio; campo; corpos d’água; edificações; pecuária; entre outros.

Foto: Maria Augusta Doeizer Rosot



Figura 2. Exemplo de padrão de identificação de vértices em piquete de demarcação, com detalhe ao vértice V1 da unidade amostral 015.

Fonte: Rosot et al. (2025).

Fotos: Maria Augusta Doeizer Rosot

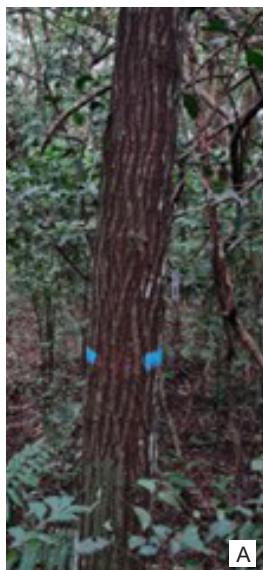


Figura 3. (A) Pontos de pintura no fuste da árvore a ser medida; (B) Local de inserção de plaqueta de alumínio identificadora da árvore.

Avaliação da ficha de metadados

Todos os itens da ficha de metadados da UA deverão ser preenchidos novamente e de forma independente, pelo supervisor da qualidade. No processamento da avaliação será verificada a concordância ou discordância de cada item, em comparação com a ficha preenchida pela empresa terceirizada (Tabela 4).

Tabela 4. Ficha de metadados da unidade amostral.

Nº	Descrição
1	Número UA: Informar o número da Unidade de Amostra.
2	Data: dd/mm/aaaa.
3	Chefe de equipe: Nome completo do chefe de equipe.
4	Município UA: Nome do município onde está localizada a UA.
5	Tipo de acesso: Selecionar o(s) tipo(s) de acesso à UA: estrada pública, propriedade particular, empresa, via aquática, outro (descrever), desde o local de alojamento das equipes.
6	Localidade_PA: Informar o nome da localidade do ponto de acesso (ponto mais próximo da UA que se pode atingir de carro ou barco), se houver.
7	Coordenadas PA: Informar as coordenadas UTM E e N (m) do ponto de acesso (ponto mais próximo da UA que se pode atingir de carro ou barco).
8	Acessibilidade: Selecionar o grau de dificuldade para o deslocamento entre o ponto de acesso e o local de instalação da UA (fácil, com restrições, difícil).
9	Coordenadas UA: Coordenadas UTM E e N (m) dos quatro vértices externos (V1, V3, V7 e V9) da UA.
10	Cobertura de copas: Por estimativa visual, selecionar a classe de cobertura de copas ($\leq 10\%$, $11\text{--}50\%$, $51\text{--}70\%$, $> 70\%$). Por cobertura de copas entende-se a percentagem média da projeção plana da cobertura florestal formada pelos ramos e folhagem das copas das árvores em relação à área total da UA.
11	Sub-bosque: Selecionar o tipo de sub-bosque predominante na UA (denso, médio, ralo).
12	Evidências antropismo: Selecionar uma ou mais evidências de marcas deixadas pela presença humana na área da UA [(incêndio recente, incêndio antigo, taquaras, gado, vestígios caçadores/pescadores, vestígios atividades ilícitas, mineração, vegetação exótica, danos à vegetação) ou informar outros indícios quando presentes (outros)].
13	Posição fisiográfica: Selecionar a condição predominante do terreno na UA (seca, úmida).
14	Erosão: Informar a presença ou ausência de sulcos de erosão (sim, não).
15	Obs.: Se necessário, incluir observações sobre o acesso à UA e pontos de referência ou características do terreno que possibilitem a sua localização nas medições posteriores. Informar, também, quaisquer outras características relevantes não constantes nos metadados, tais como outras evidências de antropismo, necessidade e direção do deslocamento da parcela, discrepâncias no mapa etc.
16	Novas coordenadas vértices V1, V3, V7 e V9: Informar as coordenadas UTM E e N (m) dos vértices associados às subunidades 1, 3, 7 e 9.

Avaliação da ficha de medição da necromassa

Deverá ser observado o segmento escolhido para a medição da necromassa (V1-V3; V3-V9; V7-V9 ou V1-V7) e se o número de observações (registros) representa a quantidade aproximada de resíduos existentes no local. Caso não haja registros na ficha de necromassa entregue pelos terceirizados, deve-se observar se a inconformidade não foi justificada ou se trata de uma condição excepcional de inexistência de necromassa ao redor da UA.

Avaliação da ficha de medição das subunidades e da regeneração natural classe II (RNII)

Em quatro das doze UAs selecionadas para avaliação – tendo sido medidas por quatro diferentes equipes da empresa terceirizada - serão preenchidas as fichas de medição das subunidades e da regeneração natural classe II (RNII) na sua integralidade pelo avaliador da qualidade. Nas oito UAs restantes, a princípio serão medidos nove indivíduos aleatoriamente por UA, registrando-se os valores observados para todas as variáveis listadas e procurando avaliar indivíduos nas classes de diâmetro com CAPs menores, intermediários e maiores, de acordo com a amplitude observada nas fichas de campo originais (Tabela 5, Tabela 6). Dos nove indivíduos medidos, dois devem pertencer à classe de RNII (se houver), medida na subunidade 5 (Figura 4).

Tabela 5. Ficha de medições das subunidades e regeneração natural II.

Nº	Ficha de medições das subunidades e RNII
1	Número UA: Informar o número da unidade de amostra.
2	Data: dd/mm/aaaa.
3	Chefe de equipe: Nome completo do chefe de equipe.
4	Subunidade: Informar o número da subunidade.
5	Plaleta: Anotar o número da plaleta pregada na árvore ou pendurada em xaxins.
6	X: Valor da coordenada cartesiana X, medida a partir da origem da UA (vértice esquerdo inferior com visada a partir da linha d'água).
7	Y: Valor da coordenada cartesiana Y, medida a partir da origem da UA (vértice esquerdo inferior com visada a partir da linha d'água).
8	Nome: Anotar o nome da espécie, preferencialmente o científico.
9	Código do fuste: Utilizar letras (A, B, C, etc) para identificar os diferentes fustes nas árvores bifurcadas, trifurcadas etc. Nesse caso, o número da plaleta (campo 5) é repetido para todos os fustes.
10	CAP: Valor do CAP com casca em centímetros (precisão de 0,5 cm), medido sobre os dois pontos previamente pintados no fuste. Para xaxins corresponde ao CAP a 0,30 m do nível do solo.
11	Htot: Valor da altura total da árvore, palmeira ou xaxim, em metros, com precisão de uma unidade decimal, medida ou estimada com vara telescópica.
12	Hfuste: Valor da altura do fuste da árvore, palmeira ou xaxim, em metros, com precisão de uma unidade decimal, medida ou estimada com vara telescópica.
13	QF: Qualidade e sanidade do fuste da árvore, palmeira ou xaxim em seis categorias: 1-reto e sadio; 2-reto com podridão; 3-torto e sadio; 4-torto e com podridão; 5-quebrado; 6-árvore/palmeira/xaxim morto.
14	PS: Posição sociológica da árvore/palmeira/xaxim em relação ao dossel observado na UA, em três categorias: 1-dominante; 2-codominante; 3-dominada.
15	NL: Número de caules de lianas/cipós encontrados sobre o fuste da árvore (deixar em branco se não houver).

Fonte: Rosot et al. (2025)

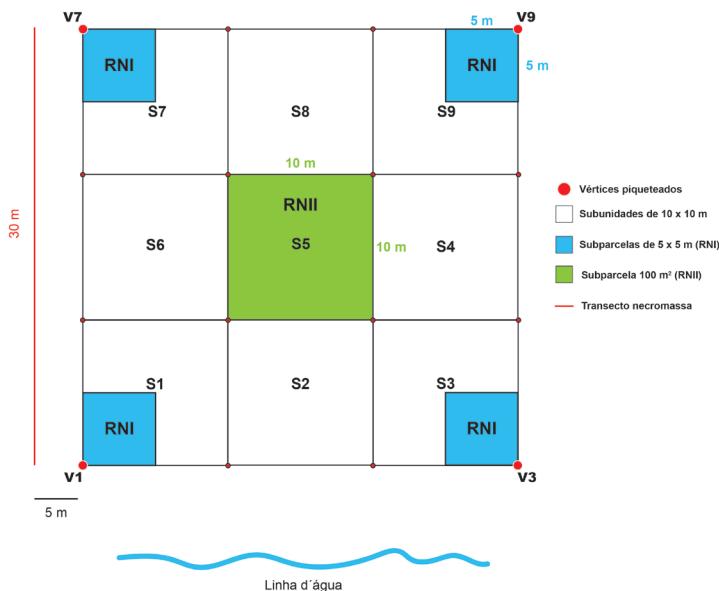


Figura 4. Desenho esquemático da unidade de amostra e suas subdivisões, com destaque para a subunidade 5 onde devem ser avaliados indivíduos da classe II de regeneração natural (RNII).

Fonte: Rosot et al. (2025).

Tabela 6 Lista de variáveis e local de medição por forma de vida.

Forma de vida	Subunidade subparcela	Condição	Variáveis	Observações
Árvore viva ou morta	Subparcela 1, 3, 7 e 9	DAP < 5 cm, $h_{tot} > 1,3$ m	DAP, h_{tot} , SIT	SEM pintura, placa ou coordenadas.
	Subunidade 5	DAP ≥ 5 cm, $h_{tot} > 1,3$ m	CAP, h_{tot} , h_{base} , QF, PS, NL	COM pintura, placa ou coordenadas.
	Todas as subunidades	DAP ≥ 10 cm, $h_{tot} > 1,3$ m	CAP, h_{tot} , h_{base} , QF, PS, NL	COM pintura, placa ou coordenadas.
Palmeira viva ou morta	Subparcela 1, 3, 7 e 9	DAP < 5 cm, $h_{tot} > 1,3$ m	DAP, h_{tot} , SIT	SEM pintura, placa ou coordenadas. Quando em touceiras, medir os 3 maiores caules.
	Subunidade 5	DAP ≥ 5 cm, $h_{tot} > 1,3$ m	CAP, h_{tot} , h_{base} , QF, PS, NL	COM pintura, placa ou coordenadas. Quando em touceiras, medir os 3 maiores caules. Quando saem os primeiros brotos.
	Todas as subunidades	DAP ≥ 10 cm, $h_{tot} > 1,3$ m	CAP, h_{tot} , h_{base} , QF, PS, NL	COM pintura, placa ou coordenadas. Quando em touceiras, medir os 3 maiores caules. $h_{tule} =$ onde saem os primeiros brotos.
Xaxim vivo ou morto	Subparcela 1, 3, 7 e 9	$D_{base} < 5$ cm, $h_{tot} > 0,3$ m	D_{base} , h_{tot} , SIT	SEM pintura, placa ou coordenadas. Base = 0,30 m do nível do solo.
	Subunidade 5	$D_{base} \geq 5$ cm, $h_{tot} > 0,3$ m	C_{base} , h_{tot} , h_{base} , QF, PS, NL	SEM pintura, placa com arame, coordenadas. $h_{tule} =$ onde saem os primeiros brotos. QF = 6 para morto ou deixar em branco. Base = 0,30 m do nível do solo.
	Todas as subunidades	$D_{base} \geq 10$ cm, $h_{tot} > 0,3$ m	C_{base} , h_{tot} , h_{base} , QF, PS, NL	SEM pintura, placa com arame, coordenadas. $h_{tule} =$ onde saem os primeiros brotos. QF = 6 para morto ou deixar em branco. Base = 0,30 m do nível do solo.

Continua...

Continuação.

Forma de vida	Subunidade subparcela	Condição	Variáveis	Observações
	Subparcela 1, 3, 7 e 9	DAP < 5 cm, comprim. > 1,3 m, sobre árvore	DAP, SIT*	SEM pintura; placa ou coordenadas. Ponto de medição em local mais próximo possível a 1,30 m do nível do solo.
Liana viva ou morta	Subunidade 5	DAP ≥ 5 cm, comprim. > 1,3 m, sobre árvore	DAP, SIT*	SEM pintura; placa ou coordenadas. Número da placa ou coordenadas. Número em local mais próximo possível a 1,30 m do nível do solo.
	Todas as subunidades	DAP ≥ 10 cm, comprim. > 1,3 m, sobre árvore	DAP, SIT*	SEM pintura; placa ou coordenadas. Número da placa ou coordenadas. Número em local mais próximo possível a 1,30 m do nível do solo.

SEM pintura; placa ou coordenadas. DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m); Dbase = diâmetro de base (a 0,30 m do nível do solo); CAP = circunferência à altura do peito (1,30 m); Cbase = circunferência de base (a 0,30 m do nível do solo); Htot = altura total; Hfuste = altura do fuste; QF = qualidade e sanidade do fuste; PS = posição sociológica; NL = número de lâanas; SIT = situação ("M" se morta); SIT* = situação ("M" se morta; "C" se foi contada) UA = unidade de amostra; DAP = diâmetro à altura do peito (1,3 m); CAP = circunferência à altura do peito (1,3 m); Htot = altura total; H fuste = altura do fuste; QF = qualidade e sanidade do fuste; PS = posição sociológica.

Fonte: Rosot et al. (2025)

Avaliação da ficha de medição de lianas

A coleta de informações sobre a qualidade da coleta de dados nessa categoria não envolve remoções, mas, sim, a avaliação da coerência entre o número de lianas registrado para toda a parcela em relação ao observado pela equipe de supervisores no campo, conforme formulário de avaliação.

Deve-se ressaltar que apenas lianas ou cipós que estiverem enrolados ou apoiados no fuste de árvores devem ter sido considerados para medição pelas equipes terceirizadas.

Avaliação da ficha de medição de bambus

Em relação à amostragem de bambus, a equipe de supervisão deve fazer uma varredura em todas as subunidades da UA (Figura 5), verificando a existência de bambus isolados ou em touceiras até 1 m para cada lado da diagonal que liga o vértice inferior esquerdo ao vértice superior direito de cada subunidade.

No formulário de avaliação, deve ser reportada a eventual inexistência de registros por subunidade nas fichas entregues pela terceirizada, no caso de serem observados bambus nesses locais.

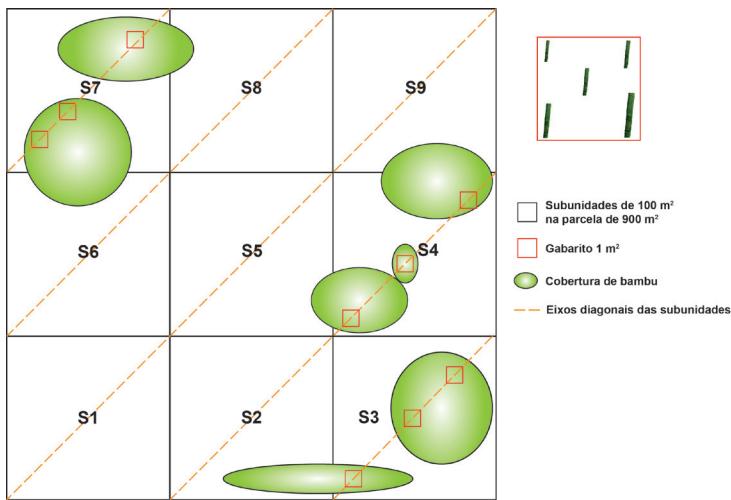


Figura 5. Desenho esquemático simulando a condição de uma parcela de 900 m² com relação à cobertura de bambu (em verde) nas subunidades de 100 m² e a respectiva estratégia de amostragem a ser adotada, com cinco plantas abrangendo toda a variabilidade de tamanhos dentro dos gabaritos de 1 m² (representados pelo quadrado em vermelho, à direita), colocados sobre os eixos diagonais das subunidades 3, 4 e 7.

Fonte: Rosot et al. (2025).

Formulário para avaliação da qualidade da coleta de dados em campo

O formulário apresentado no Anexo 2 deve ser preenchido para cada uma das doze UAs selecionadas para avaliação da qualidade do lote. Está dividido em três partes:

- Ficha de metadados – a ser preenchida na sua integralidade pelo supervisor, conforme instruções da Tabela 4, para posterior comparação com a ficha entregue pela empresa terceirizada;
- Ficha de medições das subunidades e RNII – a ser preenchida com os dados da subamostra sendo avaliada pelo supervisor,

conforme instruções da Tabela 5, para posterior comparação com a ficha entregue pela empresa terceirizada;

- c) Ficha de avaliação de conformidades e discrepâncias.

Finalização da coleta de dados da unidade amostral para avaliação da qualidade

Tendo-se concluído todas as verificações e medições previstas para a UA avaliada, todos os equipamentos e materiais devem ser recolhidos para o transporte até a base. Recomenda-se a verificação da lista de materiais e equipamentos trazida para campo, no dia. Adicionalmente, deve-se verificar se todos os campos dos formulários de avaliação foram corretamente preenchidos.

Fase 3 – Índices e estatísticas para avaliação da qualidade da coleta de dados do inventário florestal

A qualidade e a precisão dos dados obtidos em inventários florestais dependem diretamente da eficácia dos métodos de coleta e da consistência das medições realizadas no campo. Nesse contexto, índices e gráficos de controle de qualidade desempenham um papel importante.

Os índices permitem monitorar e avaliar a confiabilidade dos dados coletados, identificando possíveis erros, inconsistências e desvios que podem comprometer as análises subsequentes. Gráficos como histograma, boxplot, gráfico de dispersão e gráfico de controle auxiliam na identificação e correção de possíveis erros em diferentes aspectos do processo de coleta, desde a precisão das medições até a consistência espacial dos dados. Ao utilizar essas ferramentas, é possível assegurar que os dados refletem com precisão as características do ecossistema florestal, garantindo que as decisões de manejo e conservação sejam baseadas em informações confiáveis.

Para o cálculo dos índices e outros parâmetros de qualidade relativos aos formulários de campo do inventário florestal são consideradas as seguintes variáveis quantitativas: DAP (cm), altura total (m), altura do fuste (m) e número de lianas. Variáveis categóricas, tais como posição sociológica ou qualidade e sanidade do fuste, por exemplo, devem ser analisadas segundo um percentual médio de concordância ou discordância. Em ambos os casos, os índices ou estatísticas são derivados da comparação entre os conjuntos de dados obtidos pela equipe de avaliação da qualidade e os conjuntos entregues pelas equipes de campo do IF.

Alguns dos cálculos de índices e gráficos dos dados foram implementados em scripts no ambiente R (R Core Team, 2025). Outros podem ser calculados diretamente nas planilhas Excel preenchidas pela equipe de avaliação.

Detecção de outliers dos dados

Antes de se comparar os dados coletados pela equipe de avaliação da qualidade com os dados originais coletados pelas equipes terceirizadas de campo, uma análise da dispersão apenas destes últimos é bastante útil para identificar valores que estão significativamente fora do padrão esperado (outliers), o que pode indicar erros de coleta ou de entrada dos dados. Entre as ferramentas disponíveis para essa análise está o gráfico boxplot. Na Figura 6 são observados os elementos de um boxplot: a caixa, mediana, os quartis, intervalo interquartil e valores atípicos ou outliers.

- Caixa (box): a parte central do boxplot representa o intervalo interquartil (IQR). A caixa é delimitada pelo primeiro quartil ($Q1 = 11,69$ cm) e o terceiro quartil ($Q3 = 23,62$ cm). Isso significa que 50% dos dados estão contidos dentro da caixa.
- Mediana ($Q2 = 16,06$ cm): representada por uma linha traçada dentro da caixa, que marca a posição de 50% dos dados.

- Intervalo Interquartil (IQR - *Interquartile Range*): a diferença entre Q3 e Q1 ($IQR = Q3 - Q1 = 11,93\text{ cm}$), que mostra a dispersão central dos dados.
- Bigodes (*Whiskers*): são as linhas que se estendem a partir da caixa até o menor e o maior valor dentro de 1,5 vez o IQR a partir dos quartis. Valores além desse limite são considerados *outliers*.
- Valores atípicos (*outliers*): pontos que estão além de 1,5 vez o IQR, indicados por pontos vermelhos na figura.

A regra para a identificação de possíveis outliers é definida pelos seguintes limites:

Limite inferior: $Q1 - 1,5 \times IQR$

Limite superior: $Q3 + 1,5 \times IQR$

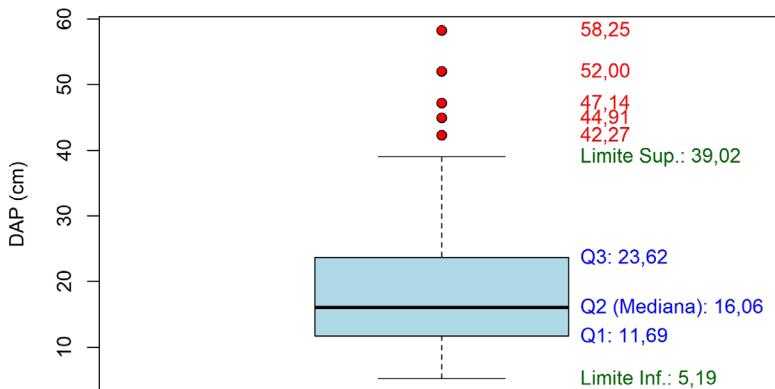


Figura 6. Exemplo de boxplot relativo à variável diâmetro à altura do peito (DAP).

Quando implementada no R, a construção do boxplot é obtida por meio do seguinte script (Figura 7):

```
>boxplot(dados$diametro, ylab = "DAP (cm)", xlab= "UA")
```

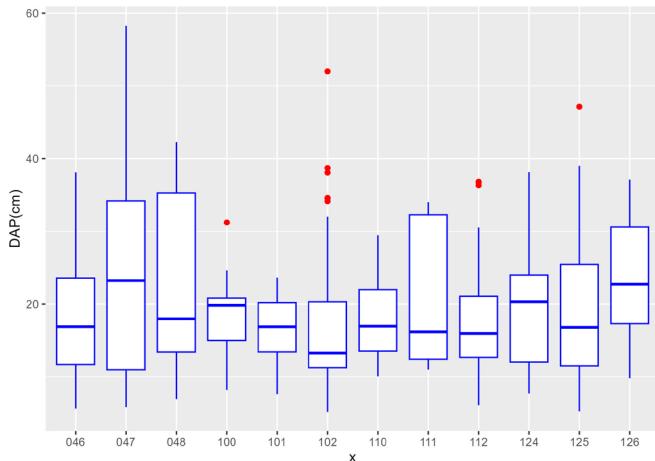


Figura 7. Janela do programa R mostrando linha de código (*script*) e resultado gerado (*boxplot*).

Legenda: DAP: Diâmetro à altura do peito, em centímetros.

Índice de correlação intraclasse

O índice de correlação intraclasse (ICI) é uma medida de confiabilidade, usada para avaliar a consistência das medições feitas por diferentes avaliadores. Considera tanto a variabilidade entre as medições quanto a variabilidade entre os avaliadores. Para o cálculo são usados como inputs os dados medidos pela equipe de avaliação da qualidade comparados aos dados medidos pelas equipes de campo do IF.

$$ICI = \frac{MS_R - MS_E}{MS_R} \quad (\text{Equação 1})$$

em que

MS_R : A média dos quadrados entre indivíduos (árvore ou parcelas).

MS_E : A média dos quadrados do erro residual.

No ambiente R, os cálculos são obtidos por meio do seguinte script:

```
#Calculo do ICI
library(irr)
icc(data.frame(DAP_campo, DAP_referencia), model = "twoway", type = "consistency",
unit = "single")
[1] 0,967
```

Na Tabela 7 é mostrada a interpretação do ICI conforme as faixas de valores calculados. No exemplo apresentado, a concordância entre a equipe de campo e da equipe de avaliação foi 0,97, o que indica alta concordância entre as medições de ambas as equipes, refletindo boas práticas operacionais e procedimentos consistentes.

Tabela 7. Interpretação dos valores do índice de correlação intraclass.

Valor de ICI	Interpretação
< 0,5	Baixa confiabilidade
0,5 – 0,75	Confiabilidade moderada
0,75 – 0,90	Boa confiabilidade
> 0,90	Excelente confiabilidade

Erro médio relativo (EMR)

O erro médio relativo (EMR) é um indicador utilizado para avaliar a precisão das medições realizadas em relação ao valor de referência. Identifica possíveis erros sistemáticos ou aleatórios. Nesse caso, também são usados os conjuntos de variáveis quantitativas das equipes de avaliação da qualidade e de medição de campo do IF.

$$EMR = \sum_{i=1}^n \frac{(|X_i - Y_i|)}{Y_i} \quad (\text{Equação 2})$$

em que

X_i = Valor medido pela equipe de camp.

Y_j = Valor de referência medido pela equipe de avaliação da qualidade.

Quando implementada no R, a função do EMR é obtida por meio do seguinte script:

```
# Função para calcular o Erro Médio Relativo (EMR)
form_emr <- function(av_campo, av_ref) {
  emr <- (abs(av_campo - av_ref) / av_ref) * 100
  return(emr)
}

# Aplicando a função ao conjunto de dados
emr_DAP <- form_emr(dados$Equipe_Campo, dados$Equipe_Avaliacao)

# Calculando o Erro Médio Relativo (ERM)
emr <- mean(emr_DAP)*100

[1] "Erro Médio Relativo (ERM): 1.07%"
```

O EMR também pode ser expresso como uma porcentagem, multiplicando o resultado por 100. Isso significa que, no exemplo, a incerteza da sua medição é de 1,07% do valor medido.

Análise de acuracidade

Considerando-se as medidas efetuadas pela equipe de avaliação da qualidade como os valores de referência das variáveis, é possível avaliar a acuracidade das medições efetuadas pelas equipes de campo do inventário florestal. Nessa análise, se estabelece um teste de hipótese para o modelo de regressão modificado de Biging e Wensel (1984):

$$VR_i = b_0 + b_1 \cdot VM_i + e_i \quad (\text{Equação 3})$$

em que

VR_i = valor real da variável medida pela equipe de avaliação da qualidade para o i-ésimo registro dos formulários de campo, $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

VM_i = valor da variável medida pela equipe de campo do IF para o i-ésimo registro dos formulários de campo, $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

b_0, b_1 = coeficientes da regressão.

e_i = erro aleatório.

n = número de registros dos formulários de campo para uma determinada variável de interesse.

Assumindo-se que as medições das variáveis pela equipe de campo do IF são acuradas, pode-se afirmar que uma reta representando a relação entre elas e as variáveis medidas pela equipe de avaliação (considerando os mesmos registros) possuirá um intercepto (b_0) igual a zero – passando pela origem – e um coeficiente de inclinação (b_1) igual a 1. Para a verificação dessa hipótese foram construídos intervalos de $100(1-\alpha)\%$ de confiança para coeficientes β_0 e β_1 , obtendo-se, assim, as faixas dos possíveis valores que os parâmetros do modelo poderiam assumir.

O intervalo de confiança para a inclinação (β_1) da reta é dado por (Werkema; Aguiar, 1996):

$$b_1 - t_{\alpha/2, n-2} \cdot \hat{S}_{b_1} \leq \beta_1 \leq b_1 + t_{\alpha/2, n-2} \cdot \hat{S}_{b_1} \quad (\text{Equação 4})$$

em que

$t_{\alpha/2, n-2}$ = t tabelado para um nível de significância $\alpha/2$ e $n-2$ graus de liberdade.

b_1 = coeficiente b_1 estimado para a equação.

\hat{S}_{b_1} = erro-padrão para o coeficiente b_1 .

β_1 = parâmetro do modelo.

Analogamente, o intervalo de confiança para o intercepto (β_0) é:

$$b_1 - t_{\alpha/2, n-2} \cdot \hat{s}_{b_1} \leq \beta_1 \leq b_1 + t_{\alpha/2, n-2} \cdot \hat{s}_{b_1} \quad (\text{Equação 5})$$

em que

$t_{\alpha/2, n-2}$ = t tabelado para um nível de significância $\alpha/2$ e $n-2$ graus de liberdade.

b_0 = coeficiente b_1 estimado para a equação.

\hat{s}_{b_1} = erro-padrão para o coeficiente b_1 .

β_0 = parâmetro do modelo.

O ajuste dos modelos e a construção do intervalo de confiança devem ser efetuados separadamente para os dados de cada variável de interesse. Primeiramente, testam-se as hipóteses:

$$H_0: b_0 = 0$$

$$H_1: b_0 \neq 0,$$

com um nível de significância $\alpha = 0,05$, com $n - 2$ graus de liberdade.

Em caso de não-rejeição da hipótese H_0 , ou seja, assumindo-se que o coeficiente b_0 poderia assumir valores iguais a zero, ajusta-se um novo modelo, desta vez sem o intercepto, forçando a reta a passar pela origem:

$$VR_i = b_1 \cdot VM_i + e_i \quad (\text{Equação 6})$$

Testa-se, então, a hipótese de o coeficiente b_1 ser igual a 1, construindo um novo intervalo de confiança para a inclinação da reta, a um nível de significância $\alpha = 0,05$ e $n-1$ graus de liberdade.

O exemplo mostrado na sequência compara as medições da variável altura do fuste, realizadas pela equipe de avaliação, com as medições efetuadas pelas equipes de campo do IF. Ao ajustar o modelo proposto por Biging e Wensel (1984), testou-se primeiramente a hipótese $H_0: b_0 = 0$. O intervalo de confiança obtido para o intercepto foi de $[-0,276; 0,043]$, ou seja, não se rejeita a hipótese H_0 . Não há evidência estatística de que exista um erro sistemático constante nas

medidas. Dessa maneira, ajusta-se um novo modelo, desta vez sem o intercepto.

Ao ajustar o novo modelo, testou-se a hipótese $H_0: b_1 = 1$ e obteve-se um intervalo de confiança para o coeficiente b_1 igual a: [0,999, 1,004]. Conclui-se, então, que não se pode rejeitar a hipótese nula, ou seja, a acurácia da equipe de campo foi preservada em todas as medições avaliadas. A Figura 8 apresenta o gráfico do modelo ajustado sem o intercepto. Observa-se que a reta do modelo ajustado (azul) se sobrepõe à linha de referência (vermelha), indicando que as medições feitas pela equipe de campo do IF são muito semelhantes às medições feitas pela equipe de avaliação, indicando um bom ajuste do modelo aos dados.

Os scripts em R para o ajuste do modelo de regressão e funções para cálculo dos intervalos de confiança estão descritos no Apêndice C.

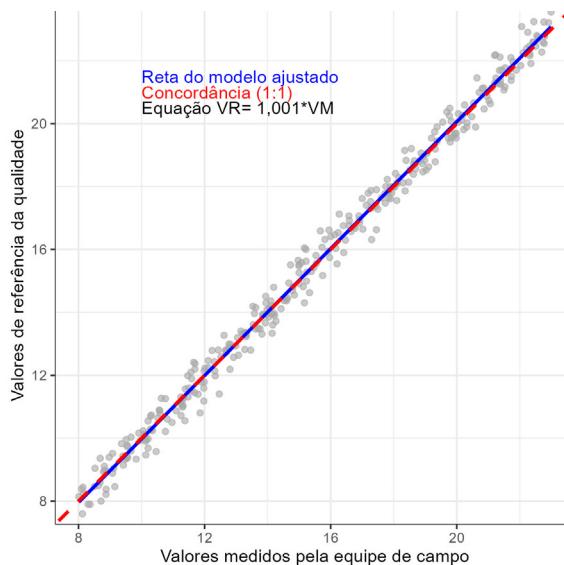


Figura 8. Regressão da altura do fuste medida pelas equipes de campo do inventário florestal sobre a altura do fuste “real” (equipes de avaliação da qualidade) .

Outras estatísticas para avaliação da qualidade

Outra forma de se comparar as medições realizadas pelas equipes de avaliação com aquelas realizadas pelas equipes de campo do IF é por meio de um teste t emparelhado. Esse teste é utilizado quando as observações de duas populações de interesse são coletadas em pares (para o mesmo registro de uma determinada variável, para cada equipe), obtendo-se, assim, amostras denominadas dependentes ou emparelhadas. O teste da hipótese H_0 de que a média da distribuição das diferenças (μ_D) entre as medições das duas equipes é igual a zero é baseada na estatística de teste (Werkema; Aguiar, 1996):

$$t_o = \frac{\bar{D}}{s_{\bar{D}}/\sqrt{n}} \quad (\text{Equação 7})$$

Em que:

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i \quad (\text{Equação 8})$$

é a média da amostra das diferenças;

$$s_{\bar{D}}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 \quad (\text{Equação 9})$$

é a variância da amostra das diferenças;

D_i = diferença entre as medições da equipe de avaliação e da equipe de campo, para o registro i;

n = tamanho da amostra das diferenças.

A hipótese H_0 : $\mu_D = 0$ deverá ser rejeitada se:

$$t_o > t_{\alpha/2;n-1} \quad (\text{Equação 10})$$

ou

$$t_o < t_{\alpha/2;n-1} \quad (\text{Equação 11})$$

Mais do que supor que a medição da equipe de avaliação da qualidade seja mais acurada que a medição das equipes de campo, o teste t emparelhado permite verificar se as diferenças entre os dois conjuntos de medições são estatisticamente significantes a um determinado nível de confiança. Aplicando-se o teste a 331 registros de valores da variável DAP (organizados conforme exemplificado na Tabela 8), e considerando um nível de significância $\alpha = 0,05$, tem-se que:

Estatística t: - 0,0868

Valor-p (teste bilateral): 0,9308

Nível de significância: 0,061

Nesse exemplo não se rejeita a hipótese nula, ou seja, com o nível de significância de $p = 0,061$ não há evidências estatisticamente significativas de uma diferença entre as medições das duas equipes.

Tabela 8. Exemplo extraído de dois conjuntos de dados pareados de diâmetro à altura do peito (DAP) (cm) coletados por duas diferentes equipes (avaliação e campo).

DAP (cm) medido pela equipe de avaliação da qualidade	DAP (cm) medido por uma das equipes de campo do IF
10,9	10,9
31,4	31,7
22,4	22,4
16,1	16,0
23,0	19,8

Outra análise interessante ao se comparar dois conjuntos de medições é a da diferença absoluta entre estas. As diferenças máximas absolutas aceitáveis entre duas medições realizadas sobre o mesmo objeto vão depender da variável de interesse. Para efeito das variáveis quantitativas sendo consideradas neste protocolo, diferenças de até 1 m nas coordenadas X e Y, por exemplo, seriam admissíveis, enquanto diferenças superiores a 1 cm no CAP já afetariam a qualidade dos dados no processamento do inventário.

Calcular a proporção de registros (ocorrências) das diferenças em classes tais como “diferença inferior a 1 m”, “diferença entre 1 e 2 m”, “diferença superior a 2 m” permite obter uma visão geral da magnitude das discrepâncias entre dois conjuntos de dados. No caso de variáveis dendrométricas como CAP e altura, pode-se, também, distribuir a frequência das classes de diferenças por classes de tamanho.

Na comparação de variáveis categóricas, deve-se contar o número de registros discordantes e calcular o percentual em relação ao número total de registros (por lote, por equipe, por UA). Se, por exemplo, em 200 árvores medidas, foram observados 20 registros em que a posição sociológica anotada pela equipe de avaliação da qualidade diferiu daquela anotada pela equipe de campo do IF, será reportado um índice de 10% de discordância em relação a essa variável.

Na avaliação de omissão ou inclusão indevida de registros, pode-se aplicar a mesma lógica, calculando-se o percentual de árvores que deveriam ter sido incluídas na medição e não o foram e, também, o percentual das que foram erroneamente incluídas. No caso específico do número de árvores, entretanto, é importante constar também o valor absoluto de omissões ou inclusões indevidas para poder avaliar o impacto no número de árvores por unidade de área, no processamento do IF.

Relatório de avaliação da qualidade

Na Tabela 9 é apresentada a estrutura do relatório de avaliação da qualidade em tópicos e subtópicos, bem como um resumo do

respectivo conteúdo. Ressalta-se que os testes de consistência podem ser incluídos na fase de controle da qualidade, em que os dados apresentados pelas equipes de coleta de campo são passíveis de correção. Os cálculos de índices e outras estatísticas devem ser efetuados no conjunto já corrigido após os testes de consistência.

Tabela 9. Estrutura do relatório de avaliação da qualidade contendo a sequência de tópicos que devem ser abordados.

Tópico	Subtópico	Conteúdo
1. Introdução		Contextualização e histórico Análise da presença dos arquivos requeridos (fichas de campo, arquivo de fotos e dados de geolocalização). Conformidade com a nomenclatura padrão e formatos definidos segundo o manual de coleta de dados do inventário.
2. Avaliação do conjunto de arquivos digitais entregues para cada lote de produto.	2.1 Verificação da completude, nomenclatura e formato dos arquivos. 2.2 Verificação da consistência dos dados digitais.	Integridade dos dados (ausência de omissões, erros de digitação, campos nulos). Confronto entre planilhas digitais e fichas de campo para detecção de incoerências.
3. Coleta de informações em campo.	3.1 Seleção das unidades amostrais (UAs) a serem avaliadas. 3.2 Avaliação das informações de acesso às UAs. 3.3 Avaliação dos procedimentos de instalação e medição nas UAs.	Critérios utilizados para seleção (amostragem aleatória, por equipe de execução). Representatividade da amostragem. Descrição da equipe (funções). Disponibilidade e precisão dos dados de localização e acesso (mapas, coordenadas, rotas). Dificuldades logísticas observadas. Verificação da conformidade da instalação das UAs (dimensões, marcação, identificação). Aplicação correta do protocolo nas diferentes medições (DAP, altura, necromassa, regeneração, lianas, bambus).

Continua...

Continuação.

Tópico	Subtópico	Conteúdo
3. Coleta de informações em campo.	3.4 Verificação dos instrumentos de registro.	<p>Qualidade e completude das fichas utilizadas:</p> <p>Ficha de metadados.</p> <p>Ficha de necromassa.</p> <p>Ficha de subunidades e RNII.</p> <p>Ficha de lianas.</p> <p>Ficha de bambu.</p> <p>Existência de inconsistências, anotações incompletas ou rasuras.</p> <p>Aplicação do formulário de avaliação de qualidade por UA.</p> <p>Observações de campo, fotos, e eventuais desvios de protocolo.</p> <p>Resultados obtidos a partir do formulário padrão aplicado nas UAs.</p> <p>Síntese de pontos fortes e fragilidades identificadas.</p> <p>Observações registradas pela equipe de avaliação.</p> <p>Produto gerado.</p>
4. Índices e estatísticas para avaliação da qualidade da coleta de dados do inventário florestal	3.5 Avaliação padronizada da coleta de dados.	<p>Metodologia utilizada para identificar valores anômalos (boxplot, z-score, IQR etc.).</p> <p>Quantificação, implicações e tratamento dos outliers.</p> <p>Comparação entre dados coletados por diferentes observadores.</p> <p>Interpretação dos valores obtidos e nível de concordância para variáveis-chave.</p> <p>Fórmula utilizada e variáveis consideradas.</p> <p>Interpretação dos resultados por UA e equipe.</p> <p>Comparação com dados de referência ou padrão-ouro (quando aplicável).</p> <p>Discussão sobre precisão e confiabilidade das medições.</p>
	4.1 Detecção de outliers.	
	4.2 Índice de correlação intraclass (ICI).	
	4.3 Erro médio relativo (EMR).	
	4.4 Análise de acuracidade.	

Continua...

Continuação.

Tópico	Subtópico	Conteúdo
4. Índices e estatísticas para avaliação da qualidade da coleta de dados do inventário florestal.	4.5 Outras estatísticas para avaliação da qualidade.	Testes adicionais realizados (ex. teste t emparelhado, média das diferenças máximas absolutas entre duas medições, percentual de omissões/inclusões indevidas). Gráficos e tabelas ilustrativas com análise descritiva.
5. Discussão e interpretação dos resultados.		Integração qualitativa e quantitativa: cruzamento entre observações de campo e resultados estatísticos. Identificação de padrões de erro ou falhas recorrentes (por equipe, tipo de variável, localização). Impacto na confiabilidade do inventário: implicações das inconsistências e erros na interpretação dos dados.
6. Considerações finais e recomendações.		Síntese da avaliação geral da qualidade: síntese técnica da confiabilidade dos dados, pontos fortes, limitações e recomendações. Recomendações técnicas: sugestões de ajustes, capacitações, padronizações ou reavaliações em campo. Encaminhamentos: correções necessárias, retrabalho de campo ou ajustes nos bancos de dados.
Anexos		Tabelas detalhadas dos resultados estatísticos. Exemplares das fichas avaliadas. Fotografias de campo. Checklists utilizados. Relatórios de inconsistência.

Considerações finais

Os procedimentos e cálculos de índices descritos no protocolo constituem um guia tanto para a fase de supervisão de inventários no campo como para a avaliação da qualidade final dos dados coletados

pelas equipes. A avaliação da qualidade é especialmente importante no caso de inventários florestais contínuos, onde a correta instalação das UAs e medições acuradas das variáveis dendrométricas na primeira ocasião possuem influência direta sobre a coleta de dados e o processamento na segunda ocasião de medição.

Respeitando-se as fases da avaliação da qualidade – verificação do conjunto de arquivos, coleta de informações no campo e cálculo de índices – os procedimentos descritos no protocolo podem ser facilmente adaptados a outras situações e aos diferentes tipos de inventários florestais. É importante que os indicadores a serem empregados em protocolos de avaliação da qualidade levem em conta o método e o processo de amostragem utilizados e particularidades tais como a forma de instalação das parcelas, a marcação das árvores e as variáveis biofísicas a serem coletadas.

Embora sejam comuns os testes de consistência aplicados sobre os conjuntos de dados coletados e uma avaliação estatística da amostragem, não existem, até então, referências sobre procedimentos sistematizados que incluam revisitas ao campo e cálculo de um conjunto de índices que permita quantificar o grau de qualidade atingido durante a coleta de dados dos inventários florestais. O protocolo aqui apresentado visa suprir tal lacuna, no sentido de prover critérios e índices que expressem de forma objetiva as incertezas, discrepâncias ou inconformidades que possam vir a afetar a precisão, confiabilidade e consistência do inventário.

Referências

BIGING, G. S.; WENSEL, L. C. A photographic technique for use with stem analysis. **Forest Science**, v. 30, p. 715-729, 1984.

GARRASTAZU, M. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; COSTA, F. A. da; GONÇALVES, F. M. **Manual de orientação e uso do GPS de navegação (Garmin 76MAP CSX)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 53 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 229). Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/921241/1/Doc.229finalizado.pdf>.

R CORE TEAM . **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 20 mar. 2025.

ROSOT, M. A. D.; CARDOSO, D. J.; GARRASTAZÚ, M. C.; FRANCISCON, L.; DLUGOSZ, F. L.; KELLERMANN, B. **Manual de campo de inventário florestal**: coleta de dados biofísicos na faixa de proteção da margem brasileira do reservatório de Itaipu Binacional. Colombo: Embrapa Florestas, 2025. 65 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 399). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1175531/1/EmbrapaFlorestas-2025-Documentos399.pdf>.

THE CHALLENGE INITIATIVE. **Module 4**: family planning resources: family planning glossary. Disponível em: <https://tciurbanhealth.org/courses/resources/lessons/fp-glossary/>. Acesso em: 6 fev. 2025.

WERKEMA, M. C. C.; AGUIAR, S. **Análise de regressão**: como entender o relacionamento entre as variáveis de um processo. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996. 311 p.

Apêndice A - Orientações sobre navegação no GNSS, acesso às unidades amostrais e respectivo registro de trajeto

Arquivos com coordenadas das unidades amostrais

Arquivos em formato *shapefile* e gtm serão disponibilizados pela contratante contendo os quatro vértices (V1, V3, V7 e V9) de cada uma das 400 unidades amostrais. A nomenclatura de cada vértice consistirá no código da Unidade Amostral, constante de três caracteres seguido da letra V e mais um caractere relativo ao número do vértice correspondente (por exemplo, UA001V1, UA001V3, UA001V7, UA001V9, UA315V1, UA315V3, UA315V7, UA315V9).

Para a navegação até os vértices das parcelas, é recomendado o uso de receptores GNSS que possuam antena de alta sensibilidade para manter sua localização sob cobertura florestal.

Recomenda-se a observação de algumas configurações básicas para o uso desse equipamento que estão contidas no Manual de orientação e uso do GNSS de navegação (Garrastazú et al., 2011). Nesse manual, destaca-se a importância da preparação do GNSS para a coleta de dados: configurações principais, configuração das unidades, configuração de proa, de trajeto (track).

Para formato de coordenadas será utilizado o UTM e o Datum Horizontal será o WGS 84. Na faixa de proteção sendo inventariada, o fuso é UTM 21. Para o armazenamento e transferência de dados para o GNSS, pode-se sugerir o uso de alguns programas gratuitos tais como:

GTM trackmaker (<https://www.trackmaker.com/main/pt/>);
DNR garmin 5.4 (<https://dnrgarmin.software.informer.com/>);
ou o uso do QGIS com plugin “ferramentas GPS”.

O registro do trajeto do ponto de acesso até o vértice da parcela deverá ser gravado e disponibilizado em formato gpx ou *shapefile* (arquivo de linhas). O nome desse arquivo deverá ter o prefixo “TRAJETO” seguido do número da unidade amostral (três caracteres). Deve-se disponibilizar também o arquivo de pontos contendo os pontos de acesso (PAs) a cada unidade amostral, cujos nomes consistirão das letras “PA” seguidas do número da unidade amostral (três caracteres).

Apêndice B - Formulários de avaliação da qualidade

(a) Ficha de metadados da UA

1. Número UA: _____	2. Data: _____
3. Chefe da equipe de avaliação: _____	
4. Município UA: _____	
5. Tipo de acesso: () estrada pública () propriedade particular () empresa () via aquática () outro: _____	
6. Localidade PA: _____	
7. Coordenadas PA: E (_____ m) N (_____ m)	
8. Acessibilidade: () fácil () com restrições () difícil	
9. Coordenadas UA: V1 E (_____ m) N (_____ m) V3 E (_____ m) N (_____ m) V7 E (_____ m) N (_____ m) V9 E (_____ m) N (_____ m)	
10. Cobertura de copas: () ≤10% () 11-50% () 51-70% () >70%	
11. Sub-bosque: () denso () médio () ralo	
12. Evidências antropismo: () incêndio recente () incêndio antigo () taquaras () gado () mineração () vegetação exótica () vestígios caçadores/pescadores () danos à vegetação () vestígios atividades ilícitas () outros: _____	
13. Posição fisiográfica: () seca () úmida	14. Erosão: () sim () não
15. Obs.: _____ _____	
16. Novas coordenadas: V1 E (_____ m) N (_____ m) V3 E (_____ m) N (_____ m) V7 E (_____ m) N (_____ m) V9 E (_____ m) N (_____ m)	

Fonte: Rosot et al. (2025)

(b) Ficha de medições das subunidades e regeneração natural classe II (RNII)

1. Número UA: _____ 2. Data: _____

2. Data: _____

3. Chefe da equipe de avaliação:

QF: Qualidade e sanidade do fuste: 1-reto e sadio; 2-reto com podridão; 3-torto e sadio; 4-torto e com podridão; 5-quebrado; 6- morto. PS: Posição sociológica: 1-dominante; 2-codominante; 3-dominada; NL: Número de caules de lianas/cipós encontrados sobre o fuste da árvore (deixar em branco se não houver).
Fonte: Rosot et al. (2025)

(c) Ficha de avaliação de conformidades e discrepâncias

1. Número UA: _____
2. Data: _____
3. Chefe da equipe de avaliação: _____
4. O ponto de acesso foi marcado: () sim () não
5. O trajeto conduz efetivamente a um dos vértices da UA: () sim () não
6. Comprimento do segmento V1-V3: _____ m
7. Comprimento do segmento V1-V7: _____ m
8. Comprimento do segmento V7-V9: _____ m
9. Comprimento do segmento V3-V9: _____ m
10. O vértice V1 está identificado: () sim () não
11. O vértice V1 está com a numeração correta: () sim () não
10. O vértice V3 está identificado: () sim () não
11. O vértice V3 está com a numeração correta: () sim () não
10. O vértice V7 está identificado: () sim () não
11. O vértice V7 está com a numeração correta: () sim () não
10. O vértice V9 está identificado: () sim () não
11. O vértice V9 está com a numeração correta: () sim () não
12. Quantos piquetes demarcatórios estão bem fixados ao solo: ()
13. Todos ou a maioria dos locais de pintura nos fustes e de fixação de placa estão adequados: () sim () não
14. A UA foi realocada: () sim () não
15. Se sim, a UA foi corretamente realocada: () sim () não
16. Havia necessidade de realocar a UA: () sim () não
17. Segundo a Ficha de medição da necromassa, a necromassa foi medida: () sim () não
18. Se não, ocorreu condição excepcional com ausência de necromassa em qualquer segmento: () sim () não
19. Se sim, o número de registros no segmento condiz aproximadamente com o observado na UA: () sim () não
20. Segundo a Ficha de medição de lianas, houve registros dessa forma de vida na UA: () sim () não
21. Se não, ocorreu condição excepcional com ausência de lianas em todas as subunidades: () sim () não
22. Se sim, o número de registros listados condiz aproximadamente com o observado na UA: () sim () não
23. Segundo a Ficha de medição de bambus, houve registros dessa forma de vida na UA: () sim () não
24. Se não, ocorreu condição excepcional com ausência de bambus nas subunidades: () sim () não
25. Se sim, o número de registros listados condiz aproximadamente com o observado na UA: () sim () não
26. Observações:

Apêndice C - Scripts R para a análise de regressão

```
# Ajuste do Modelo de Regressão Linear Completo
#  Modelo: VRi = b0 + b1 * VMi + ei
#  Onde:
#    - VRi: Valor de Referência da qualidade para a i-ésima observação
#    - VMi: Valor Medido pela equipe de campo para a i-ésima observação
#    - b0: Intercepto (valor esperado de VR quando VM é 0)
#    - b1: Coeficiente angular (mudança esperada em VR para cada unidade de mudança em VM)
#    - ei: Erro aleatório
modelo_completo <- lm(VR ~ VM, data = dados)
summary(modelo_completo)
alpha <- 0.05 # Nível de significância
ic_completo <- confint(modelo_completo, level = 1 - alpha)
cat("\n#### Intervalo de Confiança para o Modelo Completo (VR ~ VM):\n")
print(ic_completo)

# Teste de Hipótese para o Intercepto (b0)
#  H0: b0 = 0 (O intercepto não é significativamente diferente de zero)
#  H1: b0 ≠ 0 (O intercepto é significativamente diferente de zero)
#  A decisão é baseada se o intervalo de confiança de b0 contém o valor 0.
b0_ic <- ic_completo[["(Intercept)", ]]

cat("\n#### Teste de Hipótese para o Intercepto (b0 = 0):\n")
if (b0_ic[1] <= 0 && b0_ic[2] >= 0) {
  cat("Conclusão (b0): Não se rejeita H0 — o intervalo de confiança de 95% para b0 contém 0.\n")
  prosseguir_sem_intercepto <- TRUE
} else {
  cat("Conclusão (b0): Rejeita-se H0 — o intervalo de confiança de 95% para b0 NÃO contém 0.\n")
  prosseguir_sem_intercepto <- FALSE
}

# 5. Ajuste do Modelo sem Intercepto
#  Este modelo é ajustado apenas se o intercepto do modelo completo não for
#  estatisticamente diferente de zero, sugerindo que a reta de regressão
```

```
# pode passar pela origem (0,0).
if (prosseguir_sem_intercepto) {
  cat("\n#### Ajustando Modelo Sem Intercepto (VR ~ VM - 1):\n")
  modelo_sem_intercepto <- lm(VR ~ VM - 1, data = dados)

  summary(modelo_sem_intercepto)
  ic_sem_intercepto <- confint(modelo_sem_intercepto, level = 1 - alpha)
  cat("\n#### Intervalo de Confiança para o Modelo Sem Intercepto (VR ~ VM - 1):\n")
  print(ic_sem_intercepto)

# Teste de Hipótese para o Coeficiente Angular (b1) no Modelo Sem Intercepto
# H0: b1 = 1 (A inclinação é igual a 1, indicando concordância perfeita 1:1)
# H1: b1 ≠ 1 (A inclinação é diferente de 1)
# A decisão é baseada se o intervalo de confiança de b1 contém o valor 1.
b1_ic <- ic_sem_intercepto["VM",]
cat("\n#### Teste de Hipótese para o Coeficiente Angular (b1 = 1) no Modelo Sem Intercepto:\n")
if (b1_ic[1] <= 1 && b1_ic[2] >= 1) {
  cat("Conclusão Final (b1): Não se rejeita H0 — o intervalo de confiança de 95% para b1
contém 1.\n")
} else {
  cat("Conclusão Final (b1): Rejeita-se H0 — o intervalo de confiança de 95% para b1 NÃO
contém 1.\n")
}
} else {
  cat("\n#### O modelo sem intercepto não foi ajustado, pois o intercepto do modelo completo
é estatisticamente significativo.\n")
}

# 6. Visualização Gráfica do Modelo Ajustado
# Utiliza a biblioteca ggplot2 para criar um gráfico de dispersão com a linha
# de regressão ajustada e a linha de concordância 1:1.
library(ggplot2)

grafico <- ggplot(dados, aes(x = VM, y = VR)) +
  geom_point(alpha = 0.6, color = "darkgray", size = 2) + # Pontos de dados
  geom_smooth(method = "lm", se = TRUE, color = "blue", fill = "lightblue", linewidth = 1) + # Linha de regressão com IC
```

```
geom_abline(intercept = 0, slope = 1, color = "red", linetype = "dashed", linewidth = 1) + #  
Linha de concordância 1:1  
labs(  
  title = "Análise de Regressão: Valores Medidos vs. Valores de Referência",  
  x = "Valores Medidos pela Equipe de Campo (VM)",  
  y = "Valores de Referência da Qualidade (VR)"  
) +  
annotate("text", x = min(dados$VM) + 0.5, y = max(dados$VR) - 0.5,  
  label = paste0("Reta do modelo ajustado: VR = ",  
    round(coef(modelo_completo)[1], 2), " + ",  
    round(coef(modelo_completo)[2], 2), " * VM"),  
  color = "blue", hjust = 0, vjust = 1, size = 4) +  
annotate("text", x = min(dados$VM) + 0.5, y = max(dados$VR) - 1.5,  
  label = "Linha de Concordância (1:1): VR = VM",  
  color = "red", hjust = 0, vjust = 1, size = 4) +  
theme_minimal() + # Tema mais limpo  
coord_fixed(ratio = 1, xlim = c(min(dados$VM) - 1, max(dados$VM) + 1),  
  ylim = c(min(dados$VR) - 1, max(dados$VR) + 1)) + # Ajusta limites e proporção  
theme(  
  plot.title = element_text(hjust = 0.5, face = "bold"),  
  axis.title = element_text(face = "bold"),  
  legend.position = "none"  
)  
print(grafico)
```
