



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



ELVIS RABELO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA DE ÁRVORES, EM PLANOS DE
MANEJO FLORESTAL NO ESTADO DO MATO GROSSO**

BELÉM

2026

ELVIS RABELO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA DE ÁRVORES, EM PLANOS DE
MANEJO FLORESTAL NO ESTADO DO MATO GROSSO**

Dissertação de mestrado apresentado ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Florestais da Universidade Federal Rural da
Amazônia como requisito para obtenção do
título de Mestre em Ciências Florestais.

Área de Concentração: Dendrologia Tropical
Orientadora: Dra. Gracialda Costa Ferreira

BELÉM

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586a Silva, Elvis Rabelo da
AVALIAÇÃO DA IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA DE ÁRVORES, EM PLANOS DE
MANEJO FLORESTAL NO ESTADO DO MATO GROSSO / Elvis Rabelo da Silva. - 2026.
70 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Florestais (PPGCF),
Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2026.
Orientador: Profa. Dra. Gracialda Costa Ferreira

1. Dendrologia. 2. Botânica. 3. Manejo Florestal. I. Ferreira, Gracialda Costa, *orient.* II. Título

CDD 581.014

ELVIS RABELO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA DE ÁRVORES, EM PLANOS DE
MANEJO FLORESTAL NO ESTADO DO MATO GROSSO**

Dissertação de mestrado apresentado ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Florestais da Universidade Federal Rural da
Amazônia como requisito para obtenção do
título de Mestre em Ciências Florestais.

Data da aprovação: 24/02/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Gracialda Costa Ferreira
(Presidente da Banca – Orientadora – UFRA)

Dr. Deivison Venício Souza
(Membro da Banca Examinadora / UFPA)

Prof^ª. Dr^ª. Marcela Gomes da Silva
(Membro da Banca Examinadora / UFRA)

Dr. Madson Antônio Benjamin Freitas
(Membro da Banca Examinadora / MPEG)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder força, sabedoria e perseverança ao longo desta caminhada, especialmente nos momentos mais desafiadores.

Aos meus pais, pelo amor, apoio incondicional, pelos ensinamentos de vida e por sempre acreditarem em mim. Tudo o que sou e todas as conquistas que alcanço têm como base os valores que recebi de vocês.

À minha esposa, pelo companheirismo, paciência, incentivo e compreensão durante toda essa trajetória. Obrigado por estar ao meu lado nos momentos de dificuldade, por apoiar meus sonhos e por tornar essa caminhada mais leve e significativa.

À minha orientadora, pela orientação, confiança, paciência e pelos valiosos ensinamentos transmitidos ao longo do desenvolvimento desta pesquisa. Sua contribuição foi fundamental para a construção deste trabalho e para meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições, sugestões e considerações que enriqueceram este trabalho e contribuíram para seu aprimoramento.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela oportunidade de realização do mestrado, pelo suporte acadêmico e pela formação proporcionada ao longo dessa etapa.

À Universidade Federal Rural da Amazônia, por todo o ambiente de aprendizado, crescimento e construção do conhecimento.

Aos professores do programa, pelos ensinamentos, discussões e contribuições para minha formação científica.

Aos colegas e amigos de caminhada acadêmica, pelo apoio, troca de experiências, incentivo e pelos momentos compartilhados ao longo desta jornada.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, especialmente às pessoas que auxiliaram nas atividades de campo, na coleta de dados, nas identificações botânicas, nas análises e em todas as etapas que tornaram esta pesquisa possível.

Às instituições, herbários, laboratórios e demais colaboradores que, de alguma forma, ofereceram suporte técnico, científico e estrutural para a execução deste estudo.

Por fim, agradeço a todos que acreditaram na importância desta pesquisa e contribuíram para que ela se concretizasse.

RESUMO

A confiabilidade da identificação taxonômica em inventários florestais 100% é um componente central para a estimativa do estoque por espécie e da rastreabilidade do material explorado em empreendimentos de manejo madeireiro na Amazônia meridional. Neste estudo, foi examinada a consistência da determinação botânica de árvores de interesse comercial em empreendimentos no norte do Estado de Mato Grosso, comparando-se, indivíduo a indivíduo, o nome científico registrado no inventário com a identificação validada por coletas botânicas e confirmação taxonômica em herbário. A consistência foi quantificada nos níveis de espécie, gênero e família por métricas de concordância e desempenho, incluindo acurácia com intervalos de confiança por *bootstrap* e coeficiente κ de Cohen, além da classificação dos erros quando havia discordância específica (mesmo gênero, mesma família ou família diferente). Também foi avaliada a coerência do fluxo de nomeação em duas etapas (atribuição do nome popular e sua conversão para o nome científico) e a concentração do risco por suporte amostral e volumetria. Os resultados indicaram concordância moderada em nível específico (52,1%), contrastando com concordância elevada em gênero (88,5%) e quase total em família (99,5%). O coeficiente κ confirmou esse gradiente, com $\kappa = 0,5$ em espécie e $\kappa = 0,88$ em gênero. Entre os indivíduos com erro em espécie, 76,1% permaneceram no mesmo gênero, 22,8% na mesma família e apenas 1,1% envolveram troca entre famílias, evidenciando que a maior parte das inconsistências decorre de substituições “finas” entre espécies próximas. A distribuição em faixas de concordância reforçou esse padrão: 52,1% dos registros apresentaram concordância total (100%), 36,5% acerto restrito ao gênero (66%), 10,9% acerto restrito à família (33%) e 0,5% discordância total (0%). Na avaliação do processo de nomeação, observou-se alta consistência do nome popular quando confrontado com referência regional (88,0%), mas redução na conversão do nome popular para o binômio científico (52,1%), indicando que parte substantiva do erro é introduzida por listas de correspondência entre nomes e procedimentos documentais que associam nomes científicos específicos a rótulos vernaculares frequentemente agregadores. A acurácia ponderada por volume (71,2%) foi superior à não ponderada, porém evidenciou volume expressivo associado a atribuições específicas incorretas e a concentração do risco em poucos nomes populares. A identificação botânica em inventários 100% apresenta robustez em níveis taxonômicos amplos, mas limitação relevante em nível específico, com erros sistematicamente concentrados em complexos taxonômicos e em nomes populares de alta recorrência. Os achados sustentam a adoção de medidas de mitigação direcionadas, com calibração local de listas de correspondência, padronização de critérios diagnósticos e validação amostral por vouchers priorizando rótulos críticos para reduzir incertezas e fortalecer a base técnica do controle do manejo.

Palavras-chave: Identificação taxonômica. Inventário florestal. Rastreabilidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. QUESTÃO CIENTÍFICA E HIPÓTESE	10
2.1. Questão	10
2.2. Hipótese.....	10
3. OBJETIVOS	10
3.1. Geral.....	10
3.2. Específicos.....	11
4. REFERENCIAL TEÓRICO	11
4.1. Amazônia: Biodiversidade, Potencial Madeireiro e Contexto Produtivo.....	11
4.2. O Manejo Florestal Sustentável e o Inventário Florestal.....	12
4.3. Identificação Botânica: Desafios e Implicações para o Manejo Florestal	14
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
5.1. Área de estudo e contexto ambiental.....	17
5.2. Desenho do estudo e amostragem.....	22
5.3. Coleta de dados e validação botânica.....	23
5.4. Padronização taxonômica e plano de análise	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1 Espécies associadas aos nomes vulgares utilizados nos PMFS em Mato Grosso	27
6.2 Consistência taxonômica entre IF 100% e validação em herbário	33
6.2.1 Concordância global e por nível taxonômico	33
6.2.2 Natureza dos erros e padrões parataxonômicos (agrupamento e divisão).....	38
6.2.3 Atribuição da origem do erro: campo × escritório	49
6.2.4 Ponderação por volume e sensibilidade ao tamanho amostral	54
7. CONCLUSÃO.....	60
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia abriga a maior floresta tropical do planeta. No Brasil, o bioma amazônico possui aproximadamente 4,19 milhões de km², correspondendo a cerca de 49,29% do território nacional (IBGE, 2024). Esse bioma abriga uma das maiores diversidades biológicas do planeta, com 14.003 espécies de plantas com semente registradas nas florestas amazônicas de baixas altitudes, das quais 6.727 são espécies arbóreas ($DAP \geq 10$ cm), muitas endêmicas e de grande importância ecológica e econômica (Cardoso et al., 2017). Além da biodiversidade, a floresta armazena em média entre 150 e 200 toneladas de carbono por hectare, desempenhando um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas (Saatchi et al., 2011; Souza et al., 2022). Sua relevância estende-se ainda à regulação do ciclo hidrológico e da temperatura em escala continental, funcionando como elemento vital para a estabilidade climática local e global (Calderon et al., 2009).

Como principal alternativa para conciliar uso econômico e conservação na Amazônia, os Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), quando bem executados, com planejamento pré-colheita, corte direcional, trilhas de arraste planejadas e controle de danos, reduzem o desperdício de madeira, a área de solo perturbada e os danos ao povoamento remanescente, mantendo, e muitas vezes elevando, a rentabilidade em relação à exploração convencional, como demonstrado no leste do Pará (Holmes et al., 2002). Revisões e experimentos indicam que a Exploração de Impacto Reduzido (EIR) é componente essencial do manejo sustentável, aumentando a retenção de carbono e a segurança operacional, desde que combinada a regras silviculturais e ciclos adequados (Putz et al., 2008). Do ponto de vista climático, a adoção de práticas EIR pode reduzir em cerca de 40 a 50% as emissões associadas ao corte seletivo sem comprometer a oferta de madeira (Ellis et al., 2019). No setor público, o modelo de concessões florestais sob PMFS vem sendo consolidado como vetor de produção legal e conservação pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB, 2024).

No Mato Grosso, a atividade madeireira sob PMFS contribui para o PIB nacional e tem perfil industrial consolidado. Em 2023, o estado figurou entre os maiores produtores de madeira em tora de florestas nativas do país, com volume em torno de 2,1 milhões de m³, enquanto a produção brasileira totalizou aproximadamente 11,3 milhões de m³ e o Pará liderou com 5,0 milhões de m³, o que coloca Pará e Mato Grosso juntos com cerca de 63% do volume nacional (IBGE, 2024; SFB, 2024). No ciclo mais recente mapeado, a exploração madeireira ocupou 219.032 hectares no Estado de Mato Grosso, refletindo a escala do setor e a importância do planejamento anual de manejo (IMAZON; IDESAM; IMAFLORA; ICV, 2024). E além do abastecimento interno, o estado exportou 68.677 toneladas de produtos florestais entre janeiro

e setembro de 2023, somando US\$ 70,9 milhões em vendas externas, com um portfólio que inclui espécies como ipê, jatobá, angelim, cambará e itaúba, entre outras (FIENT, 2023).

A madeira tropical é um dos recursos mais valiosos, representando um componente econômico significativo tanto para o Brasil quanto para o mercado global. Porém, na Amazônia, a sua obtenção ainda é marcada por práticas que colocam em risco sua sustentabilidade, como a extração de volumes acima do total autorizado, corte de espécies não licenciadas, o descumprimento de diâmetros mínimos de corte e o uso de créditos florestais fraudulentos (Valdiones et al., 2022). Essas irregularidades comprometem a regeneração florestal e a biodiversidade, somando-se aos efeitos do desmatamento e da exploração seletiva inadequada, que intensificam a perda de habitats e alteram a funcionalidade ecológica das florestas (Fearnside, 2008). Relatórios apontam que cerca de 46% da produção madeireira da Amazônia brasileira possui algum grau de ilegalidade, seja pela ausência de autorização ou pelo descumprimento de normas técnicas (IBAMA, 2020; Serviço Florestal Brasileiro, 2021). Esse cenário evidencia que a exploração insustentável está associada à alta demanda por recursos florestais, colocando em risco a integridade da floresta e de seus serviços ecossistêmicos (Martins et al., 2021).

Diante desse cenário, os PMFS são instrumentos essenciais para equilibrar o uso econômico dos recursos com a preservação ambiental. Regulamentados, em termos gerais, pela Lei nº 11.284/2006, os PMFS se operacionalizam por parâmetros técnicos definidos em norma específica, como a Resolução CONAMA nº 406/2009 (e alterações), que estabelece, entre outros, o Diâmetro Mínimo de Corte (DMC) de 50 cm na ausência de DMC específico por espécie, e limites de intensidade de corte e manutenção de indivíduos por espécie. No âmbito do Mato Grosso, o Decreto Estadual nº 1.313/2022 detalha e reforça esses critérios ao exigir, no inventário 100% do Plano Operacional Anual (POA), a manutenção de pelo menos 10% de árvores remanescentes por espécie e 10% de árvores porta-sementes por espécie (sadias, de fuste reto), respeitado o limite mínimo de manutenção de 3 árvores por espécie por 100 ha, além de vedar a extração de espécies classificadas como raras (densidade < 5 árvores/100 ha). Tais requisitos operacionais buscam assegurar a sustentabilidade do manejo, permitindo que a floresta se regenere e mantenha sua biodiversidade, mesmo após a exploração (Brasil, 2006; Higuchi, 1994; Gaui et al., 2019). No entanto, a eficácia dos PMFS depende de dados precisos, obtidos em inventários florestais, especialmente no que diz respeito à identificação botânica das espécies manejadas, pois erros de identificação podem levar ao descumprimento dos critérios de manutenção e à perda de diversidade (Braz et al., 2021).

A identificação de espécies é etapa obrigatória durante o inventário florestal 100% no âmbito de projetos de manejo florestal sustentável na Amazônia, pois subsidia a caracterização da composição florística, a seleção de espécies para exploração e as decisões de conservação (Braz et al., 2021; Péllico Netto e Brena, 1997). Contudo, a elevada diversidade das espécies em florestas tropicais e as semelhanças morfológicas entre táxons próximos tornam a identificação correta desafiadora (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010).

Em campo, a identificação das árvores é tradicionalmente realizada por mateiros, que associam nomes populares baseados em conhecimento empírico, muitas vezes transmitido por gerações. Embora esses profissionais desempenhem papel importante, os métodos que empregam apresentam limitações significativas, levando a erros recorrentes (Lacerda et al., 2010; Silva, 1989). Na prática, o nome é frequentemente atribuído por um diagnóstico rápido, sem coleta e sem checagem em herbário, com base em caracteres macromorfológicos e sensoriais (ritidoma, cor/odor/exsudato da casca, cor/cheiro da madeira em talho, forma do fuste/copa, sapopemas) e em pistas do sítio; soma-se a isso o repertório local de nomes transmitido oralmente, o que favorece confusões entre táxons próximos (Ribeiro et al., 1999; Gonçalves e Lorenzi, 2011; Jernigan, 2006). Em contraste com o protocolo taxonômico recomendado, essa identificação presuntiva eleva a probabilidade de erro em grupos morfológicamente semelhantes e reduz a acurácia dos inventários (Ferreira, 2006; Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010; Martins-da-Silva, 2002).

Esses erros têm implicações profundas para a sustentabilidade dos PMFS. A utilização de nomes populares pode englobar várias espécies com características ecológicas distintas, dificultando a aplicação de técnicas adequadas de manejo e regeneração (Imanã Encinas et al., 2022). Isso resulta não apenas na subestimação da biodiversidade, mas também na exploração inadequada de espécies de alto valor comercial, comprometendo tanto os serviços ecossistêmicos quanto o retorno econômico esperado (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010). A ausência de uma conexão direta entre os nomes populares e a nomenclatura científica, agravada pela falta de padronização na identificação, torna esse problema ainda mais complexo (Ferreira, 2006).

Além disso, o método que os profissionais envolvidos na identificação das espécies utilizam para associar um nome específico a um popular é um fator crítico. Frequentemente mateiros e técnicos trabalham com base em listas de correspondência entre nomes populares e científicos, que muitas vezes não seguem critérios rigorosos ou não refletem atualizações taxonômicas recentes (Gomes et al., 2022). Isso não apenas compromete a qualidade dos inventários florestais, mas também dificulta a elaboração de PMFS eficazes e sustentáveis. A

atualização constante das nomenclaturas científicas é essencial para garantir a precisão e a confiabilidade dos inventários (Ferreira et al., 2020).

No contexto do manejo florestal no Mato Grosso, esses desafios são ainda mais evidentes. A alta demanda por madeira, aliada à pressão por exploração econômica, exige práticas de manejo que conciliem sustentabilidade ecológica e viabilidade econômica (Rocha et al., 2017). Nesse sentido, a identificação botânica precisa é indispensável para diferenciar espécies de valor comercial de outras que desempenham funções ecológicas importantes, permitindo que a exploração seja conduzida de forma racional e responsável (Braz et al., 2021).

Diante dessas questões, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da identificação botânica em planos de manejo florestal no estado de Mato Grosso, com foco nas espécies produtoras de madeira comercializada. Mais especificamente, busca-se determinar o nível de consistência entre os nomes populares utilizados nos inventários florestais tradicionais e os nomes científicos atribuídos nesses inventários sem validação taxonômica rigorosa, discutindo as implicações para a sustentabilidade dos PMFS e para a conservação da biodiversidade regional.

2. QUESTÃO CIENTÍFICA E HIPÓTESE

2.1. Questão

Existe inconsistência na identificação botânica de árvores quando nomeadas por nomes populares, posteriormente associados a nomes científicos, nos planos de manejo florestal?

2.2. Hipótese

Em PMFS no Mato Grosso, a identificação de espécies de valor comercial registrada nos inventários florestais 100%, quando não há aplicação de métodos taxonômicos, apresenta baixa concordância em comparação às identificações validadas por coletas botânicas e verificação em herbário, resultando em maior ocorrência de erros de agrupamento e fracionamento.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Avaliar a qualidade da identificação de espécies de valor comercial madeireiro, por meio da comparação entre os nomes científicos atribuídos nos inventários florestais 100% e as identificações validadas por coletas botânicas, no âmbito de PMFS no Estado de Mato Grosso.

3.2. Específicos

- Determinar as espécies de valor comercial madeireiro utilizadas nos PMFS analisados no Estado de Mato Grosso; e
- Determinar o nível de consistência entre os nomes aplicados nos inventários florestais e os nomes determinados a partir de coletas botânicas com verificação taxonômica em herbário.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Amazônia: Biodiversidade, Potencial Madeireiro e Contexto Produtivo

O bioma amazônico abrange quase que totalmente a região Norte do Brasil, representando cerca de 49% (4,2 milhões de km²) do território nacional (IBGE, 2012). Sendo esse o detentor da maior extensão de floresta tropical ininterrupta do mundo, a vasta região representa significativa parcela na contribuição total da produção vegetal, abrangendo desde a exploração de árvores nativas até os produtos florestais não madeireiros (Corrêa et al., 2022).

A Amazônia desempenha um papel essencial na manutenção da biodiversidade e na regulação climática global. Com sua capacidade de armazenar grandes quantidades de carbono, é uma peça-chave na mitigação das mudanças climáticas e na regulação do ciclo hidrológico e da temperatura (Souza et al., 2022; Calderon et al., 2009). Em termos numéricos, florestas amazônicas apresentam estoques aéreos médios entre 150 e 200 t C/ha, valor compatível com seu papel como grande sumidouro (Saatchi et al., 2011). Sua biodiversidade inclui inúmeras espécies vegetais e animais, muitas com relevância ecológica e econômica (Fearnside, 2008). Listas taxonomicamente verificadas para as florestas amazônicas de baixas altitudes registra 14.003 espécies de plantas com semente, das quais 6.727 são árvores (DAP $\geq$ 10 cm), evidenciando a magnitude da diversidade florística na região (Cardoso et al., 2017).

Na Amazônia Legal, o potencial madeireiro da região é expressivo, com grande variedade de espécies e aplicações industriais (Corrêa e Corrêa, 1979). Estimativas clássicas apontam aproximadamente 50 bilhões de metros cúbicos de madeira em pé, reforçando o status de maior reserva nativa de madeira tropical, embora ainda faltem bases técnico-científicas abrangentes para caracterizar propriedades e qualidade dessas madeiras (Figliuolo, 1979). Em termos de composição, a elevada diversidade com hiperdominância natural deve ser um dos focos para orientar estratégias de diversificação do uso de espécies (ter Steege et al., 2013). Em inventários de PMFS, foram identificados 195 táxons comerciais e estimativas apontam riqueza entre 241 e 301 espécies potenciais, evidenciando amplo portfólio disponível para o manejo (Cysneiros et al., 2018). Ao mesmo tempo, análises de mercado mostram forte concentração:

cerca de 50% do volume industrial regional baseia-se em aproximadamente 2% das espécies utilizadas, com 15 a 20 espécies respondendo por mais da metade do volume anual, o que sugere espaço para diversificar a base produtiva (IMAFLOA, 2022).

Do ponto de vista produtivo, a extração de madeira em tora de origem nativa permanece concentrada na Amazônia Legal. Em 2023, Mato Grosso e Pará responderam juntos por 62,6% da quantidade nacional extraída de madeira em tora, representando 79,1% do valor de produção; o Pará liderou em volume, com 5,0 milhões de metros cúbicos (IBGE, 2024). No âmbito das concessões florestais, embora ainda representem fração pequena do potencial, atualmente cerca de 1,3 milhão de hectares de florestas públicas federais encontram-se sob concessão, distribuídos em unidades de manejo em diferentes Florestas Nacionais da Amazônia (SFB, 2023).

O estado do Mato Grosso, um dos maiores produtores de madeira da região, enfrenta desafios relevantes para a exploração sustentável. Entre agosto de 2022 e julho de 2023, foram mapeados 219.032 hectares de produção madeireira no estado, dos quais 48.072 hectares apresentaram indícios de ilegalidade (22%), com predominância em imóveis rurais privados (IMAZON; ICV, 2024). Esse quadro, somado a pressões de desmatamento regional, reforça a necessidade de PMFS tecnicamente robustos e de identificação botânica mais precisa para conciliar uso econômico e conservação (Valdiones et al., 2022; Fearnside, 2008).

4.2. O Manejo Florestal Sustentável e o Inventário Florestal

A eficiência e sustentabilidade do manejo de florestas tropicais naturais estão intimamente relacionadas à qualidade das operações de colheita, aos tratamentos silviculturais aplicados e à conservação dos recursos florestais que sustentam as bases ecológicas, econômicas e sociais dessas florestas (Rossi et al., 2000). Nesse contexto, estudos voltados para o manejo florestal sustentável na Amazônia têm abordado aspectos como inventários de prospecção, planejamento e racionalização das atividades de abate e arraste de árvores comerciais, além dos tratamentos silviculturais e da avaliação dos impactos ambientais decorrentes da exploração florestal (Holmes et al., 2002).

No Brasil, os Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) são o instrumento regulatório para exploração madeireira em florestas nativas. Em nível federal, a Resolução CONAMA nº 406/2009 estabelece parâmetros técnicos como o diâmetro mínimo de corte de 50 cm para espécies sem DMC específico, intensidades máximas de corte de 30 m³/ha para PMFS com máquinas e 10 m³/ha sem máquinas, ciclos de corte de 25 a 35 anos com máquinas e de no mínimo 10 anos sem máquinas, além da manutenção mínima de 10% do número de

árvores por espécie na área efetivamente explorada, com mínimo de 3 árvores por espécie por 100 ha, bem como a manutenção integral de espécies com abundância igual ou inferior a 3 árvores/100 ha. A norma também determina rastreabilidade da madeira desde a árvore em pé até o desdobro e identificação botânica por nome científico no ato da Autorização para Exploração (AUTEX) (CONAMA, 2009).

No âmbito de Mato Grosso, o Decreto Estadual nº 1.313/2022 reforça e detalha esses critérios. Para o inventário florestal 100% do POA, define que sejam inventariadas todas as árvores comerciais da área de exploração anual, fixa DAP mínimo para classes de árvores (DAP é a medida do diâmetro da árvore a 1,30 m do solo; já o DMC é o limiar mínimo de diâmetro que autoriza o corte), exige marcação com placas resistentes em aproximadamente 1,30 m de altura e, de forma adicional ao CONAMA, explicita a manutenção de 10% de árvores remanescentes por espécie e 10% de árvores porta-sementes por espécie (sadias, fuste reto), respeitado o mínimo de 3 árvores por espécie por 100 ha. Classifica como raras as espécies com densidade inferior a 5 árvores/100 ha, vedando sua extração, e alinha a volumetria ao limite federal, adotando Incremento Médio Anual (IMA) de 0,86 m³/ha/ano na ausência de estudos de parcelas permanentes (Mato Grosso, 2022).

Complementarmente, a Instrução Normativa/SEMA-MT nº 5/2014 já previa a manutenção mínima de 10% de árvores remanescentes por espécie no IF 100%, com o mesmo IMA de 0,86 m³/ha/ano para balizar o cálculo de produção quando não houver dados locais de crescimento, reforçando a lógica de regulação de produção e estoque futuro no PMFS (SEMA-MT, 2014).

Do ponto de vista operacional, o inventário florestal 100% é um censo das árvores de valor comercial na Unidade de Produção Anual (UPA), organizado em Unidades de Trabalho (UT), com georreferenciamento, numeração de árvores, registro de DAP e identificação taxonômica. As diretrizes federais definem a hierarquia espacial AMF/UMF > UPA > UT e determinam, por exemplo, o uso de equações volumétricas próprias a partir do segundo POA e a aplicação de retenções por espécie calculadas por área (padrão de referência de 100 ha por UT), além da rastreabilidade de ponta a ponta (IBAMA, 2006; CONAMA, 2009; IFT, 2014).

Por fim, a qualidade do inventário é determinante para o êxito do PMFS. Do ponto de vista legal, o art. 20 da CONAMA 406/2009 torna obrigatória a identificação botânica por nome científico para garantir a correspondência entre nomes científicos e vulgares na UMF, e o Decreto 1.313/2022 condiciona o cálculo de volume e a emissão de autorizações ao atendimento dos critérios de IF 100% e de retenções por espécie. Assim, erros de identificação comprometem retenções mínimas, DMC, volumetria autorizada e rastreabilidade, afetando

tanto a conformidade normativa quanto a sustentabilidade ecológica do manejo (CONAMA, 2009; Mato Grosso, 2022; Péllico Netto e Brena, 1997; Procópio e Secco, 2008).

4.3. Identificação Botânica: Desafios e Implicações para o Manejo Florestal

A identificação botânica permite estabelecer estratégias de manejo para diferentes espécies considerando suas características ecológicas, possibilitando a adoção de medidas de conservação e garantindo maior confiabilidade nos dados coletados em campo (Ferreira, 2006). Uma identificação com precisão reflete a realidade da floresta e das espécies presentes, o que é essencial para a sustentabilidade dos inventários e dos PMFS.

O processo de identificação botânica envolve a descrição das características morfológicas das plantas em campo e a análise de amostras em herbários. No entanto, em inventários florestais, é comum que a identificação seja realizada com base em nomes populares atribuídos por mateiros, que utilizam conhecimento empírico para associar características visuais a nomes populares (Procópio e Secco, 2008). Embora essa prática seja amplamente utilizada, ela apresenta limitações significativas, levando a erros de identificação que comprometem a precisão dos inventários e, consequentemente, a sustentabilidade do manejo.

Na prática parataxonômica, ocorrem dois vieses recorrentes: o “agrupamento”, quando espécies distintas são registradas sob uma única unidade ou nome popular, e a “divisão”, quando uma mesma espécie é fragmentada em várias unidades ou nomes. Ambos distorcem estimativas de riqueza e abundância, afetam a seleção de árvores para corte e a retenção por espécie e podem resultar no descumprimento de DMC e de cotas de remanescentes (Baraloto et al., 2007). Evidências na Amazônia e na Mata Atlântica indicam que o grau de concordância entre identificadores varia com a facilidade de notar e reconhecer as espécies no ambiente (por serem comuns, grandes ou terem traços marcantes) e com a experiência das equipes, reforçando a necessidade de validação taxonômica (Hanazaki et al., 2010; Baraloto et al., 2007).

No inventário florestal 100% (doravante, IF 100%), as equipes precisam cobrir toda a UPA sob cronogramas operacionais do POA e atividades integradas, o que impõe ritmo acelerado ao trabalho de campo (IFT, 2020a; IFT, 2020b). Nessa rotina, o nome da árvore é frequentemente atribuído por diagnóstico rápido, sem coleta imediata de material e sem checagem em herbário, registrando-se em ficha a “denominação usual da espécie” junto com DAP, localização e condições de aproveitamento (Araujo, 2006). A decisão baseia-se em caracteres macromorfológicos e sensoriais facilmente perceptíveis no momento da abordagem, como textura e desenho do ritidoma, presença e tipo de exsudato ou látex, cor e odor da casca, cheiro da madeira em talho raso, forma do fuste, copa e sapopemas, além de pistas ecológicas

do sítio e, quando disponíveis, indícios fenológicos, repertório consagrado em guias de campo amazônicos (Ribeiro et al., 1999).

Em muitos PMFS, os nomes populares registrados no inventário são posteriormente convertidos para nomes científicos com listas pré-existentes, sem validação taxonômica direta, prática apontada como problemática por reunir múltiplos táxons sob um mesmo nome ou, inversamente, fracionar uma espécie em vários nomes (Martins-da-Silva; Hopkins; Thompson, 2003; Procópio; Secco, 2008). A própria Embrapa registra como entraves recorrentes o tempo gasto com identificação e a urgência operacional do setor madeireiro, fatores que pressionam por decisões rápidas em campo e elevam o risco de erro (Martins-da-Silva; Hopkins; Thompson, 2003). Evidências adicionais mostram que tais condições favorecem erros de “agrupamento” e “divisão”, variando com a experiência das equipes, o que reforça a necessidade de validação botânica (Baraloto et al., 2007).

A utilização de nomes populares intensifica os problemas de precisão, uma vez que esses nomes podem abranger várias espécies com características ecológicas distintas. Essa prática não considera critérios científicos rigorosos, resultando em decisões inadequadas durante o manejo, como a exploração excessiva de espécies de alto valor comercial e a subestimação da diversidade florestal (Imanã Encinas et al., 2022; Lacerda et al., 2010). Somado a isso, listas de correspondência entre nomes populares e científicos, frequentemente desatualizadas, contribuem para aumentar os erros de identificação, comprometendo a confiabilidade dos inventários (Ferreira et al., 2020).

As listas de correspondência entre nomes populares e científicos, usadas em PMFS, costumam ser construídas a partir de três pilares: i) catálogos oficiais dos sistemas de controle florestal (Sinaflor/DOF+), que disponibilizam tabelas com códigos de espécie e, quando existentes, nomes populares associados à grafia taxonômica adotada pelo SISTAXON (IBAMA, 2020; IBAMA, 2021; IBAMA, 2022a); ii) compilações taxonômicas atualizadas, como a Flora e Funga do Brasil – Reflora, utilizadas para padronização (FLORA e Funga do Brasil, 2023; JBRJ, 2021); e iii) literatura técnico-dendrológica e guias regionais.

Na prática empresarial, o fluxo mais comum é registrar o nome popular em campo e, na consolidação do POA e na emissão da Autorização para Exploração (AUTEX) no Sinaflor, converter para o nome científico aceito no SISTAXON/DOF⁺; os manuais operacionais orientam que nome científico e popular sigam estritamente a tabela vigente (IBAMA, 2019; IBAMA, 2018; IBAMA, 2021). Em nível estadual, sistemas como o Sisflora-MT operam de forma integrada ao controle federal e publicaram migrações recentes mantendo catálogos compatíveis com o DOF+/Sinaflor (Mato Grosso, 2024).

A criticidade surge porque há variação regional dos nomes populares e coexistem múltiplas listas (empresas, órgãos estaduais, literatura), em que um mesmo nome popular pode referir-se a espécies diferentes e uma espécie pode ter vários nomes, com riscos de agrupamento e divisão nas bases de PMFS (Procópio; Secco, 2008; Martins-da-Silva; Hopkins; Thompson, 2003). O caso do “tauari” é exemplar, reunindo *Couratari* spp. e *Cariniana* spp. em inventários, com impactos sobre volumetria, DMC e retenções por espécie (Procópio; Secco, 2008). Para mitigar divergências e grafias não padronizadas, tem-se recomendado harmonizar as listas operacionais (Sinaflor, Sisflora-MT) com o backbone da Flora e Funga do Brasil – Reflora (IBAMA, 2024).

Outro problema crítico associado à identificação botânica é a formação inadequada dos profissionais responsáveis pela coleta de dados em campo. Em muitos casos, mateiros ou técnicos dependem exclusivamente de seu conhecimento empírico, sem acesso a treinamentos atualizados ou a ferramentas que poderiam aumentar a precisão das identificações. Essa limitação não apenas compromete a qualidade dos dados, mas também dificulta a implementação eficaz dos PMFS, que dependem de informações precisas para garantir a sustentabilidade do manejo (Gomes et al., 2022).

Além disso, a identificação incorreta pode gerar impactos negativos diretos na regeneração das florestas manejadas. Quando espécies são erroneamente classificadas, a exploração pode afetar severamente a dinâmica ecológica local, favorecendo espécies pioneiras em detrimento daquelas com maior valor ecológico e econômico. Esse descompasso compromete a sustentabilidade das práticas de manejo e a manutenção dos serviços ecossistêmicos, como a conservação da biodiversidade e a produtividade florestal a longo prazo (Rocha et al., 2017; Silva, 1989).

Para mitigar esses erros, é fundamental que as empresas manejadoras invistam na coleta e identificação taxonômica rigorosa das espécies e promovam a capacitação contínua dos profissionais envolvidos. Além disso, a atualização constante das nomenclaturas científicas é essencial para garantir a precisão e a confiabilidade dos dados utilizados nos inventários florestais (Jernigan, 2023; Gomes et al., 2022).

Além das medidas de capacitação e validação taxonômica, ferramentas instrumentais e computacionais podem apoiar diretamente o IF 100% e reduzir a ocorrência de erros. Em complemento às ações de capacitação, abordagens de visão computacional podem atuar como suporte direto ao IF 100%. Modelos de aprendizado de máquina treinados com imagens padronizadas de ritidoma têm apresentado alta acurácia na distinção de espécies madeireiras amazônicas e já foram propostos para uso em dispositivos móveis no campo, desde que as

rotinas incluíam metadados, georreferenciamento e vinculação das imagens a vouchers em herbários, garantindo a rastreabilidade e a validação taxonômica (Gama, 2025).

Outra frente promissora envolve a espectroscopia de reflectância no visível e no infravermelho próximo (VIS-NIR) aplicada *in situ* à casca, que tem mostrado desempenho elevado na discriminação de espécies em testes amazônicos, funcionando como triagem rápida durante o inventário (Hadlich et al., 2018). Em paralelo, o DNA barcoding com os marcadores *rbcL* e *matK* oferece um arcabouço de confirmação taxonômica em laboratório, e estudos na Amazônia reportam boa acurácia de identificação quando há bibliotecas de referência adequadas (CBOL Plant Working Group, 2009). O uso combinado dessas técnicas permite triagem em campo seguida de confirmação molecular em amostras selecionadas, embora a resolução ao nível de espécie varie entre grupos e exija curadoria das sequências de referência e logística de coleta (González et al., 2009).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Área de estudo e contexto ambiental

Esta pesquisa foi desenvolvida no âmbito do projeto “Espécies arbóreas mais comercializadas no Estado do Mato Grosso”, cadastrado na UFRA (Universidade Federal Rural da Amazônia) sob o número PVAG906-2024. O projeto tem a participação de professores, pesquisadores e discentes da UFRA e UNEMAT (Universidade do Estado de Mato Grosso), responsáveis pela coleta das amostras botânica, bem como pela realização de pesquisas laboratoriais, elaboração de relatórios técnicos anuais e produção de documentos técnico-científicos.

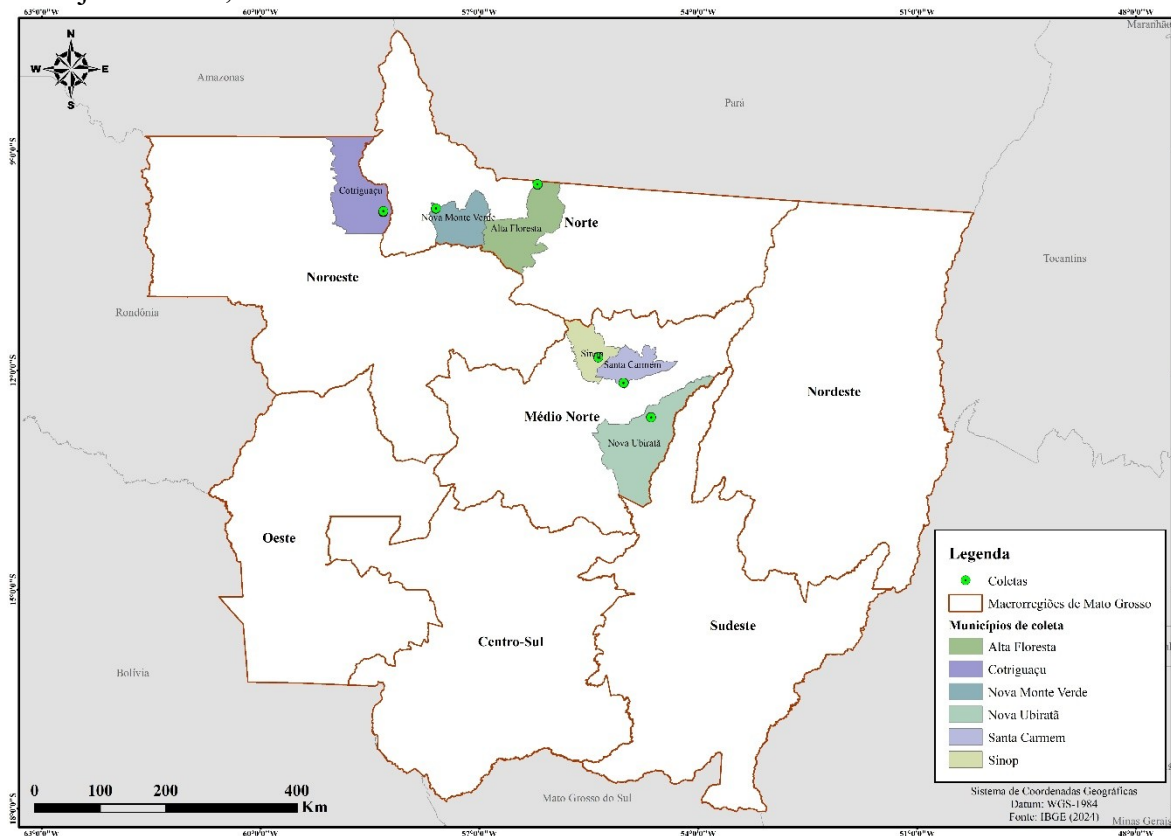
O Centro das Indústrias Produtoras e Exportadoras de Madeira (CIPEM) coordenou a logística para a execução das atividades, incluindo a remessa das amostras botânicas para a UFRA, além de providenciar o acesso às áreas das empresas participantes, transporte, hospedagem e alimentação para os pesquisadores.

O ingresso nas Unidades de Manejo Florestal (UMF) ocorreram mediante anuência formal dos detentores dos PMFS, com coordenação logística do CIPEM. As coletas botânicas seguiram boas práticas de campo e as normas institucionais para coleta, herborização e transporte de material vegetal, com comunicação aos responsáveis técnicos pelos PMFS e observância das regras do órgão ambiental estadual (SEMA-MT). Os dados operacionais dos inventários (IF 100%/AUTEF/POA) foram utilizados exclusivamente para fins acadêmico-científicos e são apresentados de forma agregada, sem identificação de pessoas físicas ou empresas. As coletas botânicas estão registradas no SISGEN AB7316A e SISBIO 91323-1 e as

amostras estão tombadas no acervo do Herbário da Amazônia Meridional (HERBAM) da UNEMAT-AF e Herbário Felisberto Camargo (FC) da UFRA.

O estudo foi conduzido nas UMFs situadas na porção amazônica de Mato Grosso, nas regiões Médio Norte: municípios de Sinop, Nova Ubiratã e Santa Carmem; Norte: municípios de Alta Floresta e Nova Monte Verde; e Noroeste: município de Cotriguaçu (Figura 1). As coletas foram realizadas em duas campanhas: a primeira entre 18 a 31 de maio de 2024, contemplando os três municípios do Médio Norte e a segunda campanha entre 21 de julho a 07 de agosto de 2024, abrangendo os dois municípios do Norte e o município do Noroeste.

Figura 1. Localização das regiões e pontos de coleta das amostras botânicas nas áreas de Manejo Florestal, no estado de Mato Grosso.

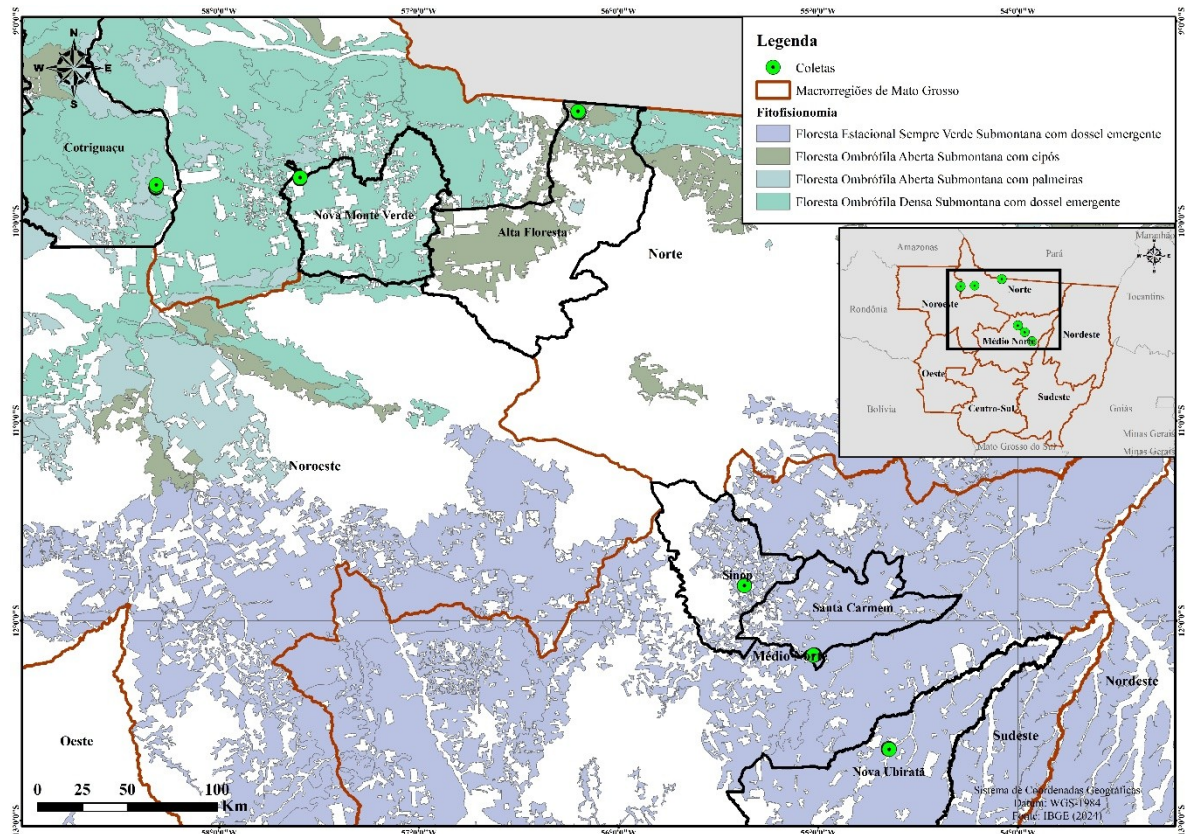


Fonte: Autor (2025)

Segundo o mapeamento oficial de vegetação, as áreas de coleta na região do Médio Norte estão inseridas na formação floresta estacional sempre-verde submontana com dossel emergente. Na região Norte, as coletas em Alta Floresta estão inseridas na fitofisionomia de floresta ombrófila aberta submontana com cipós, em ecótono entre floresta ombrófila e floresta estacional, e em Nova Monte Verde as áreas de coleta estão caracterizadas como floresta ombrófila densa submontana com dossel emergente. Na região Noroeste, município de Cotriguaçu, as coletas estão inseridas em uma transição de floresta ombrófila aberta

submontana com palmeiras e floresta ombrófila densa submontana com dossel emergente (IBGE, 2023) (Figura 2).

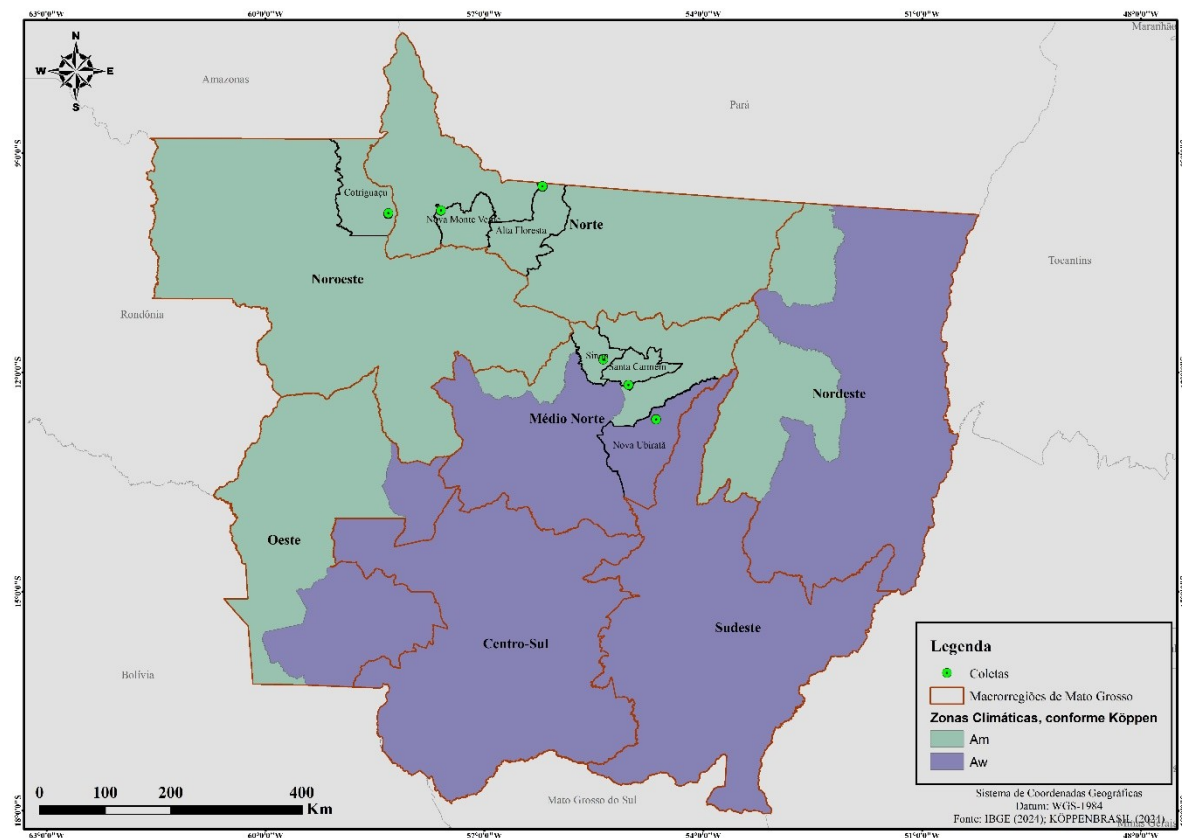
Figura 2. Classificação das fitofisionomias registradas nas áreas de manejo florestal onde foram realizadas as coletas das amostras botânicas no Estado do Mato Grosso.



Fonte: Autor (2025)

Quanto ao clima, segundo a classificação de Köppen, os municípios de Sinop, Santa Carmem, Alta Floresta, Nova Monte Verde e Cotriguaçu são Am e o município de Nova Ubitatã é Aw. As médias anuais são: Santa Carmem com temperatura média de 25,8 °C e precipitação de 2.578,6 mm/ano, Nova Ubitatã com temperatura média de 25,4 °C e precipitação de 2.355,8 mm/ano, Nova Monte Verde com temperatura média de 26,3 °C e precipitação de 3.029,4 mm/ano, Sinop com temperatura média de 25,8 °C e precipitação de 2.638,3 mm/ano, Alta Floresta com temperatura média de 26,3 °C e precipitação de 3.032,3 mm/ano e Cotriguaçu com temperatura média de 26,4 °C e precipitação de 3.029,1 mm/ano (KÖPPENBRASIL, 2024) (Figura 3).

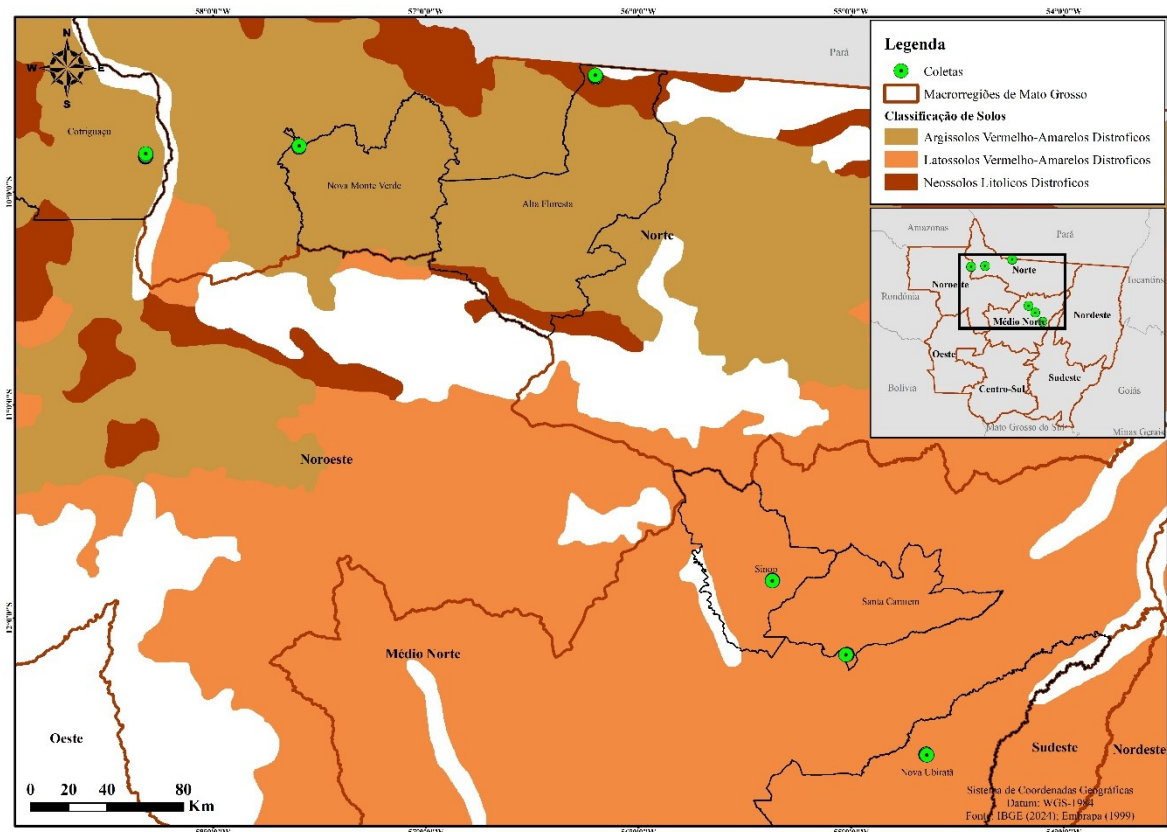
Figura 3. Zonas Climáticas, conforme Köppen, registradas nas áreas de manejo florestal onde foram realizadas as coletas das amostras botânicas no Estado do Mato Grosso.



Fonte: Autor (2025)

Com base no cruzamento dos pontos de coleta com o mapa de solos do IBGE, os locais amostrados no Médio Norte (Sinop, Nova Ubiratã e Santa Carmem) incidem sobre Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos; em Alta Floresta, os pontos de coleta situam-se sobre Neossolos Litólicos distróficos; e, em Nova Monte Verde e Cotriguaçu, sobre Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos (IBGE, 2023a) (Figura 4). As denominações pedológicas seguem a nomenclatura e as especificações do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) adotadas no mapeamento do IBGE.

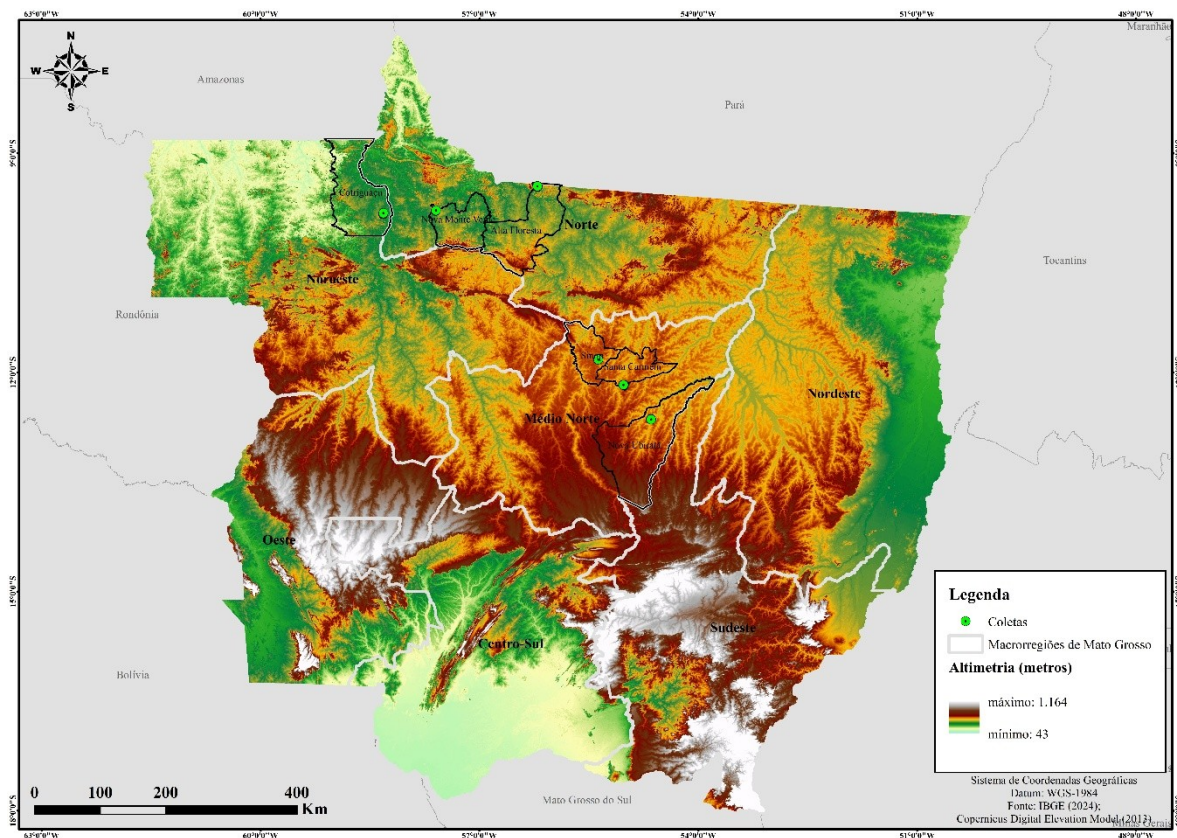
Figura 4. Classificação de solos registradas nas áreas de manejo florestal onde foram realizadas as coletas das amostras botânicas no Estado do Mato Grosso.



Fonte: Autor (2025)

As altitudes em Mato Grosso, estimadas a partir do Copernicus Digital Elevation Model (Figura 5), variam de 43 metros a 1.164 metros, com os seguintes valores por ponto de coleta em cada município: Alta Floresta: 320 metros; Sinop: 370 metros; Nova Uiratã: 310 metros; Santa Carmem: 350 metros; Nova Monte Verde: 260 metros; e Cotriguaçu: 200 metros (COPERNICUS DATA SPACE ECOSYSTEM, 2025).

Figura 5. Altimetria registrada nas áreas de manejo florestal onde foram realizadas as coletas das amostras botânicas no Estado do Mato Grosso.



Fonte: Autor (2025)

5.2. Desenho do estudo e amostragem

Trata-se de um estudo observacional comparativo que avalia, árvore a árvore, a concordância entre o nome da espécie registrado no inventário florestal 100% (IF 100%) e o nome validado por identificação botânica em herbário.

A amostragem em campo foi oportunística, direcionada pela disponibilidade de árvores em corte durante as janelas de operação dos PMFS visitados nas duas campanhas (Médio Norte; Norte/Noroeste). Foram incluídas árvores com nome popular registrado no IF 100% e com material botânico coletado e validado; foram excluídos apenas registros sem material ou sem identificação válida para comparação.

O objetivo não foi estimar proporções populacionais por amostragem, mas comparar diretamente o nome do inventário com o nome validado para quantificar a concordância, caracterizar padrões de erro (espécie/gênero/família; agrupamento/divisão) e identificar nomes/táxons críticos para o manejo. Esse desenho responde à pergunta do estudo (“há inconsistências?”) e permite testar a hipótese de baixa concordância quando não há aplicação de métodos taxonômicos.

5.3. Coleta de dados e validação botânica

Para cada árvore registrada no inventário florestal 100% foram anotados placa/ID, coordenadas (latitude/longitude), nome popular constante do inventário e realizada descrição em ficha de campo das estruturas diagnósticas (ritidoma, base/sapopemas, talho raso na casca/madeira e copa) seguindo referências dendrológicas de campo (Ribeiro et al., 1999; Gonçalves e Lorenzi, 2011). Quando disponíveis, ramos com folhas, flores e/ou frutos foram coletados e herborizados conforme procedimentos clássicos: preparo em jornal identificado, prensagem em prensas de madeira e preservação inicial do material foliar em etanol 96% até a desidratação em estufa (Ferreira, 2006).

As coletas foram realizadas em duas campanhas em seis PMFS ativos e licenciados no estado, com acesso viabilizado por empresas associadas ao CIPEM: a primeira campanha, com 100 árvores amostradas distribuídas em 16 nomes populares; e a segunda campanha, com 99 árvores amostradas distribuídas em 29 nomes populares. A seleção dos locais buscou cobrir diferentes regiões de manejo no Mato Grosso, priorizando espécies efetivamente em corte no período de campo.

A validação taxonômica foi conduzida por especialista, com base na morfologia do material coletado e no confronto com literatura e coleções de referência (Ribeiro et al., 1999; Gonçalves e Lorenzi, 2011; Ferreira, 2006). No herbário HERBAM ocorreu o processamento, conferência, desidratação e envio das amostras para o herbário Felisberto Camargo da UFRA (Belém), onde as coletas foram preparadas para a determinação até o nível de espécie e também depositadas no acervo do herbário e comparadas com exsicatas e obras de referência. A padronização de grafia/autoria e o status nomenclatural (aceito/sinônimo) seguiram a Flora e Funga do Brasil – Re flora, com apoio do pacote flora no R para checagem e normalização (Carvalho, 2020), e conferência manual de hábito e distribuição no portal Re flora/JBRJ.

Para vincular a amostragem ao controle oficial, foram utilizados os metadados do IF 100% e os documentos de AUTEX e AUTEF/POA do Sisflora-MT fornecidos pelas empresas, o que permitiu recuperar, para cada UPA, o universo por nome popular, a composição e os volumes autorizados à época das coletas (Mato Grosso, 2024). Em apoio a esse enquadramento, apresenta-se a lista com os nomes populares das espécies (Tabela 1) autorizadas para exploração nos PMFS amostrados, com seus respectivos nomes científicos associados e volumes consolidados. Por questões éticas e de confidencialidade, a análise é reportada de forma agregada: não são identificadas pessoas físicas, empresas ou os PMFS por nome.

Tabela 1. Nomes vulgares e respectivos nomes científicos e famílias das espécies autorizadas para exploração nos PMFS amostrados à época das coletas, segundo AUTEX/AUTEF (Sisflora-MT).

Nome popular	Nome científico IF 100%	Família	n
Amescla	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	Burseraceae	8
Angelim-amargoso	<i>Vatairea sericea</i> (Ducke) Ducke	Fabaceae	7
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium heterocarpum</i> Ducke	Fabaceae	1
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Fabaceae	7
Angelim-saia	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Fabaceae	7
Bajão	<i>Parkia multijuga</i> Benth.	Fabaceae	1
Caixeta	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	1
Cambará	<i>Qualea dinizii</i> Ducke	Vochysiaceae	10
Cambará	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Vochysiaceae	20
Cambará	<i>Ruizterania albiflora</i> (Warm.) Marc.-Berti	Vochysiaceae	8
Cambará-rosa	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	Vochysiaceae	11
Canelão	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	Lauraceae	3
Canelão	<i>Ocotea neesiana</i> (Miq.) Kosterm.	Lauraceae	4
Canelão	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Lauraceae	3
Canelão	<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez	Lauraceae	1
Caucho	<i>Castilla ulei</i> Warb.	Moraceae	2
Cedrinho	<i>Erismia uncinatum</i> Warm.	Vochysiaceae	13
Cedrinho-branco	<i>Erismia bicolor</i> Ducke	Vochysiaceae	1
Cedro-marinheiro	<i>Guarea silvatica</i> C.DC.	Meliaceae	2
Champanhe	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	Fabaceae	6
Cumaru-ferro	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	Fabaceae	1
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Goupiaceae	6
Farinha-seca	<i>Albizia edwallii</i> (Hoehne) Barneby & J.W.Grimes	Fabaceae	1
Garapeira	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Fabaceae	9
Garrote	<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	Moraceae	2
Goiabão	<i>Pouteria pachycarpa</i> Pires	Sapotaceae	2
Guaritá	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Anacardiaceae	2
Ipê	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Bignoniaceae	3
Ipê-amarelo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Bignoniaceae	2
Itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Lauraceae	8
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	2
Mandiocão	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	Araliaceae	1
Mescla-aroeira	<i>Protium altsonii</i> Sandwith	Burseraceae	9
Mescla-aroeira	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	10
Morcegueira	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	Burseraceae	1
Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Anacardiaceae	2
Paraju	<i>Manilkara cavalcantei</i> Pires & W.A.Rodrigues ex T.D.Penn.	Sapotaceae	1
Pente-de-macaco	<i>Apeiba echinata</i> Gaertn.	Malvaceae	1

Peroba	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	Apocynaceae	1
Peroba-mica	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. & Zucc.	Apocynaceae	1
Rosinha	<i>Vochysia rufescens</i> W.A. Rodrigues	Vochysiaceae	3
Sucupira-amarela	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Fabaceae	1
Sucupira-amarela	<i>Robrichia schomburgkii</i> (Benth.) A.R.M.Luz & E.R.Souza	Fabaceae	1
Tachi	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	Fabaceae	8
Tauari	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Lecythidaceae	1
Tauari	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	Lecythidaceae	4

Fonte: Autor (2025)

5.4. Padronização taxonômica e plano de análise

Para as análises, comparamos árvore a árvore a acurácia do nome constante no IF 100% com o nome validado, medindo a concordância global e decompondo a natureza dos erros. Antes da comparação, todos os nomes científicos do IF 100% e das validações foram harmonizados quanto à grafia, autoria e status nomenclatural usando a Flora e Funga do Brasil – Re flora (FLORA e Funga do Brasil, 2023; JBRJ, 2021), com apoio do pacote *flora* no R (Carvalho, 2020). Essa padronização evita que diferenças apenas formais (sinônimos aceitos, variações de autoria e ortografia) apareçam como “erros”.

A métrica principal é a proporção de acertos por árvore (nome do IF 100% idêntico ao nome validado), acompanhada de intervalos de confiança de 95% por *bootstrap* (Efron e Tibshirani, 1993). Como medida complementar do acordo além do acaso, foi estimado o coeficiente Kappa de Cohen (κ), com interpretação segundo Cohen (1960) e Landis & Koch (1977). A proporção de acertos quantifica as inconsistências e o κ quantifica quanto da concordância observada excede a concordância esperada ao acaso.

Além das métricas acima, a concordância foi descrita em quatro faixas mutuamente exclusivas: 100% (acerto em espécie), 66% (erro de espécie com acerto em gênero), 33% (erro de gênero com acerto apenas em família) e 0% (todos os níveis taxonômicos são divergentes). Essa classificação foi apresentada globalmente e por nome popular. No entanto, para essa e outras análises estratificadas por nome popular, adotou-se um tamanho amostral mínimo de $n \geq 5$ árvores por nome para reporte e comparação, a fim de reduzir instabilidade na estimativa e na inferência para proporções em amostras pequenas (Brown et al., 2001). Por outro lado, nas análises globais não foi aplicado o filtro $n \geq 5$, com o objetivo de estimar o desempenho do inventário como um todo.

Para qualificar a natureza dos erros, os desacordos foram classificados em três níveis: erro de espécie (espécies diferentes no mesmo gênero), erro de gênero (gêneros diferentes na

mesma família) e erro de família (famílias distintas). Também foram mapeados dois padrões parataxonômicos críticos para o manejo: agrupamento (*lumping*), quando um mesmo nome popular reúne várias espécies validadas e divisão (*splitting*), quando uma espécie validada aparece sob diferentes nomes populares. Esses padrões serão quantificados por meio de matrizes de confusão entre a “classe do inventário” (espécie atribuída no IF 100%) e a “classe validada” (espécie confirmada em herbário), das quais derivam a acurácia por classe e métricas globais de desempenho em nível específico como o Valor Preditivo Positivo (PPV - precisão), Sensibilidade (revocação) e F1 global (Sokolova e Lapalme, 2009).

Adicionalmente, também serão estimadas métricas de desempenho por espécie, tratando a associação do IF 100% como classe prevista. Entretanto, por se tratarem de proporções sensíveis a tamanhos amostrais muito pequenos, a interpretação comparativa e a discussão principal foram centradas nas espécies com maior suporte, cujo nomes populares possuem $n \geq 5$. Para cada espécie validada foi contabilizado: o número de árvores confirmadas como a espécie no herbário (TP+FN), o número de árvores atribuídas à espécie no IF 100% (TP+FP), o número de árvores validadas com a mesma espécie atribuída no IF 100% (TP), o número de árvores validadas com outra espécie no IF 100% (FN) e o número de árvores atribuídas no IF 100% cuja validação indicou outra espécie (FP). A partir desses componentes, serão calculadas a precisão (PPV) = $TP/(TP+FP)$, a sensibilidade (revocação) = $TP/(TP+FN)$ e o F1 = $2 \cdot (PPV \cdot \text{sensibilidade}) / (PPV + \text{sensibilidade})$, conforme definições padrão para tarefas de classificação multiclasse (Sokolova e Lapalme, 2009). Essas métricas foram apresentadas para contextualizar a robustez das estimativas.

Para verificar se a acurácia depende do número de árvores amostradas por nome popular, a proporção de acertos foi estratificada por faixas de tamanho amostral (5-10; 11-15; >15). As diferenças entre faixas foram avaliadas por teste de proporções (qui-quadrado com correção de Yates). Como análise complementar, foi ajustado um modelo binomial (GLM) com acerto (0/1) como variável resposta e o tamanho amostral por nome como preditor, a fim de avaliar a tendência da acurácia em função de n.

Como a nomeação ocorre em duas etapas, registro do nome popular em campo (IF 100%) e atribuição do nome científico a partir desse nome, avaliamos a contribuição relativa de cada etapa para o erro final em dois níveis complementares. Primeiro, construímos, para cada espécie validada em herbário, o universo de nomes populares reconhecidos para o Estado Mato Grosso e Amazônia (fontes: Flora e Funga do Brasil – Re flora/JBRJ, dicionários dendrológicos e fichas da Embrapa, guias regionais de madeiras e catálogos operacionais Sinaflor/DOF+ e Sisflora-MT). Em seguida, para cada espécie validada, elegemos como “nome

popular de referência” aquele que também aparecia no inventário dos PMFS e quando não havia coincidência, adotamos o nome de uso mais comum nas fontes citadas. Com isso, mensuramos o desempenho do campo no nível de nome popular (acerto quando o nome do IF 100% coincide com o nome popular de referência da espécie validada) e o desempenho do “escritório” no nível de espécie (acerto quando a espécie científica atribuída no IF 100% coincide com a espécie validada em herbário). Para contrastar esses dois classificadores pareados na mesma árvore, aplicamos o teste de McNemar (McNemar, 1947), estimando o efeito relativo da etapa “escritório” frente ao que já vinha do campo.

Como as métricas de acurácia em nível de espécie podem ser influenciadas por fatores críticos para interpretação aplicada ao manejo, como a relevância operacional do erro, conduzimos análises complementares sobre a acurácia ponderada por volume, voltada a quantificar o volume sob risco de atribuição específica incorreta, aproximando o impacto prático dos erros sobre a produção. As análises foram realizadas no *software* R (organização de dados com *tidyverse*, métricas com *yardstick*, κ com *irr* e rotinas de *bootstrap*), com conferência em Excel. Esse encadeamento metodológico assegura que a concordância e os padrões de erro estimados respondam à pergunta central do estudo e ofereçam evidências para testar a hipótese proposta, além de traduzirem implicações operacionais claras para os PMFS.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Espécies associadas aos nomes vulgares utilizados nos PMFS em Mato Grosso

Foram realizadas 199 coletas botânicas, em seis municípios do Estado do Mato Grosso (Alta Floresta, Cotriguaçu, Nova Monte Verde, Nova Ubiratã, Santa Carmem e Sinop) que estavam associadas a 35 nomes vulgares e 39 nomes científicos nos respectivos inventários florestais. Depois de identificadas, foram reconhecidas 46 espécies de 15 famílias (Tabela 2). Do total das coletas, sete indivíduos não puderam ser determinados em nível de espécie, por limitação de material diagnóstico (por exemplo, ausência de estruturas reprodutivas e insuficiência de caracteres discriminantes), o que é compatível com as dificuldades reconhecidas para identificação em florestas tropicais megadiversas, nas quais caracteres vegetativos frequentemente são insuficientes para discriminar táxons próximos (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010). Por essa razão, esses registros não integram a síntese específica apresentada neste tópico, embora permaneçam relevantes para contextualizar as limitações operacionais e taxonômicas inerentes ao IF 100%.

Tabela 2. Distribuição das coletas botânicas por nome popular, nome científico declarado no IF 100% (grafias atualizadas), espécies determinadas em herbário, família e número de amostras determinadas.

Nome popular	Nome científico IF 100%	Espécies determinadas	Família	Nº de amostras
Amescla	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	Burseraceae	8
Angelim-amargoso	<i>Vatairea sericea</i> (Ducke) Ducke	<i>Vatairea sericea</i> (Ducke) Ducke	Fabaceae	1
Angelim-amargoso	<i>Vatairea sericea</i> (Ducke) Ducke	<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke	Fabaceae	6
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium heterocarpum</i> Ducke	<i>Hymenolobium pulcherrimum</i> Ducke	Fabaceae	1
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Fabaceae	3
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	<i>Hymenolobium pulcherrimum</i> Ducke	Fabaceae	4
Angelim-saia	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Fabaceae	7
Bajão	<i>Parkia multijuga</i> Benth.	<i>Parkia multijuga</i> Benth.	Fabaceae	1
Caixeta	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	1
Cambará	<i>Qualea dinizii</i> Ducke	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Vochysiaceae	10
Cambará	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	<i>Qualea homosepala</i> Ducke	Vochysiaceae	1
Cambará	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Vochysiaceae	18
Cambará	<i>Ruizterania albiflora</i> (Warm.) Marc.-Berti	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Vochysiaceae	8
Cambará-rosa	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	<i>Miconia renatogoldenbergii</i> Meirelles & Bacci	Melastomataceae	1
Cambará-rosa	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	<i>Vochysia vismiifolia</i> Spruce ex Warm.	Vochysiaceae	10
Canelão	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	<i>Licaria debilis</i> (Mez) Kosterm.	Lauraceae	1
Canelão	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	<i>Licaria guianensis</i> Aubl.	Lauraceae	1
Canelão	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	<i>Nectandra longifolia</i> (Ruiz & Pav.) Nees	Lauraceae	1
Canelão	<i>Ocotea neesiana</i> (Miq.) Kosterm.	<i>Ocotea floribunda</i> (Sw.) Mez	Lauraceae	4
Canelão	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	<i>Ocotea floribunda</i> (Sw.) Mez	Lauraceae	3
Canelão	<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez	<i>Ocotea floribunda</i> (Sw.) Mez	Lauraceae	1
Caucho	<i>Castilla ulei</i> Warb.	<i>Castilla ulei</i> Warb.	Moraceae	2
Cedrinho	<i>Erismia uncinatum</i> Warm.	<i>Erismia uncinatum</i> Warm.	Vochysiaceae	13
Cedrinho-branco	<i>Erismia bicolor</i> Ducke	<i>Erismia floribundum</i> Rudge	Vochysiaceae	1
Champanhe	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	Fabaceae	6
Cumaru-ferro	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	Fabaceae	1
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Goupiaceae	6
Farinha-seca	<i>Albizia edwallii</i> (Hoehne) Barneby & J.W.Grimes	<i>Hydrochorea pedicellaris</i> (DC.) M.V.B.Souares, Iganci & M.P.Morim	Fabaceae	1

Garapeira	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Fabaceae	8
Garrote	<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	Moraceae	2
Goiabão	<i>Pouteria pachycarpa</i> Pires	<i>Chrysophyllum lucentifolium</i> subsp. <i>pachycarpum</i> Pires & T.D.Penn.	Sapotaceae	2
Guaritá	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Anacardiaceae	2
Ipê	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Bignoniaceae	1
Ipê	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Bignoniaceae	1
Ipê	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K.Schum.	Bignoniaceae	1
Ipê-amarelo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Bignoniaceae	2
Itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Lauraceae	8
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	2
Mandiocão	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	Araliaceae	1
Mescla-aroeira	<i>Protium altsonii</i> Sandwith	<i>Protium acrense</i> Daly	Burseraceae	10
Mescla-aroeira	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	<i>Protium acrense</i> Daly	Burseraceae	9
Mescla-aroeira	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	1
Morcegueira	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	Burseraceae	1
Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Anacardiaceae	1
Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Anacardiaceae	1
Pente-de-macaco	<i>Apeiba echinata</i> Gaertn.	<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Genth.	Malvaceae	1
Peroba	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	<i>Aspidosperma araracanga</i> Marc.-Ferr.	Apocynaceae	1
Peroba-mica	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. & Zucc.	<i>Aspidosperma duckei</i> Huber	Apocynaceae	1
Rosinha	<i>Vochysia rufescens</i> W.A. Rodrigues	<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Vochysiaceae	1
Rosinha	<i>Vochysia rufescens</i> W.A. Rodrigues	<i>Vochysia inundata</i> Ducke	Vochysiaceae	1
Sucupira-amarela	<i>Robrichia schomburgkii</i> (Benth.) A.R.M.Luz & E.R.Souza	<i>Robrichia schomburgkii</i> (Benth.) A.R.M.Luz & E.R.Souza	Fabaceae	1
Tachi	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	<i>Tachigali chrysaloides</i> van der Werff	Fabaceae	5
Tachi	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	<i>Tachigali glauca</i> Tul.	Fabaceae	1
Tachi	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	Fabaceae	1
Tauari	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	Lecythidaceae	1
Tauari	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Lecythidaceae	2
Tauari	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	Lecythidaceae	2

Fonte: Autor (2025)

O resultado das identificações apontou o conjunto de táxons efetivamente em corte nas UPAs visitadas, abrangendo espécies madeireiras típicas da Amazônia meridional. Nas amostras coletadas, predominam as denominações amplamente usadas no setor florestal (Andrade et al., 2022; Imaflora, 2025), como “cambará”, “cedrinho”, “itaúba”, “amescla”, “morcegueira”, “mescla-aroeira”, “ipê”, diferentes “angelins” (pedra, saia e amargoso), além de “tauari”, “garapeira”, “champanhe”, “cumaru-ferro”, “cupiúba”, “jatobá”, “canelão”, “guaritá”, “muiracatiara”, “peroba” e “peroba-mica”, entre outras. Essa diversidade de repertórios vernaculares é esperada para a identificação de campo que depende do conhecimento empírico de mateiros que fazem uso de caracteres macromorfológicos (ritidoma, exsudato, talho, forma do fuste/copa e sapopemas) e sensoriais (odor, cor, texturas etc.), frequentemente associados a tradições locais e transmissões orais, com variação regional e risco inerente de ambiguidade taxonômica (Ribeiro et al., 1999; Gonçalves e Lorenzi, 2011; Jernigan, 2006; Lacerda et al., 2010).

A composição por famílias evidenciou a centralidade de poucos grupos botânicos na base comercial amostrada. Vochysiaceae (63 coletas; 7 nomes científicos determinados), Fabaceae (49 coletas; 14 nomes científicos determinados), Burseraceae (29 coletas; 3 nomes científicos determinados) e Lauraceae (19 coletas; 5 nomes científicos determinados) concentraram a maior parcela dos registros e também abarcaram parte expressiva da diversidade de táxons observada, seguidas por Bignoniaceae (5 coletas; 3 nomes científicos determinados) e Lecythidaceae (5 coletas; 2 nomes científicos determinados), além de famílias com pouca presença de espécies ou presença pontual. Esse perfil é consistente com a lógica do manejo madeireiro em PMFS, em que a seleção de espécies tende a combinar diversidade e disponibilidade das árvores, demanda e propriedades tecnológicas, mas também influenciada por restrições normativas, retenções mínimas por espécie e vedação de espécies raras como salvaguardas para manter a integridade estrutural e a diversidade em florestas manejadas (CONAMA, 2009; Mato Grosso, 2022). Assim, a concentração observada na base comercial amostrada reflete a seletividade do corte e a lógica de mercado. Entretanto, quando a exploração se apoia em poucas espécies, pode reduzir o estoque de árvores reprodutivas e alterar a recomposição da floresta ao longo dos ciclos.

Algumas famílias se destacaram pela importância comercial e por sugerirem potencial de agregação de múltiplos táxons sob um mesmo nome popular, o que é particularmente crítico à luz dos vieses parataxonômicos de “agrupamento” (múltiplas espécies sob um mesmo nome vulgar) e “divisão” (uma espécie fragmentada em vários grupos de nomes vulgares) descritos para inventários tropicais (Baraloto et al., 2007). Como exemplo, em Vochysiaceae, amostras

com o nome “cambará” (37 coletas) foram determinadas como *Qualea paraensis* (36), com variação interespecífica pontual em *Q. homosepala* (1). Porém, no IF 100%, as coletas registradas como “cambará” foram associadas como *Ruizterania albiflora* (8), *Q. dinizii* (10) e *Q. paraensis* (19) indicando divergência tanto no nível genérico quanto no nível específico dentro da mesma família. Essa divergência é compatível com o mecanismo prático da identificação rápida em campo e posterior conversão e associação de nomes, frequentemente apoiada em listas de correspondência e em decisões sob pressão de cronograma, que podem reduzir a acurácia em grupos morfologicamente próximos (IFT, 2020a; IFT, 2020b; Martins-da-Silva, Hopkins e Thompson, 2003; Procópio e Secco, 2008). Ainda em Vochysiaceae, “cambará-rosa” (11 coletas) foi atribuído no inventário como *Vochysia guianensis* (11) e validado predominantemente como *V. vismiifolia* (10), com um registro pontual validado como *Miconia renatogoldenbergii* (1), sugerindo erro mais amplo (provavelmente associado a limitação diagnóstica em material vegetativo e/ou uso de categorias vernaculares de baixa especificidade). Em contraste, o nome “cedrinho” (13 coletas) apresentou maior estabilidade, com validação como *Erismia uncinatum* (13), o que sugere que algumas espécies reconhecíveis por traços marcantes tendem a apresentar maior consistência, como discutido para variações de concordância associadas à “facilidade de notar e reconhecer” espécies no ambiente e ao repertório e experiência das equipes (Baraloto et al., 2007; Hanazaki et al., 2010).

Já em Fabaceae, uma família com grande diversidade de espécies amostradas (14), nomes como “angelim” ilustram como categorias vernaculares podem combinar consistência e heterogeneidade específica. “Angelim-pedra” (8 coletas) foi atribuído nos inventários como *Hymenolobium petraeum* (7) e *H. pulcherrimum* (1), posteriormente as amostras foram validadas como *H. petraeum* (3) e *H. pulcherrimum* (5). Esses resultados indicam risco de “agrupamento” dentro de gêneros diversos e de “divisão” quando listas e critérios de campo variam entre equipes e localidades (Baraloto et al., 2007; Procópio e Secco, 2008). Para o nome “angelim-saia” (7 coletas) observou-se maior consistência (atribuição e validação como *Parkia pendula*), enquanto “angelim-amargoso” (7 coletas), associada no IF 100% como *Vatairea sericea* (7), após determinação evidenciou divergência genérica e interespecífica (*V. sericea* (1) e *Vataireopsis speciosa* (6)), reforçando que, dentro de uma mesma família e sob categorias comerciais consolidadas, a precisão pode variar amplamente em função do táxon e do protocolo efetivamente aplicado (Lacerda et al., 2010; Ferreira, 2006). Outros nomes recorrentes e com maior estabilidade vernacular (garapeira, jatobá, champanhe) sugerem casos em que o repertório local e a literatura técnico-dendrológica oferecem suporte mais consistente à identificação, ainda que isso não elimine a necessidade de validação quando há implicações

normativas e de rastreabilidade (Ribeiro et al., 1999; Gonçalves e Lorenzi, 2011; CONAMA, 2009).

Em Burseraceae, os nomes vernaculares “Amescla” (8 coletas) e “morcegueira” (1 coleta) foram associadas no IF 100% como *Trattinnickia burserifolia*, e após a determinação botânica também foram validadas com tal, porém indicando que a relação nome-táxon pode apresentar, além do efeito de agrupamento, o efeito de divisão sob denominações distintas. Em contraste, “mescla-aroeira” (20 coletas) foi associada nos inventários a espécies do gênero *Protium* (*P. altsonii* (10) e *P. heptaphyllum* (10)), com validação botânica predominante como *Protium acrense* (19), e apenas uma amostra determinada como *P. heptaphyllum* (1). Esse padrão ilustra uma condição crítica descrita para PMFS, onde o fluxo da conversão do nome popular em campo para posterior nome científico via lista pode incorporar desatualizações, variação regional e equivalências imprecisas, elevando o risco de erro específico (Martins-da-Silva, Hopkins e Thompson, 2003; Procópio e Secco, 2008; Ferreira et al., 2020). Considerando que a identificação botânica por nome científico é exigência operacional e normativa para autorizações e rastreabilidade, tais instabilidades deixam de ser apenas um problema taxonômico e passam a afetar diretamente conformidade e governança do manejo (CONAMA, 2009; Mato Grosso, 2022).

Em Lauraceae, as árvores com denominação “canelão” (11 coletas) evidenciaram um padrão claro de agregação de múltiplos táxons sob um mesmo rótulo vernacular, para as amostras foi possível determinar quatro espécies (*Licaria debilis* (1), *Licaria guianensis* (1), *Nectandra longifolia* (1) e *Ocotea floribunda* (8)), porém, no IF 100% “canelão” estava associado a outras quatro espécies diferentes das determinadas (*Ocotea corymbosa* (3), *Ocotea neesiana* (4), *Ocotea puberula* (3) e *Ocotea spixiana* (1)). Esse resultado é particularmente relevante porque Lauraceae é um grupo em que a identificação vegetativa é muito complexa e onde categorias vernaculares amplas tendem a agrupar diversidade específica. Nesse cenário, a consequência operacional é direta: quando múltiplas espécies são tratadas como uma única categoria, podem ocorrer distorções na aplicação de retenções mínimas por espécie e na classificação de raridade (CONAMA, 2009; Mato Grosso, 2022). Mas na mesma família, árvores associadas ao nome “itaúba” (8 coletas) tiveram o resultado da determinação com maior estabilidade, considerando a atribuição e validação consistentes como *Mezilaurus itauba*, sugerindo caso em que o nome popular se comporta como rótulo altamente informativo e com baixa ambiguidade, reduzindo o risco de inconsistência no IF 100%.

Em síntese, as coletas botânicas realizadas, com validação taxonômica em herbário, permitiram determinar quais espécies comerciais estão, de fato, representadas nos PMFS

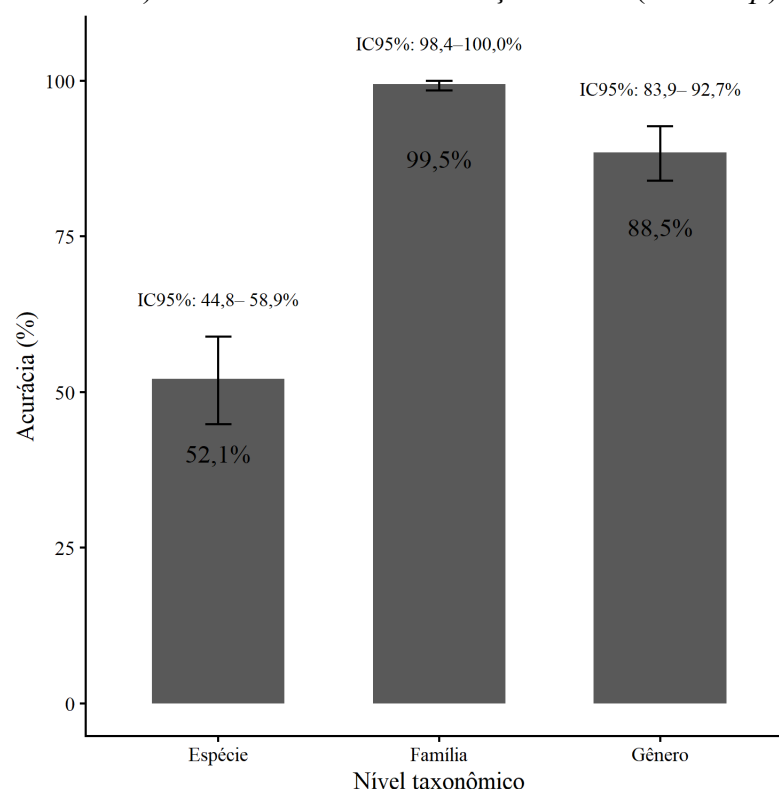
analisados, com identificação confirmada em nível específico. O portfólio amostrado combina diversidade taxonômica relativamente ampla (46 espécies de 15 famílias). Adicionalmente, os resultados evidenciam que tem uma parte importante das espécies em uso influenciada pela variação decorrente do uso de denominações vernaculares agregadoras (“cambará”, “canelão”, “mescla-aroeira”), em contraste com denominações mais estáveis (“itaúba” associada a *Mezilaurus itauba*, “garapeira” associada a *Apuleia leiocarpa* e “angelim-saia” associada a *Parkia pendula*). Essa distinção é central para as análises subsequentes de consistência taxonômica, porque indica que o risco de inconsistência não se distribui aleatoriamente: ele tende a se concentrar em rótulos vernaculares amplos e operacionais, exatamente aqueles que, por serem frequentes, têm maior potencial de influenciar volumetria autorizada, retenções por espécie e rastreabilidade exigida no âmbito dos PMFS (CONAMA, 2009; Mato Grosso, 2022; Baraloto et al., 2007).

6.2 Consistência taxonômica entre IF 100% e validação em herbário

6.2.1 Concordância global e por nível taxonômico

A concordância entre o nome científico atribuído ao nome vulgar no IF 100% e a identificação botânica validada foi avaliada em três níveis taxonômicos (espécie, gênero e família), com intervalos de confiança de 95% estimados por reamostragem (*bootstrap*) para quantificar a incerteza quando o tamanho amostral é finito e a distribuição das classes é assimétrica (Efron e Tibshirani, 1993). Observou-se um gradiente claro de desempenho conforme o nível taxonômico. Em nível de espécie, a acurácia foi de 52,1% (IC95%: 44,8–58,9%), indicando correspondência entre o nome científico do inventário e a determinação botânica em aproximadamente metade das amostras obtidas das árvores analisadas. Em níveis hierárquicos superiores, a concordância é crescente: a acurácia em nível de gênero foi de 88,5% (IC95%: 83,9–92,7%) e em família de 99,5% (IC95%: 98,4–100,0%) (Figura 6). Esse padrão sugere que os nomes científicos atribuídos no inventário tende a posicionar corretamente a maior parte das árvores no enquadramento taxonômico amplo (gênero/família), mas perde resolução na discriminação em nível específico, o que é esperado em florestas tropicais megadiversas, onde espécies congêneras podem ser muito semelhantes em caracteres vegetativos e a disponibilidade de estruturas reprodutivas é limitada durante o trabalho de campo (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010).

Figura 6. Valores percentuais referente a acurácia da identificação por nível taxonômico (espécie, gênero e família) com intervalos de confiança de 95% (*bootstrap*).



Fonte: Autor (2025).

Esse mesmo gradiente foi registrado por Guedes (2024) em área de manejo no Pará, com valores para concordância menor em espécie (41%) e muito elevada em níveis superiores (99%). A convergência entre estudos, em diferentes contextos de PMFS, reforça que a principal limitação se concentra na resolução específica: o inventário frequentemente “acerta o grupo”, mas falha em separar espécies próximas dentro desse grupo, o que é coerente com evidências de que nomes vernaculares e diagnósticos rápidos tendem a refletir sinais macromorfológicos gerais e, portanto, convergir para gênero/família, mas não garantem discriminação fina entre espécies (Cysneiros et al., 2018; Lacerda et al., 2010).

A análise de concordância além do acaso (κ de Cohen) complementou a acurácia ao estimar a concordância excedente ao acaso, aspecto relevante em classificações categóricas e multiclases com frequências desiguais entre categorias (Cohen, 1960). O valor de κ para espécie foi de 0,503 (IC95%: 0,478–0,529), enquanto para gênero foi de 0,877 (IC95%: 0,841–0,913) e para família chegou a 0,993 (IC95%: 0,926–1,000) (Tabela 3). Assim, a concordância foi moderada para o nível de espécie, mas muito elevada para gênero e praticamente completa para família, descartando que o desempenho observado seja explicado apenas por concordância aleatória. De modo convergente, Guedes (2024) reportou valor de κ moderado para espécie (k

= 0,413) e κ extremamente alto em níveis superiores ($\kappa = 0,985$), reforçando que a discordância se concentra predominantemente na etapa de discriminação específica. Em termos interpretativos, isso é compatível com um cenário operacional em que o IF 100% ocorre sob restrições de tempo e logística e se apoia em repertórios vernaculares e em caracteres sensoriais/vegetativos (ritidoma, exsudato, odor, cor e talho), informativos para categorias amplas, mas insuficientes para separar espécies do mesmo gênero em grupos complexos (Ribeiro et al., 1999; Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010).

Tabela 3. Estatística κ de Cohen (κ) por nível taxonômico (espécie, gênero e família), com intervalos de confiança de 95%.

Nível	Estatística	Valor	IC (95%)	n
Espécie	Kappa de Cohen	0,503	(0,478-0,529)	192
Gênero	Kappa de Cohen	0,877	(0,841-0,913)	192
Família	Kappa de Cohen	0,993	(0,926-1,00)	192

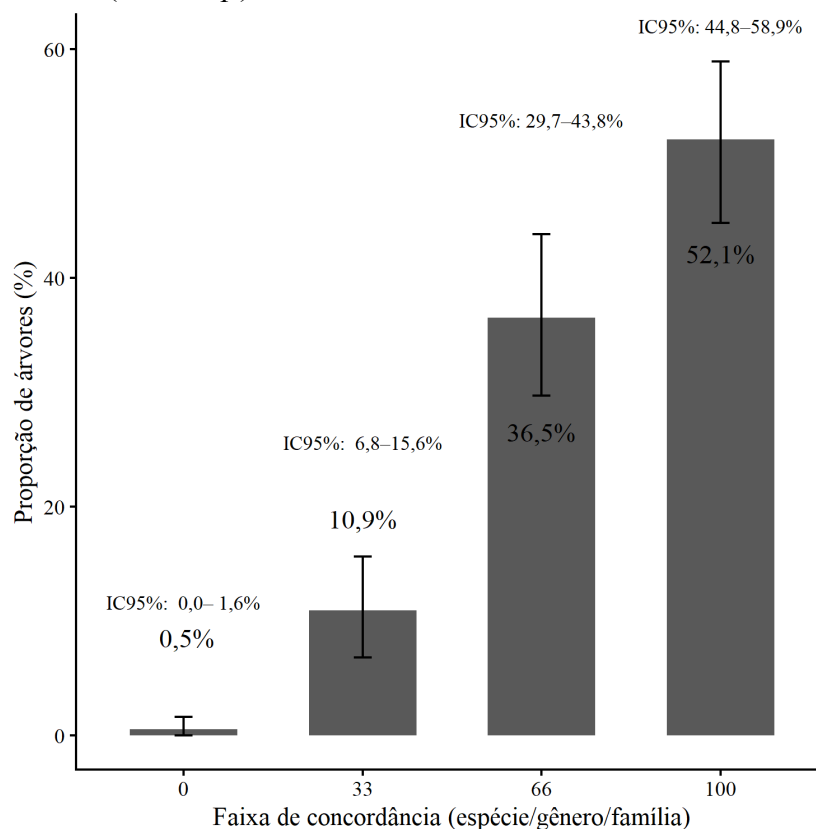
Fonte: Autor (2025).

A distribuição das árvores analisadas, nas faixas de concordância (0/33/66/100%) explicita a severidade dos acertos e desacertos (Figura 7). A maior proporção concentrou-se na faixa 100% (concordância simultânea em espécie, gênero e família), com 52,1% (IC95%: 44,8–58,9%). Em seguida, 36,5% das árvores ficaram na faixa 66% (concordância em gênero e família; IC95%: 29,7–43,8%). A faixa 33% (concordância apenas em família, com erro em gênero e espécie) representou 10,9% (IC95%: 6,8–15,6%), e a faixa 0% (discordância já em família) foi residual, com 0,5% (IC95%: 0,0–1,6%). Em termos sintéticos, 88,6% das árvores apresentaram, no mínimo, concordância em gênero (66% + 100%) e 99,5% apresentaram, no mínimo, concordância em família (33% + 66% + 100%), evidenciando que os desacertos se concentram predominantemente na resolução específica, com raros casos de deslocamento entre famílias.

Esse padrão é consistente com o “gargalo” de conversão entre o conhecimento de campo e a nomenclatura formal utilizada no licenciamento e no controle: em PMFS, é frequente registrar o nome vernacular em campo e, na consolidação do POA e emissão de autorizações, associar a nomes científicos fazendo uso de listas pré-existentes, o que pode amplificar erros quando há variação regional de nomes, sinonímia, desatualização taxonômica e nomes que funcionam como categorias agregadoras (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010; Cysneiros et al., 2018). Assim, a alta concordância em gênero/família indica preservação de coerência em “grandes grupos” botânicos, enquanto a queda em espécie é compatível com processos de agrupamento (várias espécies sob um rótulo) e divisão (uma espécie fragmentada em vários rótulos), reconhecidos como recorrentes em inventários tropicais e particularmente

críticos em grupos de alto valor comercial (Baraloto et al., 2007; Ferreira, Hopkins e Secco, 2004; Procópio e Secco, 2008).

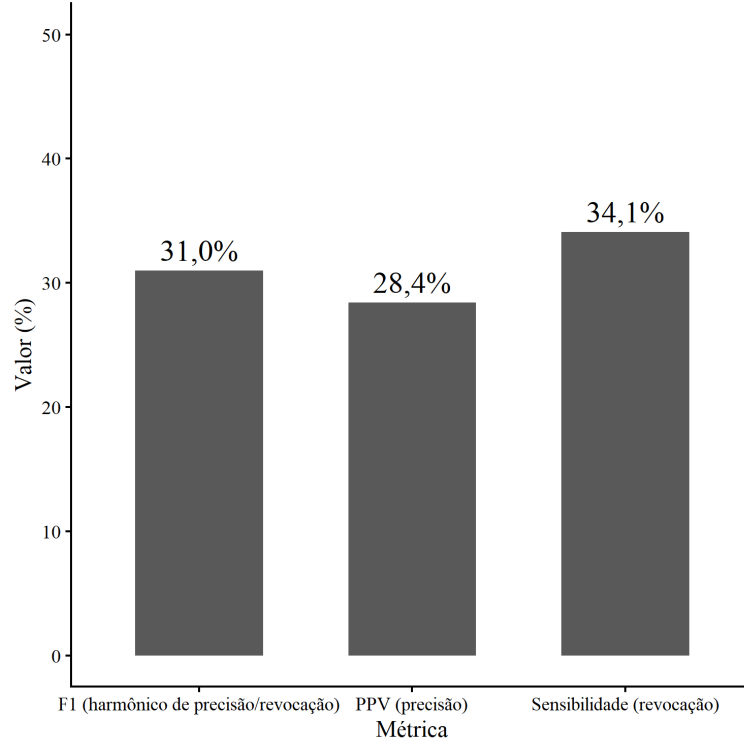
Figura 7. Distribuição das árvores nas faixas de concordância 0, 33, 66 e 100% com intervalos de confiança de 95% (*bootstrap*).



Fonte: Autor (2025).

As métricas globais de desempenho em nível específico (macro-médias entre espécies) indicaram PPV (precisão) de 28,4%, sensibilidade (revocação) de 34,1% e F1 global de 31,0% (Figura 8). Métricas como precisão (PPV), revocação e F1 sintetizam compensações entre erros de comissão e omissão e são recomendadas para leitura conjunta do desempenho em cenários com muitas classes e desequilíbrio de frequências (Sokolova e Lapalme, 2009). Em conjunto, os resultados reforçam a heterogeneidade do desempenho de espécie entre táxons: parte apresenta identificação consistente, enquanto outra concentra confusões e/ou baixa recuperação. Como reconhecido para avaliações multiclases com muitas classes raras, métricas por macro-média são sensíveis ao baixo suporte amostral e às escolhas de agregação; por isso, sua leitura deve ser feita em conjunto com a acurácia por nível e com as faixas de concordância (Lacerda et al., 2010; Silva et al., 2020).

Figura 8. Métricas globais de desempenho da classificação (F1, PPV e sensibilidade; macro-médias entre espécies).



Fonte: Autor (2025).

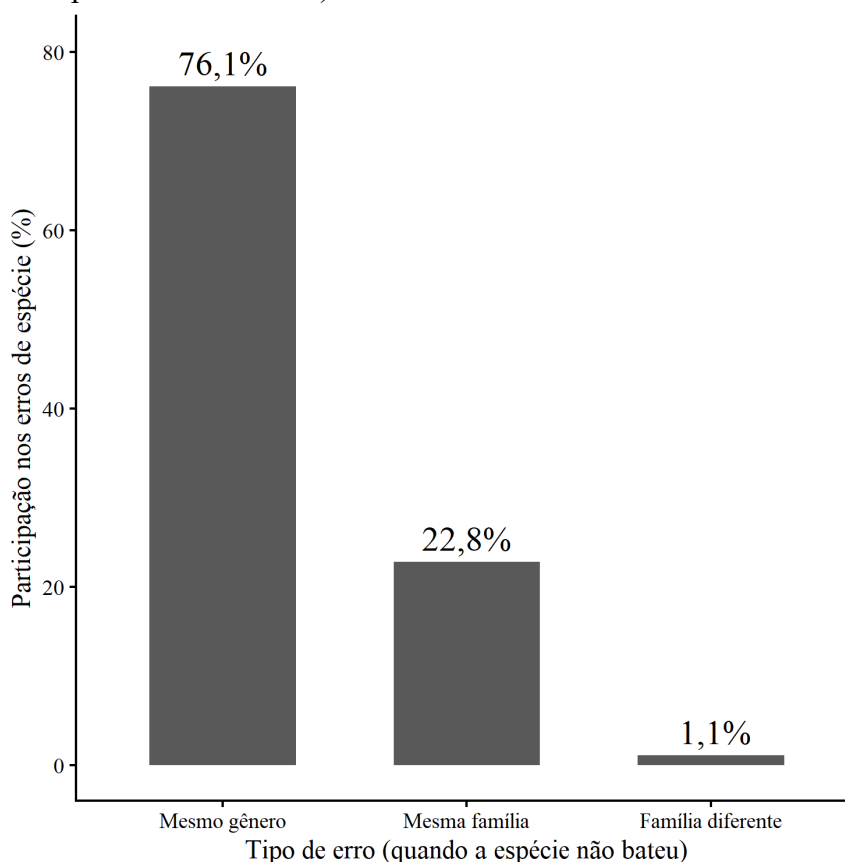
Em síntese, o conjunto de evidências indicou que o sistema de identificação empregado no IF 100% é eficiente para enquadrar as árvores em categorias taxonômicas amplas, mas limitado para sustentar decisões que dependem de resolução em nível específico. A acurácia elevada em gênero (88,5%) e, sobretudo, em família (99,5%), juntamente com κ próximo de 1 nesses níveis, sugere que a identificação raramente desloca um indivíduo para uma família incorreta. Por outro lado, o desempenho em espécie (acurácia de 52,1% e $\kappa = 0,503$) confirma que a distinção entre espécies próximas, frequentemente congêneras, é o principal ponto de fragilidade, em linha com um contexto operacional com restrições de tempo, acesso limitado a caracteres diagnósticos finos (especialmente reprodutivos) e dependência de repertórios vernaculares e listas de correspondência (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010; Cysneiros et al., 2018). Na prática, isso é sensível em PMFS porque critérios regulatórios e operacionais são frequentemente definidos por espécie, incluindo retenções mínimas, portamentos, classificação de raridade, rastreabilidade e controle volumétrico, conforme exigências federais e estaduais (CONAMA, 2009; Mato Grosso, 2022). Assim, erros em espécie podem se traduzir em alocação incorreta de indivíduos e volumes, distorções na composição de espécies exploradas e maior incerteza sobre o cumprimento de condicionantes ambientais, sobretudo quando espécies distintas compartilham o mesmo nome popular ou

quando há proximidade morfológica entre congêneres (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010). Além disso, a fragilidade na resolução específica pode aumentar vulnerabilidades do sistema de rastreabilidade e fiscalização, especialmente para espécies de alto valor e nomes consagrados no mercado que concentram incentivos econômicos, em cadeias onde o controle é predominantemente documental (Brancalion et al., 2018; Ferreira et al., 2021). Portanto, a prioridade é reduzir a margem de erro onde a decisão é mais sensível, a identificação ao nível de espécie, e, quando isso não for viável em todos os casos, adotar mecanismos de mitigação e auditoria (coletas-voucher, checagens amostrais com especialistas e ferramentas forenses/instrumentais de identificação), com foco dirigido nos táxons e rótulos mais críticos (Silva et al., 2020; Ravindran et al., 2020; Hwang e Sugiyama, 2021).

6.2.2 Natureza dos erros e padrões parataxonômicos (agrupamento e divisão)

Quando houve falha na identificação em nível de espécie, os desacertos foram, em sua maioria, taxonomicamente próximos. Entre os 92 casos em que a espécie não coincidiu, 76,1% dos erros ocorreram dentro do mesmo gênero ($n = 70$), 22,8% permaneceram na mesma família ($n = 21$) e apenas 1,1% representou troca entre famílias ($n = 1$) (Figura 9). Esse padrão é consistente com um cenário em que a identificação operacional se apoia em caracteres gerais e conhecimento de campo suficientes para o enquadramento em gênero e família, mas perde resolução quando a decisão depende de caracteres diagnósticos finos e/ou de material reprodutivo, tornando a confusão entre congêneres o componente dominante do erro em espécie (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010; Ribeiro et al., 1999; Gonçalves e Lorenzi, 2011).

Figura 9. Natureza dos erros em nível de espécie: participação relativa dos desacertos dentro do mesmo gênero, dentro da mesma família e entre famílias diferentes (condicionado aos casos em que a espécie não coincidiu).



Fonte: Autor (2025).

A heterogeneidade do desempenho torna-se mais evidente quando a identificação é examinada por nome popular, sugerindo que parte relevante do erro decorre do grau de especificidade (ou ambiguidade) embutido nas denominações vernaculares. Diversos nomes apresentaram 100% de acerto em espécie, indicando alta estabilidade operacional na associação nome popular-táxon (por exemplo, cedrinho, amescla, garapeira, itaúba, angelim-saia, champanhe e cupiúba) (Tabela 4). Esse comportamento é compatível com compilações regionais, nas quais alguns nomes vernaculares apresentam alta “fidelidade” por estarem fortemente ancorados em um táxon dominante e reconhecível, enquanto outros são inerentemente polissêmicos ou variam regionalmente, reduzindo a confiabilidade em nível específico (Cysneiros et al., 2018; Hanazaki et al., 2010).

Tabela 4. Acurácia da identificação em nível de espécie por nome popular com número de amostras, ordenada pela quantidade de coletas determinadas ($n \geq 5$).

Nome popular	Nº de amostras	Acurácia em espécie
Cambará	37	48,65%
Mescla-aroeira	20	5,00%

Cedrinho	13	100,00%
Cambará-rosa	11	0,00%
Canelão	11	0,00%
Angelim-pedra	8	37,50%
Amescla	8	100,00%
Garapeira	8	100,00%
Itaúba	8	100,00%
Angelim-amargoso	7	14,29%
Tachi	7	14,29%
Angelim-saia	7	100,00%
Champanhe	6	100,00%
Cupiúba	6	100,00%
Tauari	5	40,00%

Fonte: Autor (2025).

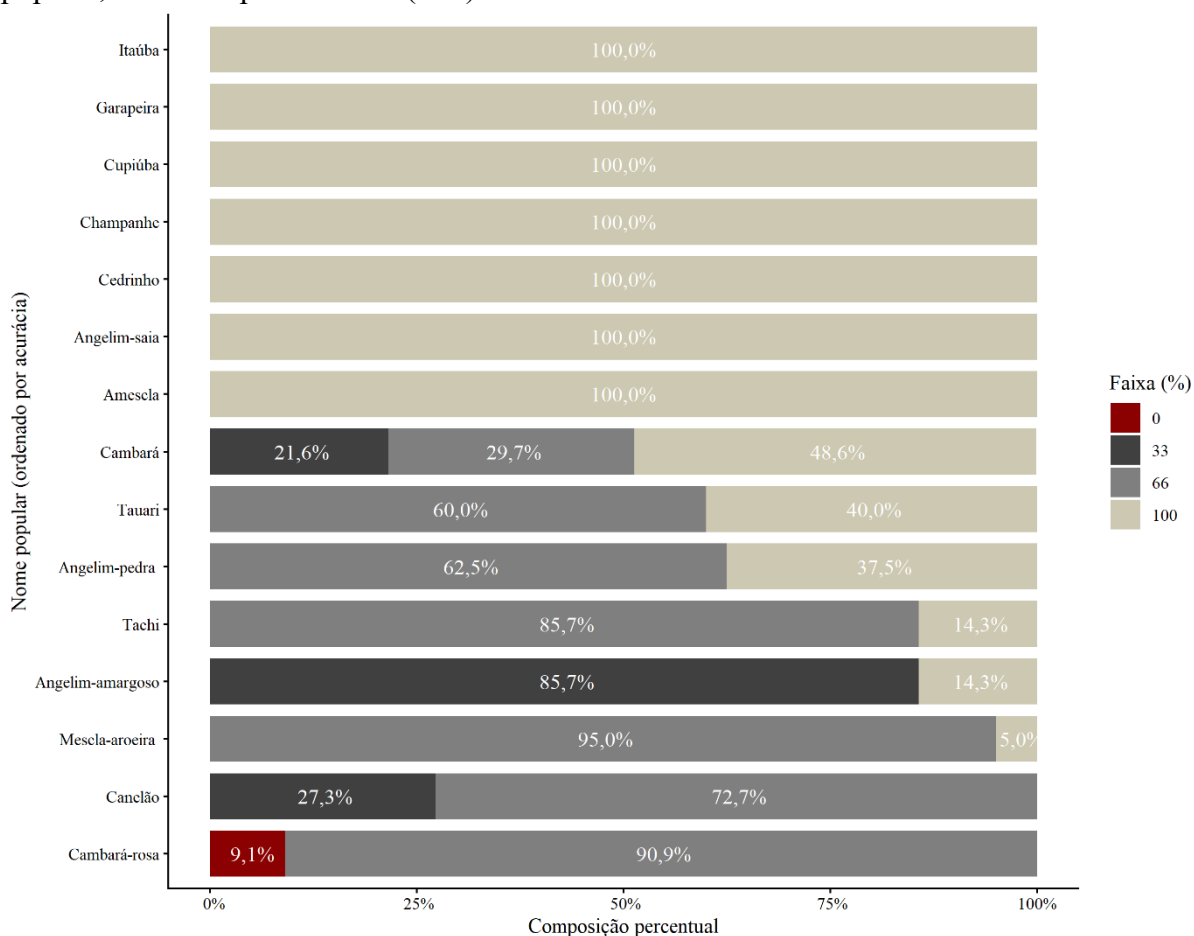
Em contraste, outros nomes exibiram desempenho intermediário ou baixo, como, Cambará (48,65%), Tauari (40,0%), Angelim-pedra (37,5%), Angelim-amargoso (14,29) e Tachi (14,29), além de casos críticos com acurácia próxima de zero ou igual a zero, como Mescla-aroeira (5,00%), Cambará-rosa (0,00%) e Canelão (0,00%) (Tabela 4). Em termos operacionais, isso indica que alguns rótulos vernaculares funcionam como identificadores relativamente específicos, enquanto outros atuam como categorias agregadoras, concentrando confusão entre espécies próximas ou entre múltiplos táxons. Esse comportamento é amplamente descrito para inventários amazônicos: nomes de “mercado” tendem a agrupar conjuntos de espécies (*lumping*), e a conversão posterior para um binômio “fixo” pode cristalizar substituições sistemáticas (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010; Cysneiros et al., 2018). O caso de “tauari”, por exemplo, é classicamente documentado como rótulo agregador, com implicações diretas para volumetria, rastreabilidade e aplicação de regras por espécie (Procópio e Secco, 2008).

A decomposição por faixas de concordância explicita a natureza hierárquica desses desacertos. Para alguns nomes vernaculares, predomina a faixa 100%, refletindo concordância simultânea em espécie, gênero e família. Já para outros nomes, a discordância se concentra principalmente na faixa 66% (acerto em gênero e família, erro em espécie), com participação menor de 33% (acerto apenas em família) e, em poucos casos, de 0% (erro já em família). O padrão é particularmente claro em Tauari (n = 5) (60,0% em 66% e 40,0% em 100%), Angelim-pedra (n = 8) (62,5% em 66% e 37,5% em 100%), Tachi (n = 7) (85,7% em 66% e 14,3% em 100%) e Mescla-aroeira (n = 20) (95,0% em 66% e 5,0% em 100%) (Figura 10). Em Cambará (n = 37), observou-se composição mais heterogênea, com 48,6% em 100%, 29,7% em 66% e 21,6% em 33%, sugerindo que, além da confusão específica, há casos em que o erro avança

para gêneros diferentes. Esse comportamento é coerente com dois mecanismos, a variação real de espécies sob um mesmo rótulo vernacular e a fragilidade adicional na etapa de tradução do vernacular para o binômio nos sistemas e nas rotinas de escritório, que pode introduzir superespecificação ou substituições inconsistentes (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010).

Situações de maior gravidade foram menos frequentes, mas aparecem de forma nítida em Canelão (n = 11) (72,7% em 66% e 27,3% em 33%), Angelim-amargoso (n = 7) (85,7% em 33% e 14,3% em 100%) e Cambará-rosa (n = 11) (90,9% em 66% e 9,1% em 0%). Em conjunto, esses perfis reforçam que a variabilidade por nome popular não expressa apenas “mais ou menos acerto”, mas um desenho recorrente de perda de resolução: a identificação tende a permanecer estável nos níveis superiores e falha principalmente na discriminação específica, justamente a camada mais sensível para o controle e o planejamento do manejo (CONAMA, 2009; Mato Grosso, 2022).

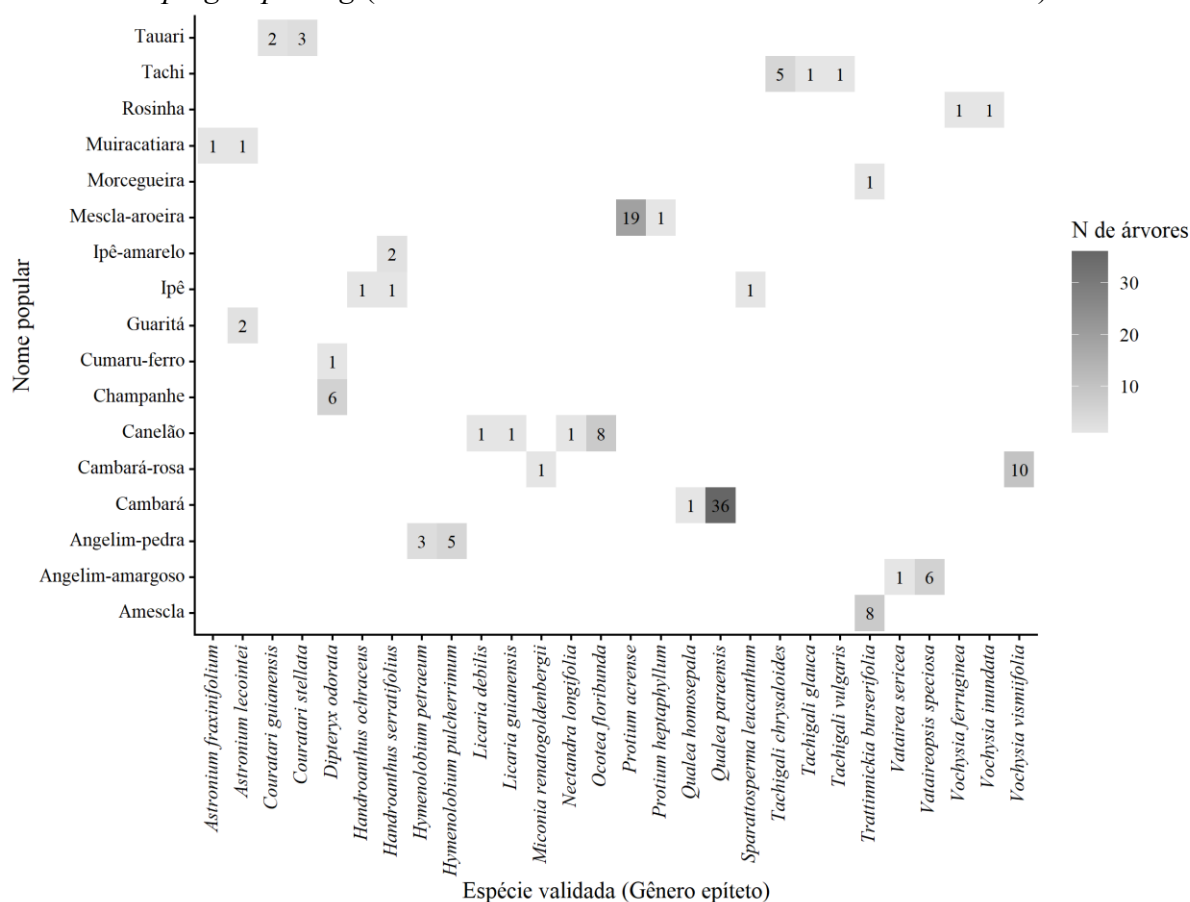
Figura 10. Composição percentual das faixas de concordância (0, 33, 66 e 100%) por nome popular, ordenada por acurácia (n≥5).



Fonte: Autor (2025).

A estrutura do problema torna-se mais explícita ao quantificar agrupamento e divisão. Do ponto de vista do *lumping*, 31,4% dos nomes populares (11 de 35) agregaram duas ou mais espécies validadas, enquanto 68,6% (24 de 35) permaneceram associados a uma única espécie. O agrupamento foi marcado em rótulos recorrentes, com destaque para Canelão com 4 espécies (*Licaria debilis*, *Licaria guianensis*, *Nectandra longifolia* e *Ocotea floribunda*), Tachi com 3 espécies (*Tachigali chrysaloides*, *Tachigali glauca* e *Tachigali vulgaris*) e Ipê com 3 espécies (*Handroanthus ochraceus*, *Handroanthus serratifolius* e *Sparattosperma leucanthum*). Além disso, mesmo quando a agregação envolveu duas espécies, o efeito torna-se operacionalmente expressivo quando o nome é frequente, como em Cambará (*Qualea homosepala* e *Qualea paraensis*) e Mescla-aroeira (*Protium acrense* e *Protium heptaphyllum*) (Figura 11). Esse resultado é convergente com evidências de que a relação entre nomes comuns e espécies raramente possuem correspondência direta em inventários e que a prática de associar um rótulo comum a um único nome científico pode mascarar a heterogeneidade real do conjunto explorado (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010; Cysneiros et al., 2018). No caso de “angelim”, por exemplo, o termo pode abranger numerosas espécies e gêneros de Fabaceae, o que ajuda a explicar a propensão de rótulos como “angelim-pedra” e “angelim-amargoso” à agregação e a substituições interespecíficas (Ferreira, Hopkins e Secco, 2004).

Figura 11. Matriz de confusão: nome popular × espécie validada, considerando apenas os casos de *lumping* e *splitting* (valores nas células indicam o número de indivíduos).



Fonte: Autor (2025).

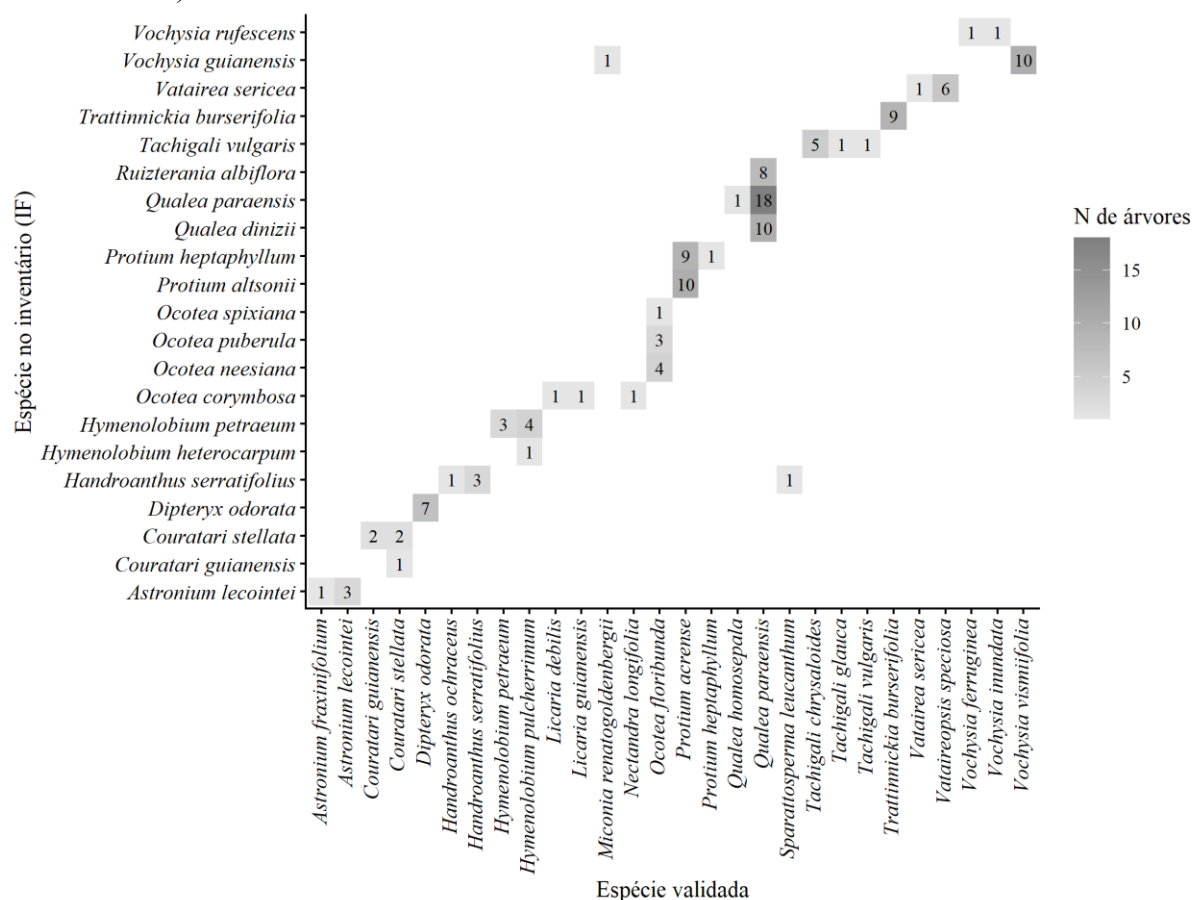
Em contraste, o *splitting* foi menos frequente: 8,7% das espécies validadas (4 de 46) estiveram associadas a dois nomes populares, enquanto 91,3% (43 de 46) ocorreram com um único nome vernacular. A divisão ocorreu nas espécies *Astronium lecontei*, *Dipteryx odorata*, *Handroanthus serratifolius* e *Trattinnickia burserifolia*. Ainda que menos prevalente, esse padrão sugere que, para alguns táxons, o inventário fragmenta registros da mesma espécie com denominações distintas, introduzindo inconsistência na consolidação e na interpretação de informações por espécie, aspecto relevante quando planejamento, emissão de autorizações e rastreabilidade são organizados por nomes e códigos específicos (CONAMA, 2009; Procópio e Secco, 2008). Em conjunto, os resultados indicam que a perda de resolução específica é explicada sobretudo por nomes agregadores, com ocorrência secundária de desagregação em um conjunto pequeno de espécies.

A matriz de confusão (nome popular × espécie validada) mostra que o erro em espécie decorre da falta de correspondências direta entre rótulos vernaculares e táxons botânicos, com assimetrias que sugerem “complexos” operacionais dominados por uma espécie principal e

ocorrências residuais de espécies alternativas. Isso é observado, por exemplo, em Cambará (predominantemente *Qualea paraensis* (36), com ocorrência residual de *Q. homosepala* (1)), Mescla-aroeira (predominantemente *Protium acrense* (19) com ocorrência residual de *P. heptaphyllum* (1)), Cambará-rosa (predominantemente *Vochysia vismiifolia* (10) com ocorrência residual de *Miconia renatogoldenbergii* (1)) e Angelim-amargoso (predominantemente *Vataireopsis speciosa* (6) com ocorrência residual de *Vatairea sericea* (1)). Assim, a discordância em espécie não se resume a episódios aleatórios, mas reflete como o repertório vernacular organiza (e, por vezes, agrega) a diversidade botânica na prática do inventário, produzindo complexos que, sem validação, tendem a ser mapeados de modo inconsistente para o binômio científico (Baraloto et al., 2007; Cysneiros et al., 2018).

A matriz entre a espécie declarada no inventário (IF) e a espécie validada por coleta botânica, igualmente restrita aos casos de agrupamento e divisão, mostra que parte central do problema persiste após a conversão para o nome científico, manifestando-se como substituições sistemáticas no nível do binômio (Figura 12). Observam-se blocos de confusão estruturados principalmente entre táxons próximos, com predominância de trocas interespecíficas dentro do mesmo gênero e convergências muitos-para-um. No gênero *Qualea*, por exemplo, *Q. dinizii* registrada no IF validada como *Q. paraensis* em 10 árvores, enquanto *Q. paraensis* permanece majoritariamente correta (18), com ocorrência residual de validação como *Q. homosepala* (1). Em *Protium*, tanto *P. altsonii* quanto *P. heptaphyllum* declaradas no inventário convergem para *P. acrense* na validação (10 e 9 árvores, respectivamente), sugerindo inconsistência na atribuição do epíteto específico. Um padrão semelhante ocorre em Lauraceae, no qual diferentes espécies de *Ocotea* reportadas no IF convergem para *O. floribunda* (p.ex., *O. neesiana* → 4, *O. puberula* → 3, *O. spixiana* → 1), indicando superespecificação no inventário que não se sustenta na validação. Há também casos pontuais de divergência além do gênero, como *Vochysia guianensis* (validada como *Vochysia vismiifolia* → 10 e *Miconia renatogoldenbergii* → 1) e *Ocotea corymbosa* (validada como *Licaria debilis* → 1, *Licaria guianensis* → 1 e *Nectandra longifolia* → 1), relevantes por sinalizar possibilidades de erro mais estrutural. Em conjunto, essa matriz reforça que a perda de resolução em espécie resulta de um arranjo consistente e rastreável que envolve tanto o repertório vernacular quanto a etapa de declaração do nome científico no IF, mecanismo crítico quando a identificação é feita por nomes comuns e convertida por listas sem validação taxonômica direta (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010).

Figura 12. Matriz de confusão para espécie declarada no inventário (IF) × espécie validada, considerando apenas os casos de *lumping* e *splitting* (valores nas células indicam o número de indivíduos).



Fonte: Autor (2025).

A predominância de confusões intragenéricas e de convergências muitos-para-um é particularmente crítica porque decisões e condicionantes do PMFS são frequentemente estabelecidas no nível de espécie (retenções mínimas, porta-sementes, classificação de raridade e controle volumétrico), tanto em normas federais quanto estaduais (CONAMA, 2009; Mato Grosso, 2022). Assim, mesmo com alta coerência em família, a existência de blocos de substituição em espécie implica risco de alocação incorreta de volumes e de interpretação equivocada do estoque explorável por espécie, com repercussões potenciais sobre sustentabilidade, conformidade e rastreabilidade (Procópio e Secco, 2008; Ferreira et al., 2021). Em cadeias onde o controle é predominantemente documental, a fragilidade na identificação específica também pode aumentar vulnerabilidades a distorções intencionais associadas a espécies de alto valor, como já demonstrado para “ipês” em auditorias de campo e análises de fraude (Brancalion et al., 2018). Portanto, os padrões de *lumping/splitting* observados aqui têm dupla relevância: expressam limites técnicos do inventário sob pressão operacional e,

simultaneamente, indicam pontos onde o sistema pode se tornar mais suscetível a risco regulatório quando rótulos agregadores concentram volumes e incentivos econômicos (Ferreira et al., 2021; Brancalion et al., 2018).

A avaliação por espécie evidencia que a perda de resolução específica se concentra em táxons com comportamentos contrastantes (Tabela 5). Um primeiro conjunto exibiu desempenho máximo (F1 = 100%, com PPV = 100% e sensibilidade = 100%), indicando identificação plenamente consistente para os indivíduos validados; nesse grupo destacam-se *Erismia uncinatum* (TP = 13), *Apuleia leiocarpa* (TP = 8), *Trattinnickia burserifolia* (TP = 8), *Mezilaurus itauba* (TP = 8), *Parkia pendula* (TP = 7), *Dipteryx odorata* (TP = 6) e *Goupia glabra* (TP = 6). Em contraste, um conjunto expressivo apresentou TP = 0 (sensibilidade = 0%), caracterizando espécies que não foram recuperadas no inventário (isto é, suas ocorrências validadas foram atribuídas sistematicamente a outras espécies), como *Protium acrense* (FN = 19), *Vochysia vismiifolia* (FN = 10) e *Ocotea floribunda* (FN = 8), além de *Vataireopsis speciosa* (FN = 6), *Hymenolobium pulcherrimum* (FN = 5) e *Tachigali chrysaloides* (FN = 5).

Tabela 5. Métricas de desempenho para espécies atribuídas no IF 100% (classe prevista) e espécies confirmadas em herbário (classe verdadeira), no subconjunto de árvores pertencentes a nomes populares com $n \geq 5$. Para cada espécie, “Validado” corresponde ao número de árvores confirmadas em herbário e “IF 100%” ao número de árvores atribuídas no inventário. Valores baixos de PPV ou F1 indicam ausência de acertos ou excesso de atribuições específicas incorretas.

Espécies	Validado	IF 100%	TP	FP	FN	PPV (%)	Sensibilidade (%)	F1 (%)
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	8	8	8	0	0	100,0%	100,0%	100,0%
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	6	6	6	0	0	100,0%	100,0%	100,0%
<i>Erismia uncinatum</i> Warm.	13	13	13	0	0	100,0%	100,0%	100,0%
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	6	6	6	0	0	100,0%	100,0%	100,0%
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	8	8	8	0	0	100,0%	100,0%	100,0%
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	7	7	7	0	0	100,0%	100,0%	100,0%
<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	8	8	8	0	0	100,0%	100,0%	100,0%
<i>Qualea paraensis</i> Ducke	36	19	18	1	18	94,7%	50,0%	65,5%
<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	3	7	3	4	0	42,9%	100,0%	60,0%
<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	3	4	2	2	1	50,0%	66,7%	57,1%
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	1	7	1	6	0	14,3%	100,0%	25,0%
<i>Vatairea sericea</i> (Ducke) Ducke	1	7	1	6	0	14,3%	100,0%	25,0%

<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	1	10	1	9	0	10,0%	100,0%	18,2%
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	2	1	0	1	2	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Hymenolobium heterocarpum</i> Ducke	0	1	0	1	0	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i> Ducke	5	0	0	0	5	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Licaria debilis</i> (Mez) Kosterm.	1	0	0	0	1	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Licaria guianensis</i> Aubl.	1	0	0	0	1	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Miconia renatogoldenbergii</i> Meirelles & Bacci	1	0	0	0	1	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Nectandra longifolia</i> (Ruiz & Pav.) Nees	1	0	0	0	1	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	0	3	0	3	0	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Ocotea floribunda</i> (Sw.) Mez	8	0	0	0	8	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Ocotea neesiana</i> (Miq.) Kosterm.	0	4	0	4	0	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	0	3	0	3	0	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez	0	1	0	1	0	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Protium acrense</i> Daly	19	0	0	0	19	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Protium altsonii</i> Sandwith	0	10	0	10	0	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Qualea dinizii</i> Ducke	0	10	0	10	0	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Qualea homosepala</i> Ducke	1	0	0	0	1	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Ruizterania albiflora</i> (Warm.) Marc.-Berti	0	8	0	8	0	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Tachigali chrysaloidea</i> van der Werff	5	0	0	0	5	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Tachigali glauca</i> Tul.	1	0	0	0	1	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke	6	0	0	0	6	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	0	11	0	11	0	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Vochysia vismifolia</i> Spruce ex Warm.	10	0	0	0	10	0,0%	0,0%	0,0%

Validado (TP+FN): número de árvores cuja identificação foi confirmada em herbário como a espécie da linha (classe verdadeira). IF 100% (TP+FP): número de árvores que o inventário atribuiu a espécie (classe prevista). TP (verdadeiro positivo): árvores em que a espécie atribuída no IF 100% coincidiu com a espécie validada. FN (falso negativo): árvores validadas que receberam outra espécie no IF 100% (falha de recuperação). FP (falso positivo): árvores atribuídas no IF 100% cuja validação indicou outra espécie (atribuição indevida). PPV/Precisão: $TP/(TP+FP)*100$. Sensibilidade/Revocação: $TP/(TP+FN)*100$. F1: $2 \cdot (PPV \cdot Sensibilidade) / (PPV + Sensibilidade)$, em porcentagem.

Fonte: Autor (2025).

A Tabela 5 permite identificar quais nomes científicos do IF 100% atuaram como rótulos “inflados” e, portanto, concentraram atribuições incorretas. Esse padrão é especialmente claro quando “IF 100%” é alto, mas TP é baixo, resultando em PPV muito reduzido: por exemplo, *Protium heptaphyllum* foi atribuído 10 vezes no IF 100%, mas apenas 1 ocorrência foi confirmada (FP = 9; PPV = 10%), indicando que esse nome científico operou, na prática, como um rótulo abrangente para diferentes espécies do grupo de Burseraceae/*Protium* no

conjunto avaliado. O mesmo mecanismo aparece em *Tachigali vulgaris* (IF 100% = 7; FP = 6; PPV = 14,3%) e *Vatairea sericea* (IF 100% = 7; FP = 6; PPV = 14,3%), sugerindo que esses nomes foram usados como “destino padrão” no inventário para indivíduos que, após validação, pertenciam a outras espécies próximas, um sinal típico de lumping no nível específico durante a atribuição do nome científico. Em nível semelhante, *Hymenolobium petraeum* (IF 100% = 7; FP = 4; PPV = 42,9%) e *Couratari stellata* (IF 100% = 4; FP = 2; PPV = 50%) mostram que parte das atribuições do IF foi correta, mas houve um contingente relevante de falsas previsões, compatível com confusão dentro de complexos com espécies morfologicamente semelhantes. Complementarmente, a tabela revela o outro lado do problema: espécies com FN elevados e IF 100% = 0 (por exemplo, *Protium acrense*, *Ocotea floribunda* e *Vochysia vismiifolia*), indicando que esses táxons, embora presentes na validação, não foram nunca nomeados como tais no IF 100%, sendo substituídos sistematicamente por outros rótulos, justamente aqueles que aparecem “inflados” em FP. Por fim, a presença de nomes científicos atribuídos no IF 100% sem qualquer confirmação no conjunto validado (validado = 0 e IF 100% > 0), como *Protium altsonii* (10 atribuições), *Qualea dinizii* (10), *Ruizterania albiflora* (8), *Vochysia guianensis* (11) e várias *Ocotea* (*neesiana*, *puberula*, *corymbosa*, *spixiana*), sugere um componente adicional de erro ligado à etapa de “escritório” (escolha de espécie equivocada dentro do mesmo gênero, uso de nomes fora do pool florístico local, ou associação inadequada entre nome popular e lista científica). Em conjunto, esses padrões reforçam que a queda de acurácia específica não é uniforme: ela se organiza em poucos rótulos do IF 100% que capturam muitas atribuições erradas (FP altos) e em espécies validadas que desaparecem como rótulo no inventário (FN altos), estrutura típica de erro sistemático e operacionalmente relevante porque direciona onde intervenções (treinamento, chaves locais, vouchers e revisão de tabelas de conversão nome popular → nome científico) tendem a ter maior retorno.

Entre os desempenhos intermediários, emergem mecanismos distintos. Em *Qualea paraensis* (TP = 18; FN = 18), a precisão elevada (PPV = 94,7%) combinada à sensibilidade reduzida (50,0%) sugere que o rótulo, quando aplicado, tende a ser correto, mas recupera apenas parte das ocorrências verdadeiras. Já em *Protium heptaphyllum* (PPV = 10,0%; sensibilidade = 100%), *Tachigali vulgaris* (PPV = 14,3%; sensibilidade = 100%) e *Vatairea sericea* (PPV = 14,3%; sensibilidade = 100%), o padrão é compatível com alta recuperação e baixa precisão, indicando superatribuição do rótulo no inventário (FP elevado), coerente com o uso de categorias específicas como rótulos operacionais mais amplos e com confusões dentro de complexos taxonômicos. Em conjunto, a tabela indica que os erros em espécie decorrem predominantemente de padrões parataxonômicos sistemáticos, incluindo substituição

recorrente de certas espécies por nomes alternativos (FN elevado) e superatribuição de alguns nomes (FP elevado), e não por aleatoriedade.

Embora o presente estudo esteja centrado na validação botânica por herbário, a literatura sugere caminhos complementares para mitigar esse tipo de erro, especialmente para nomes agregadores e táxons críticos (Silva et al., 2020; Ravindran et al., 2020; Hwang e Sugiyama, 2021). Como exemplo, evidências em contexto amazônico indicaram que a anatomia da madeira pode reduzir erros de associação entre nomes populares e nomes científicos em inventários e que, para certos complexos, a distinção pode permanecer limitada ao nível de gênero, reforçando a utilidade de protocolos de validação por “camadas” (validação botânica + auditoria por madeira + harmonização de listas), em vez de depender exclusivamente de conversão por listas (Ferreira et al., 2021).

O predomínio de erros taxonomicamente próximos (76,1% dentro do mesmo gênero e 22,8% na mesma família, com apenas 1,1% entre famílias) e a ocorrência de *lumping* em 31,4% dos nomes populares mostram que o problema é estrutural: rótulos vernaculares agregadores induzem substituições sistemáticas no nível de espécie. Operacionalmente, isso pode comprometer o cumprimento de retenções por espécie, distorcer a classificação de raridade e produzir “falsa precisão” documental quando um rótulo amplo é convertido para um binômio fixo sem validação, afetando volumetria autorizada e rastreabilidade. O efeito tende a concentrar-se nos rótulos mais frequentes (p.ex., canelão, tachi, ipê, mescla-aroeira, cambará), tornando-os alvos prioritários para protocolos de checagem e harmonização taxonômica com base em material de referência. Na prática, a mitigação deve priorizar esses complexos: definir critérios diagnósticos mínimos, coletar vouchers em amostras direcionadas e padronizar quais espécies compõem cada rótulo operacional.

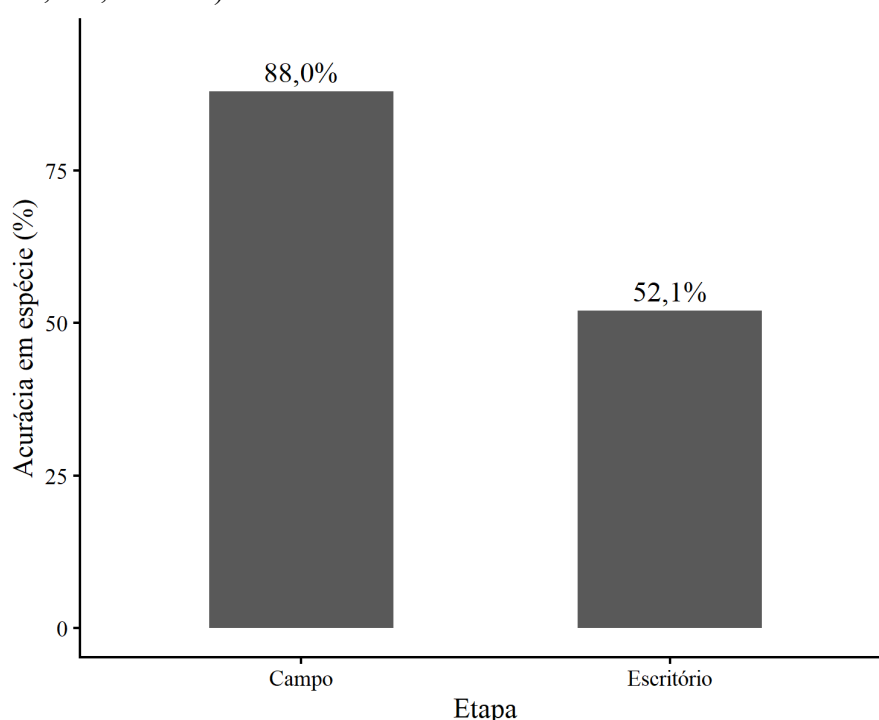
6.2.3 Atribuição da origem do erro: campo × escritório

Como o registro ocorre em duas etapas, primeiro o nome popular em campo e, depois, a atribuição do nome científico no escritório, comparamos o desempenho pareado dessas etapas para as mesmas árvores. O “campo” foi avaliado pela concordância do nome popular do IF 100% com um nome popular de referência para Mato Grosso por espécie validada; o “escritório” foi avaliado pela concordância entre o nome científico declarado no IF 100% e a espécie validada em herbário.

Os resultados indicaram diferença marcante entre as etapas: a acurácia associada ao registro em campo foi de 88,0%, enquanto a acurácia final após a etapa de escritório foi de 52,1% (Figura 13). O teste de McNemar confirmou que essa discrepância é estatisticamente

significativa ($X^2 = 67,01$; $p < 0,001$; $n = 192$), indicando assimetria sistemática na transição entre etapas. Esse achado é consistente com descrições operacionais de inventários amazônicos, em que o nome popular é atribuído em campo com base em caracteres macromorfológicos e sensoriais e no repertório local, enquanto o binômio científico é frequentemente definido posteriormente por listas de correspondência, muitas vezes sem validação taxonômica direta (Ribeiro et al., 1999; Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010). Assim, a etapa de “tradução” tende a concentrar vulnerabilidade porque pressupõe uma correspondência biunívoca (um nome popular $\rightarrow$ uma espécie) que raramente existe em florestas tropicais de alta diversidade, especialmente para nomes de mercado e categorias agregadoras (Procópio e Secco, 2008; Cysneiros et al., 2018).

Figura 13. Desempenho por etapa, campo (nome popular do IF 100% vs nome popular de referência) e escritório (espécie do IF 100% vs espécie validada), com teste de McNemar ($X^2 = 67,01$; $p < 0,001$; $n = 192$).



Fonte: Autor (2025).

A matriz pareada de transição entre acerto e erro explicita a direção dessa assimetria (Tabela 6). A maioria dos registros manteve-se correta do campo para o escritório ($n = 100$) e uma parcela menor permaneceu incorreta em ambas as etapas ($n = 23$). No entanto, observou-se um contingente expressivo de casos em que houve acerto em campo e erro no escritório ($n = 69$), evidenciando que, no conjunto analisado, a etapa documental não acompanhou a assertividade do repertório vernacular atribuído no campo. Em termos operacionais, isso é compatível com a dinâmica de PMFS em que a consolidação do inventário e a emissão de

autorizações exigem um nome científico “fechado” por espécie, mas a decisão é tomada com base em tabelas/listas que podem estar desatualizadas, conter sinônimas, grafias inconsistentes ou equivalências regionais frágeis, gerando substituições sistemáticas no binômio (Procópio e Secco, 2008; Ferreira, Cerqueira e Cardoso Junior, 2020).

Tabela 6. Matriz de transição acerto/erro entre campo e escritório para a identificação (n = 192).

		Escritório	
		Errou	Acertou
Campo	Errou	23	0
	Acertou	69	100

Fonte: Autor (2025).

Esse resultado também converge com evidências de que inconsistências de identificação e padronização em sistemas de controle podem ampliar vulnerabilidades de rastreabilidade e fiscalização na cadeia madeireira amazônica. Em cenários de controle predominantemente documental, erros (involuntários ou intencionais) tendem a se concentrar em espécies de alto valor e em “rótulos” de mercado, e a discrepância entre o que está em campo e o que é registrado documentalmente pode sustentar distorções de volume e composição explorada (Brancalion et al., 2018; Ferreira et al., 2021). Assim, a diferença entre 88,0% (campo) e 52,1% (escritório) não deve ser interpretada apenas como um problema técnico de nomenclatura, mas como ponto crítico de governança do PMFS, pois é o nome científico que ancora manutenções por espécie, raridade, volumetria autorizada e rastreabilidade (CONAMA, 2009; Mato Grosso, 2022).

A leitura da Tabela 7 (conjunto filtrado para espécies validadas com $n \geq 3$) detalha os mecanismos subjacentes e mostra que o erro final não se distribui de forma simétrica entre campo e escritório. Nesse recorte, há um núcleo no qual campo e escritório acertam simultaneamente: Cambará identificado como *Qualea paraensis* (n = 18), Cedrinho como *Erismia uncinatum* (n = 13), Amescla como *Trattinnickia burserifolia* (n = 8), Garapeira como *Apuleia leiocarpa* (n = 8), Itaúba como *Mezilaurus itauba* (n = 8), Angelim-saia como *Parkia pendula* (n = 7), Champanhe como *Dipteryx odorata* (n = 6), Cupiúba como *Goupia glabra* (n = 6) e Angelim-pedra como *Hymenolobium petraeum* (n = 3). Esse conjunto corrobora a noção de que há casos em que rótulo vernacular e binômio convergem de modo robusto, o que tende a ocorrer quando o nome popular é relativamente específico ou quando o complexo taxonômico é menos ambíguo localmente (Cysneiros et al., 2018).

Tabela 7. Principais transições entre a nome popular e espécie declarada no IF 100% e a espécie validada em herbário com seu respectivo nome popular de referência para Mato grosso, incluindo número de ocorrências para espécies validadas com $n \geq 3$.

Nome popular IF 100%	Espécie IF 100%	Espécie validada	Nome popular de referência	n
Cambará	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Cambará	18
Cedrinho	<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Cedrinho	13
Cambará	<i>Qualea dinizii</i> Ducke	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Cambará	10
Cambará-rosa	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	<i>Vochysia vismiifolia</i> Spruce ex Warm.	Cambará-rosa	10
Mescla-aroeira	<i>Protium altsonii</i> Sandwith	<i>Protium acrense</i> Daly	Breu	10
Mescla-aroeira	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	<i>Protium acrense</i> Daly	Breu	9
Amescla	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	Amescla	8
Cambará	<i>Ruizterania albiflora</i> (Warm.) Marc.-Berti	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Cambará	8
Garapeira	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Garapeira	8
Itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Itaúba	8
Angelim-saia	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Angelim-saia	7
Angelim-amargoso	<i>Vatairea sericea</i> (Ducke) Ducke	<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke	Angelim-amargoso	6
Champanhe	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	Champanhe	6
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba	6
Tachi	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	<i>Tachigali chrysaloides</i> van der Werff	Tachi	5
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	<i>Hymenolobium pulcherrimum</i> Ducke	Angelim-pedra	4
Canelão	<i>Ocotea neesiana</i> (Miq.) Kosterm.	<i>Ocotea floribunda</i> (Sw.) Mez	Canelão	4
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Angelim-pedra	3
Canelão	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	<i>Ocotea floribunda</i> (Sw.) Mez	Canelão	3

Fonte: Autor (2025).

Em contraste, destaca-se um bloco consistente de situações em que o campo “acerta” o nome vernacular (isto é, o nome popular do IF coincide com o nome popular de referência), mas o escritório erra ao converter esse rótulo em um binômio específico. Isso é evidente em Cambará, em que registros como *Qualea dinizii* (n = 10) e *Ruizterania albiflora* (n = 8) foram validados como *Qualea paraensis*, permanecendo sob o nome popular Cambará; em Cambará-rosa, em que *Vochysia guianensis* foi validada como *Vochysia vismiifolia* (n = 10), mantendo Cambará-rosa; em Angelim-amargoso, em que *Vatairea sericea* foi validada como *Vataireopsis speciosa* (n = 6); em Tachi, em que *Tachigali vulgaris* foi validada como *Tachigali chrysaloides* (n = 5); e em Canelão, onde *Ocotea neesiana* (n = 4) e *Ocotea puberula* (n = 3) convergiram para *Ocotea floribunda*, preservando o rótulo vernacular Canelão. Em Angelim-pedra, a

ocorrência de *Hymenolobium petraeum* validada como *Hymenolobium pulcherrimum* (n = 4) reforça a mesma lógica: a árvore recebe corretamente o rótulo operacional, mas a etapa de escritório aplica um epíteto específico que não se sustenta na validação.

Esse mecanismo (manutenção do mesmo rótulo vernacular com substituição direcional do binômio) é característico de contextos em que o escritório utiliza listas de correspondência para converter nomes comuns em nomes científicos sem suporte de *vouchers* e sem calibração regional por complexos taxonômicos (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010). Ele também é compatível com diagnósticos que apontam falhas em inventários/PMFS associadas a grafias, sinonímias, nomenclatura desatualizada e uso de táxons inadequados, indicando que a etapa documental pode deteriorar a qualidade do registro mesmo quando o reconhecimento em campo é razoável (Ferreira, Cerqueira e Cardoso Junior, 2020). Em termos taxonômicos, muitos exemplos aqui observados envolvem gêneros ricos e com espécies vegetativamente semelhantes, nos quais a distinção específica é limitada sem material reprodutivo, cenário descrito para complexos como “ipê” em Bignoniaceae e para grupos de Fabaceae sob nomes de mercado amplos (Costa et al., 2019; Braz et al., 2022; Ferreira, Hopkins e Secco, 2004).

Há casos em que campo e escritório erram simultaneamente, como em Mescla-aroeira: *Protium altsonii* (n = 10) e *Protium heptaphyllum* (n = 9) foram validados como *Protium acrense*, e o nome popular de referência associado à espécie validada é Breu. Isso sugere que, para alguns rótulos, a inconsistência envolve simultaneamente variação do repertório vernacular e atribuição específica incorreta no escritório, reforçando que a governança da identificação deve considerar tanto a ecologia cultural dos nomes quanto a taxonomia formal (Procópio e Secco, 2008). Ainda assim, o predomínio de discrepâncias do tipo “acerto em campo → erro no escritório” (n = 69) sustenta que o principal ponto de degradação é a declaração do nome científico.

Em conjunto, os resultados indicaram que a falha dominante é a conversão do rótulo vernacular para um binômio científico, com trocas repetidas e direcionais em grupos taxonômicos específicos. Nesses contextos, o nome popular tende a operar como categoria funcional e comercial, frequentemente alinhada a semelhanças de madeira e uso, e não como equivalente unívoco de uma espécie. Portanto, a melhoria da consistência em nível específico depende menos de “corrigir” o rótulo vernacular em si e mais de calibrar, por complexos taxonômicos, os critérios e listas de correspondência que sustentam a atribuição do nome científico, especialmente nos grupos que concentram as conversões direcionais observadas.

Em termos práticos, isso implica fortalecer protocolos de validação amostral com *vouchers* em herbário, harmonizar listas operacionais com bases taxonômicas atualizadas e,

para rótulos críticos e de alto valor, incorporar mecanismos complementares de auditoria (p.ex., anatomia/macrosopia da madeira, espectroscopia e ferramentas de visão computacional), apontados como alternativas viáveis para mitigar erros em cadeias florestais quando apoiadas em material de referência validado (Silva et al., 2020; Ravindran et al., 2020; Hwang e Sugiyama, 2021).

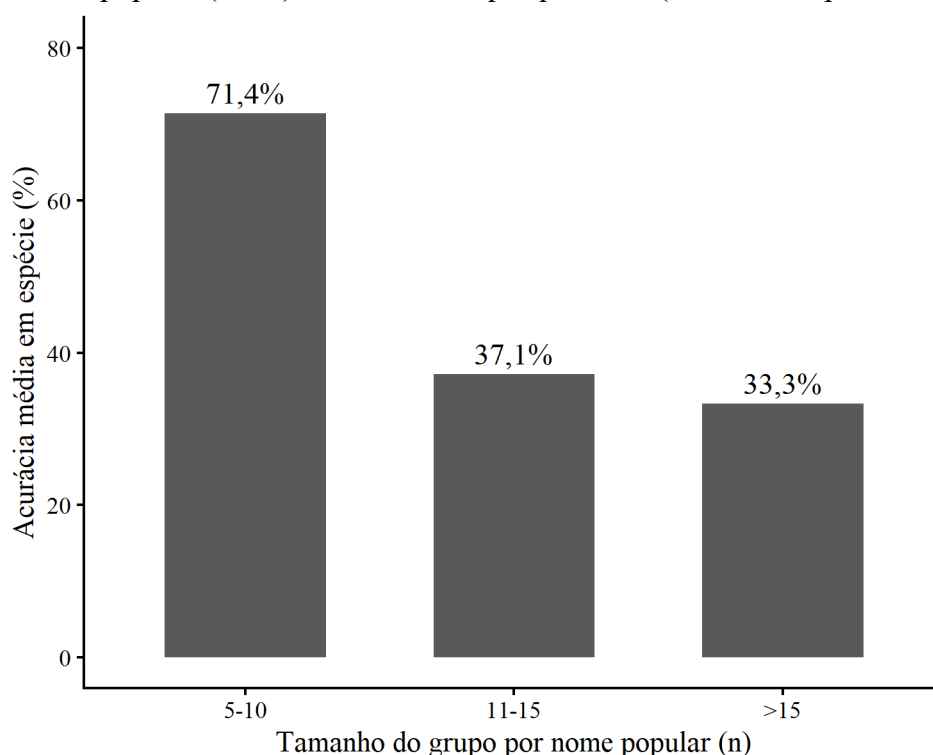
A diferença entre o desempenho do campo (88,0%) e o resultado final após o escritório (52,1%), confirmada pelo teste de McNemar ($X^2 = 67,01$; $p < 0,001$), indica que a fragilidade principal do fluxo de identificação reside na etapa de “tradução” do nome popular para o binômio científico. Para o PMFS, isso é crítico porque o nome científico ancora autorizações, retenções, classificação de raridade e rastreabilidade (CONAMA, 2009; Mato Grosso, 2022). Assim, uma conversão imprecisa pode degradar a qualidade documental mesmo quando o reconhecimento em campo é relativamente consistente. A medida mais custo-efetiva é intervir no ponto onde se perde desempenho: calibrar e auditar as listas de correspondência usadas no escritório (por complexos taxonômicos), incorporando validação amostral com vouchers e conferência em herbário para rótulos críticos, em vez de depender de correspondências genéricas.

6.2.4 Ponderação por volume e sensibilidade ao tamanho amostral

A acurácia em espécie variou entre classes de tamanho amostral por nome popular com $n \geq 5$ amostras (Figura 14), com média de 71,4% para grupos pequenos (5–10 árvores), 37,1% para grupos intermediários (11–15 árvores) e 33,3% para grupos maiores (>15 árvores), totalizando $n = 162$ observações. O teste de qui-quadrado confirmou associação entre acerto em espécie e classe amostral ($X^2 = 21,48$; $p = 2,16e-05$), indicando que o desempenho não é constante ao longo do gradiente de frequência dos nomes.

Em termos interpretativos, a queda de desempenho nos grupos maiores sugere que os nomes populares mais frequentes tendem a ser justamente os mais amplos e heterogêneos, isto é, operam como rótulos que agregam múltiplos táxons e, por isso, concentram confusões interespecíficas. Esse padrão é coerente com diagnósticos de que a identificação por nomes comuns e sua posterior associação a binômios científicos, sem validação taxonômica direta, favorecem erros em nível específico, sobretudo em complexos morfologicamente similares (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010). Já em grupos muito pequenos, valores extremos de acurácia podem ocorrer com maior facilidade por efeito de base amostral reduzida, o que reforça a necessidade de interpretar tendências gerais e ampliar o número de coletas.

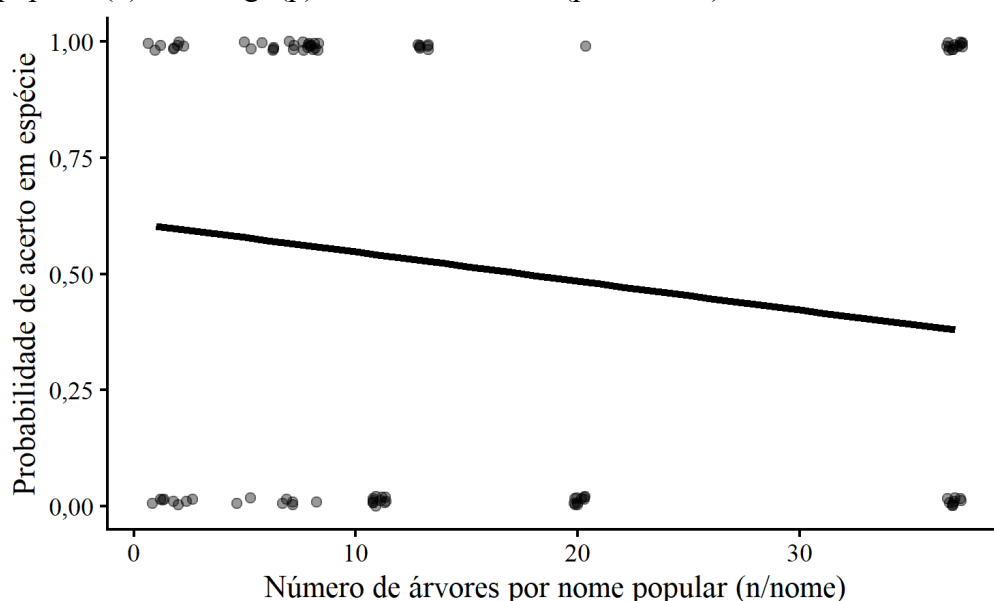
Figura 14. Valores percentuais de acurácia em espécie por faixa de tamanho amostral do grupo por nome popular ($n \geq 5$), com teste do qui-quadrado ($X^2 = 21,48$; $p = 2,16e-05$).



Fonte: Autor (2025).

Esse padrão também se mantém quando o tamanho do grupo é tratado como variável contínua (Figura 15). No modelo binomial (GLM), a relação estimada entre acurácia em espécie e número de árvores por nome popular foi negativa (coeficiente = $-0,025$; $p = 0,0385$), indicando redução progressiva na probabilidade de acerto à medida que o rótulo vernacular se torna mais frequente. Em termos práticos, isso é compatível com a ideia de que nomes populares recorrentes tendem a capturar complexos de espécies morfologicamente próximas, ampliando a chance de substituições sistemáticas dentro do mesmo gênero e reduzindo a resolução específica, especialmente quando a etapa documental “fecha” o epíteto específico a partir de listas de correspondência (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010; Borges et al., 2026).

Figura 15. Modelo GLM binomial, acurácia em espécie em função do tamanho do grupo por nome popular (n), com $\text{logit}(p) = 0,441 - 0,025 \cdot n$ ($p = 0,0385$).

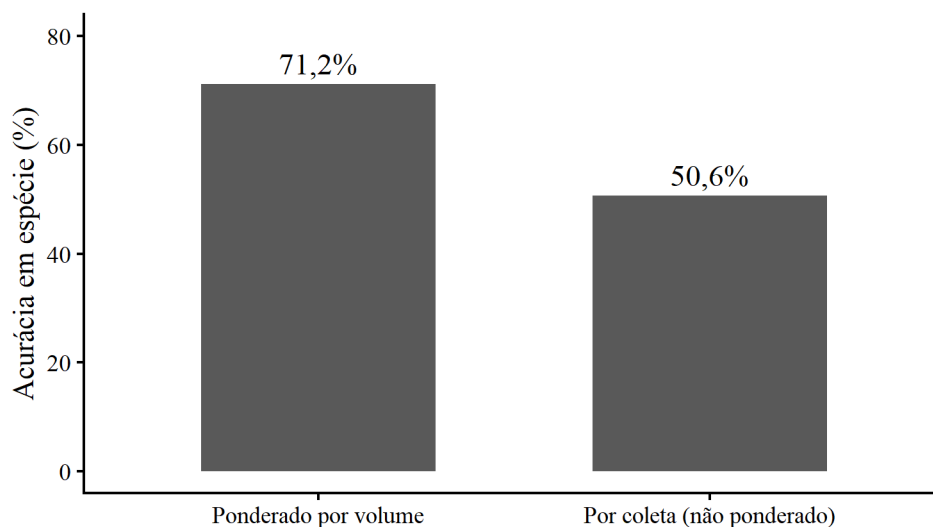


Fonte: Autor (2025).

Além da sensibilidade ao tamanho amostral, avaliamos o diagnóstico sob a ótica operacional do manejo, ponderando acertos e erros pelo volume estimado de cada registro (AUTEF). A acurácia global ponderada por volume foi 71,2%, superior à acurácia por coleta (não ponderada), de 50,6% (Figura 16). Esse resultado indica que, no conjunto avaliado, os registros com maior valor de volume tenderam, em média, a apresentar identificação mais consistente do que o observado quando todas as árvores têm o mesmo peso na métrica.

Ainda assim, a ponderação por volume evidencia que o erro permanece relevante do ponto de vista do planejamento: o volume estimado mal alocado foi de 29.072 m³ (Figura 16), isto é, volume associado a árvores cuja espécie atribuída no inventário não coincide com a validação. Esse enquadramento é particularmente crítico em PMFS porque autorizações, retenções e rastreabilidade são organizadas por espécie, de modo que o erro no binômio pode se converter em risco regulatório e operacional (CONAMA, 2009; Mato Grosso, 2022). Evidências em áreas de manejo na Amazônia também indicaram que erros de associação em nomes comerciais podem implicar distorções na leitura de volume e composição explorada, reforçando a utilidade de auditorias técnicas em grupos críticos (Borges et al., 2026).

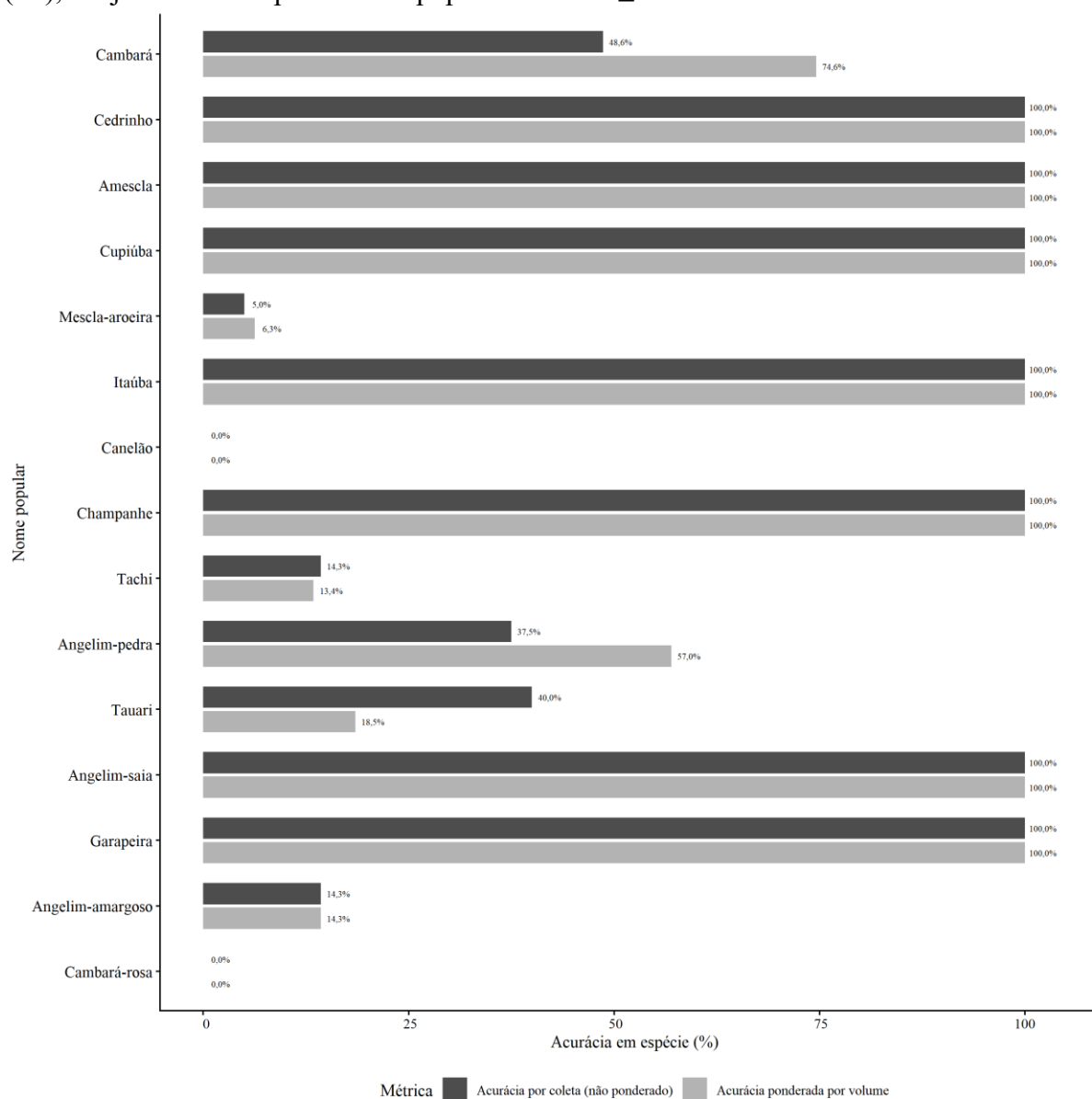
Figura 16. Valores percentuais de acurácia em espécie por coleta (não ponderado) versus ponderada por volume (AUTEF), com volume mal alocado estimado = 29.072 m³, conjunto filtrado para nomes populares com $n \geq 5$.



Fonte: Autor (2025).

No nível dos nomes populares, a comparação entre acurácia por coleta e acurácia ponderada por volume altera a leitura de risco (Figura 17). Alguns rótulos apresentaram melhora expressiva quando ponderados, sugerindo que os indivíduos de maior volume nesses grupos foram proporcionalmente melhor identificados, como Cambará (47,2% para 74,5%) e Angelim-pedra (37,5% para 57,0%). Em contrapartida, há casos em que a ponderação reduz a acurácia, sugerindo concentração dos erros nos indivíduos de maior volume, como Tauari (40,0% para 18,5%). Assim, a ponderação não apenas reestima o desempenho global: ela evidencia como o erro se distribui internamente a cada nome popular e quais categorias combinam frequência, volume e ambiguidade taxonômica, o que é coerente com a literatura sobre limites de resolução específica em complexos comerciais e persistência de trocas direcionais mesmo quando há tentativa de padronização (Procópio e Secco, 2008; Borges et al., 2026).

Figura 17. Valores percentuais de acurácia em espécie por nome popular, por coleta (não ponderado) *versus* ponderada por volume (AUTEF), com nomes ordenados por volume total (m³), conjunto filtrado para nomes populares com $n \geq 5$.

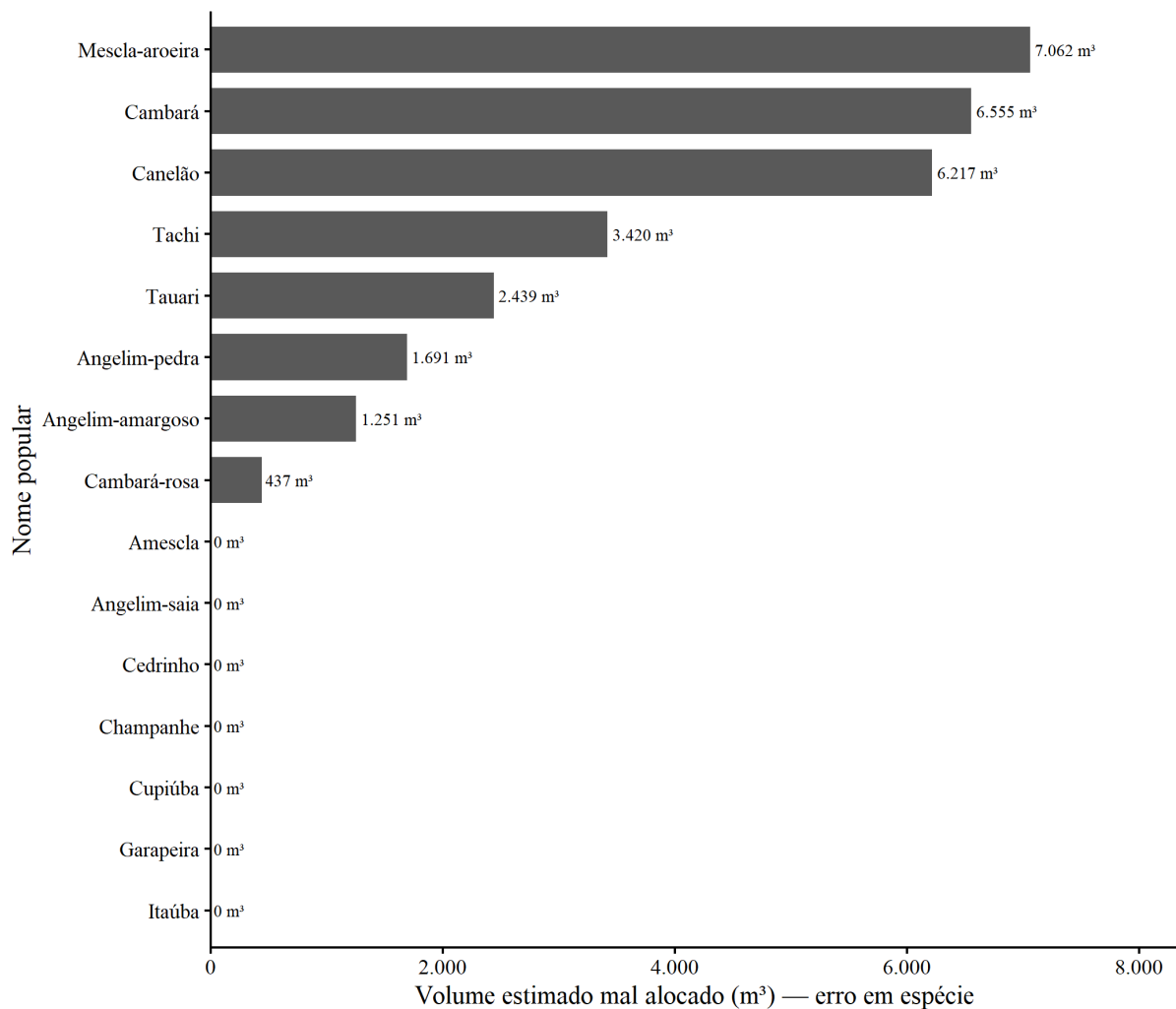


Fonte: Autor (2025).

De modo complementar, a decomposição por categoria operacional evidencia que poucos nomes populares respondem por grande parte do risco (Figura 18). Destacam-se Mescla-aroeira (7.062 m³; 19,7%), Cambará (6.555 m³; 18,2%) e Canelão (6.217 m³; 17,3%), que juntos somam mais de 65% do total estimado. Esse resultado combina dois elementos críticos, alta participação no volume e padrão de erro sistemático, por isso, define alvos prioritários para intervenções no fluxo de identificação (treinamento dirigido, padronização do repertório vernacular e verificação por material botânico ou chaves diagnósticas nos grupos mais problemáticos), com potencial de reduzir diretamente o volume sob risco no planejamento

do manejo. Essa lógica de priorização é coerente com a literatura recente sobre falhas de identificação em sistemas de produção e controle: quando há recorrência de nomes comuns e problemas de associação a nomes científicos, o risco tende a se concentrar em poucas categorias operacionais dominantes, tornando intervenções focalizadas mais eficientes do que ações generalistas (Borges et al., 2026).

Figura 18. Nomes populares com maior volume estimado mal alocado (erro de espécie), com valores em m³. Conjunto filtrado para nomes populares com $n \geq 5$.



Fonte: Autor (2025).

Em conjunto, os resultados mostram que o risco não está distribuído uniformemente: a acurácia em espécie diminui conforme aumenta a frequência do nome popular e, embora a ponderação por volume eleve a acurácia global (71,2%), persiste volume expressivo sob risco de alocação incorreta (29.072 m³). Para o PMFS, isso tem implicação direta porque erros concentrados em rótulos frequentes e volumetricamente dominantes podem afetar autorizações, composição explorada e rastreabilidade. Assim, a mitigação deve seguir uma lógica de gestão de risco: auditoria e validação taxonômica focalizadas nos nomes de maior volume e maior

ambiguidade (por exemplo, mescla-aroeira, cambará e canelão), com potencial de retorno direto na redução do volume vulnerável no planejamento anual do manejo (Procópio e Secco, 2008; Lacerda et al., 2010; Brancalion et al., 2018).

7. CONCLUSÃO

Este trabalho evidenciou que a identificação botânica utilizada em inventários florestais 100%, no contexto de PMFS no Estado de Mato Grosso apresenta limitações relevantes quando se exige resolução em nível específico. A comparação árvore a árvore entre o nome científico registrado no inventário e a identificação validada em herbário mostrou que, embora o enquadramento taxonômico amplo seja, em geral, preservado, há perda substancial de precisão na discriminação entre espécies, sobretudo em complexos de congêneres e em grupos morfológicamente similares. Assim, a informação produzida pelo inventário tende a ser suficiente para posicionar grande parte das árvores em gênero e família, mas não sustenta, com a mesma robustez, decisões que dependem de identificação precisa em espécie.

A composição do conjunto validado confirmou um portfólio comercial típico da Amazônia meridional, com forte concentração de registros em poucas famílias e espécies. Essa concentração tem implicação direta: o risco associado à identificação não se distribui de forma aleatória, mas se organiza em torno de rótulos vernaculares frequentes e operacionalmente estratégicos. Nesses casos, a inconsistência em espécie não resulta, predominantemente, de deslocamentos taxonômicos amplos, mas de substituições entre espécies próximas, o que é consistente com o uso de caracteres vegetativos e sensoriais sob ritmo operacional e com a ausência de validação sistemática por vouchers durante a etapa de campo.

Os padrões de erro observados foram majoritariamente “finos”, com predominância de desacertos dentro do mesmo gênero e, em menor proporção, dentro da mesma família, sendo raras as trocas entre famílias. Essa estrutura revelou que o inventário frequentemente reconhece o complexo taxonômico correto, porém falha na atribuição do epíteto específico. Parte central desse processo se relaciona ao comportamento falta de correspondência direta de diversos nomes populares, que funcionam como categorias agregadoras, reunindo múltiplas espécies sob um mesmo rótulo, ao passo que, em menor escala, algumas espécies aparecem fragmentadas sob denominações diferentes em regiões distintas. Em termos práticos, o problema dominante não é a ausência de conhecimento sobre “qual grupo” está sendo manejado, mas a dificuldade de traduzir, de modo consistente e verificável, categorias operacionais de campo em binômios científicos confiáveis.

A análise do fluxo de nomeação em duas etapas indicou que a maior perda de desempenho se concentra na conversão do rótulo vernacular para o nome científico. Enquanto a atribuição do nome popular mostrou elevada consistência quando confrontada com uma referência regional, o resultado final em espécie foi significativamente inferior, apontando que listas de correspondência genéricas, desatualizadas ou pouco calibradas localmente tendem a introduzir substituições sistemáticas, especialmente em rótulos de mercado recorrentes. Em consequência, mesmo quando o reconhecimento em campo é razoável, a etapa documental pode degradar a qualidade do registro, criando “falsa precisão” ao fixar um binômio específico para categorias que, na prática, representam complexos de espécies.

As análises de sensibilidade ao tamanho amostral e de ponderação por volume acrescentaram uma dimensão aplicada ao diagnóstico. Observou-se redução da probabilidade de acerto em espécie à medida que aumenta a frequência do nome popular, sugerindo que os rótulos mais comuns são justamente os mais heterogêneos e propensos a agregação. A ponderação por volume mostrou desempenho global superior ao não ponderado, mas revelou um volume expressivo associado a atribuições específicas incorretas, com poucos nomes dominantes. Isso indica que o impacto do erro deve ser interpretado como risco operacional e regulatório: não se trata apenas de um desvio taxonômico, mas de um fator que pode influenciar a leitura do estoque explorável por espécie, a alocação de volumes, o cumprimento de retenções e a rastreabilidade baseada em registros documentais.

Em síntese, o estudo demonstra que a consistência da identificação em PMFS é heterogênea e depende fortemente do táxon e do rótulo operacional utilizado. Há um núcleo de espécies e denominações com desempenho plenamente consistente, mas também há complexos recorrentes em que a identificação específica é sistematicamente instável, por agregação de múltiplas espécies e por conversões direcionais do vernacular para o binômio científico. Diante desse quadro, a estratégia mais custo-efetiva para elevar a confiabilidade do inventário não é uma intervenção genérica, mas uma gestão de risco direcionada: calibrar as listas de correspondência, estabelecer critérios diagnósticos mínimos para nomes críticos, e implementar validação amostral com vouchers e herbário priorizando categorias que combinam alta frequência, alta volumetria e elevada ambiguidade. Com isso, é possível reduzir de maneira substancial o erro onde ele é mais sensível para a sustentabilidade e a conformidade do manejo, fortalecendo a base técnica que sustenta o planejamento e o controle das operações florestais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Maryane; SANTOS, Herbert dos; NUNES, Fernando; COSTA, Julia N.; LENTINI, Marco W. *Produção de madeira e diversidade de espécies arbóreas exploradas na Amazônia brasileira: situação atual e recomendações para o setor florestal*. Boletim Timberflow, n. 08, jul. 2022. Piracicaba, SP: Imaflora, 2022.
- ARAUJO, H. J. B. de. Inventário florestal a 100% em pequenas áreas sob manejo florestal madeireiro. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 36, n. 4, p. 447–464, 2006. DOI: 10.1590/S0044-59672006000400007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/506233/1/15179.pdf>. Acesso em: 16 set. 2025.
- BARALOTO, C.; FERREIRA, E.; ROCKWELL, C.; WALTHIER, F. Limitations and applications of parataxonomy for community forest management in southwestern Amazonia. *Ethnobotany Research & Applications*, v. 5, p. 77–84, 2007.
- BORGES, G. B. et al. The anatomy of wood is an essential tool for mitigating errors in the identification of similar species in areas under management in the Brazilian Amazon. *Brazilian Journal of Botany*, v. 49, n. 3, p. 1–19, 2026. DOI: 10.1007/s40415-025-01129-9.
- BRANCALION, P. H. S. et al. Fake legal logging in the Brazilian Amazon. *Science Advances*, v. 4, n. 8, eaat1192, 2018. DOI: 10.1126/sciadv.aat1192.
- BRASIL. Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006. Dispõe sobre o manejo de florestas públicas para produção sustentável. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11284.htm. Acesso em: 9 set. 2024.
- BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de; CANETTI, A. *Manejo de espécies madeireiras da Floresta Amazônica: critérios e procedimentos*. Colombo: Embrapa Florestas, 2021. (Documentos, 361). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>. Acesso em: 16 set. 2025.
- BRAZ, E. M. et al. *Ocorrência e crescimento de Handroanthus spp. na Amazônia, nos estados de Mato Grosso e Acre, como subsídio para determinação da idade de corte e ciclo de corte*. Colombo: Embrapa Florestas, 2022. (Documentos, 370).
- BROWN, L. D.; CAI, T. T.; DASGUPTA, A. Interval estimation for a binomial proportion. *Statistical Science*, v. 16, n. 2, p. 101–133, 2001. DOI: 10.1214/ss/1009213286.
- CALDERON, L. de A. et al. Amazonian biodiversity: a view of drug development for leishmaniasis and malaria. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 20, n. 6, p. 1011–1023, 2009.
- CARDOSO, D. et al. Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 114, n. 40, p. 10695–10700, 2017. DOI: 10.1073/pnas.1706756114.
- CARVALHO, G. H. *flora: tools for interacting with the Brazilian Flora 2020*. R package, versão 0.3.4, 2025. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=flora>. Acesso em: 16 set. 2025.
- CBOL PLANT WORKING GROUP. A DNA barcode for land plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 106, n. 31, p. 12794–12797, 2009.
- COCHRAN, W. G. *Sampling techniques*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1977.

COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, v. 20, p. 37–46, 1960.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 406, de 2 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de PMFS no bioma Amazônia. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, n. 26, p. 100, 6 fev. 2009. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?id=578&option=com_sisconama&task=arquivo.download. Acesso em: 12 set. 2025.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução nº 507, de 18 de julho de 2024. Dispõe sobre aspectos operacionais de AMF/UPA/UT. Brasília: CONAMA/MMA, 2024. Acesso em: 15 set. 2025.

CONDÉ, T. M. et al. Effects of sustainable forest management on tree diversity, timber volumes, and carbon stocks in an ecotone forest in the northern Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, v. 119, 106145, 2022. DOI: 10.1016/j.landusepol.2022.106145.

COPERNICUS DATA SPACE ECOSYSTEM. *Copernicus DEM – Global and European Digital Elevation Model (COP-DEM)*. 2025. Disponível em: <https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections/copernicus-contributing-missions/collections-description/COP-DEM>. Acesso em: 6 out. 2025.

CORRÊA, A. A.; CORRÊA, C. M. Floresta – utilização de produtos de madeira. *Acta Amazonica*, v. 9, n. 4, p. 155–164, 1979.

CORRÊA, J. J. L. et al. Assigning a value to standing forest: a historical review of the use and characterization of copal resin in the region of Santarém, Central Amazonia. *Rodriguésia*, v. 73, e00892021, 2022.

COSTA, S.; LOHMANN, L. G.; BURIL, M. T. Flora of Pernambuco, Brazil: Tabebuia alliance and tribe Jacarandae (Bignoniaceae). *Biota Neotropica*, v. 19, n. 4, e20190737, 2019. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2019-0737.

CYSNEIROS, V. C. et al. Espécies madeireiras da Amazônia: riqueza, nomes populares e suas peculiaridades. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 38, e201801567, 2018. DOI: 10.4336/2018.pfb.38e201801567.

EFRON, B.; TIBSHIRANI, R. *An introduction to the bootstrap*. New York: Chapman & Hall, 1993.

ELLIS, E. A. et al. Reduced-impact logging practices reduce forest disturbance and carbon emissions in community managed forests on the Yucatán Peninsula, Mexico. *Forest Ecology and Management*, v. 437, p. 396–410, 2019. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.01.040. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112718322138>. Acesso em: 18 set. 2025.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FEARNSIDE, P. M. Amazon forest maintenance as a source of environmental services. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, v. 80, n. 1, p. 101–114, 2008.

FERREIRA, C. A. et al. Identification of tree species from the Peruvian tropical Amazon “Selva Central” forests according to wood anatomy. *BioResources*, v. 16, n. 4, p. 7161–7179, 2021. DOI: 10.15376/biores.16.4.7161-7179.

FERREIRA, G. C. *Diretrizes para coleta, herborização e identificação de material botânico nas parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira*. GT Monitoramento de Florestas, 2006.

FERREIRA, G. C.; HOPKINS, M. J. G.; SECCO, R. D. S. Contribuição ao conhecimento morfológico das espécies de Leguminosae comercializadas no estado do Pará como “angelim”. *Acta Amazonica*, v. 34, n. 2, p. 219–232, 2004. DOI: 10.1590/S0044-59672004000200010.

FERREIRA, R. L. A.; CERQUEIRA, R. M.; CARDOSO JUNIOR, R. C. Análise da identificação botânica em inventários florestais de planos de manejo sustentáveis no oeste paraense. *Nature and Conservation*, v. 13, n. 3, p. 136–145, 2020. DOI: 10.6008/CBPC2318-2881.2020.003.0014.

FIEMT (Federação das Indústrias do Estado de Mato Grosso). Mato Grosso mira ampliação das exportações de madeira para maiores mercados globais. Cuiabá: FIEMT, 1 nov. 2023. Disponível em: <https://fiemt.ind.br/noticias/3642/mato-grosso-mira-ampliacao-das-exportacoes-de-madeira-para-maiores-mercados-globais>. Acesso em: 18 set. 2025.

FIGLIUOLO, R. A floresta e os produtos químicos naturais. *Acta Amazonica*, v. 9, n. 4, p. 165–172, 1979.

FLORA e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: set. 2023.

Gama, N.C.; Oliveira, L.E.S.; Carvalho, S.d.P.C.e.; Behling, A.; de Paula Filho, P.L.; Hamada, M.O.d.S.; Leal, E.d.S.; Souza, D.V. Automatic Recognition of Commercial Tree Species from the Amazon Flora Using Bark Images and Transfer Learning. *Forests* 2025, 16, 1374. <https://doi.org/10.3390/f16091374>

GAUI, T. D. et al. Long-term effect of selective logging on floristic composition: a 25-year experiment in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 440, p. 258–266, 2019. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.02.033.

GOMES, H. L. et al. Identificação botânica em inventários florestais: desafios e soluções para o manejo sustentável. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 55, n. 3, p. 275–288, 2022. DOI: 10.5892/doi-journal-abcd.22.3.275.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. *Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares*. 2. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2011.

GONZÁLEZ, M. A. et al. Identification of Amazonian trees with DNA barcodes. *PLoS ONE*, v. 4, n. 10, e7483, 2009.

GUEDES, M. de L. *Eficiência da determinação botânica de árvores no manejo florestal no estado do Pará*. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2024.

HADLICH, H. L. et al. Recognizing Amazonian tree species in the field using bark tissues spectra. *Forest Ecology and Management*, v. 427, p. 296–304, 2018.

HANAZAKI, N. et al. Ecologic salience and agreement on the identification of tree species from Brazilian Atlantic Forest. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 1, p. 77–84, 2010.

HIGUCHI, N. Utilização e manejo dos recursos madeireiros das florestas tropicais úmidas. *Acta Amazonica*, v. 24, n. 3–4, p. 275–288, 1994.

HOLMES, T. P. et al. Financial and ecological indicators of reduced impact logging performance in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 163, n. 1–3, p. 93–110, 2002. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00530-8. Disponível em: <https://research.fs.usda.gov/treearch/download/4497.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.

HWANG, S.-W.; SUGIYAMA, J. Computer vision-based wood identification and its expansion and contribution potentials in wood science: a review. *Plant Methods*, v. 17, art. 47, 2021. DOI: 10.1186/s13007-021-00746-1.

IBAMA. Espécies Flora – SISTAXON (planilha). Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/phocadownload/file/7565-2020-01-17-especies-flora-sistaxon>. Acesso em: 16 set. 2025.

IBAMA. Relatório de fiscalização do setor florestal 2020. Brasília: IBAMA, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama>. Acesso em: 12 set. 2025.

IBAMA. DOF – Espécies e Códigos (planilha). Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/dof/2021/2021-04-30-DOF-Especies-e-Codigos.xlsx>. Acesso em: 16 set. 2025.

IBAMA. Sinaflor/DOF+: manuais operacionais e informações do sistema. Brasília, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/flora-e-madeira/documento-de-origem-florestal-dof/dof-rastreabilidade>. Acesso em: 16 set. 2025.

IBAMA. Instrução Normativa nº 16, de 25 de novembro de 2022: institui o sistema Sinaflor/DOF+. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, 5 dez. 2022b. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?legislacao=139202&view=legislacao>. Acesso em: 16 set. 2025.

IBAMA. Manual atualizado SINAFLO: preenchimento da planilha do POA e importação de dados do inventário florestal 100% (v. 2). Brasília, 2019. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/phocadownload/sinaflor/2019/2019-07-09-Manual_Atualizado_SINAFLO_-_Preenchimento_da_Planilha_do_POA_e_Importao_de_Dados_do_IF_100_V.2.pdf. Acesso em: 16 set. 2025.

IBAMA. Manual SINAFLO 05: cadastro do Plano Operacional Anual – POA. Brasília, 2018 (atualizado em 2022). Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/sinaflor/2018/ibama-manual-sinaflor-05-cad-plano-operacional-anual-poa.pdf>. Acesso em: 16 set. 2025.

IBAMA. Norma de Execução nº 1, de 18 de dezembro de 2006. Diretrizes técnicas para elaboração de PMFS. Brasília: IBAMA, 2006. Acesso em: 15 set. 2025.

IBAMA. Nota Técnica SEI nº 20613699, de 7 out. 2024: harmonização das listas taxonômicas dos sistemas de controle florestal (Sinaflor, Sisflora-PA, Sisflora-MT) de acordo com a Lista do Portal Reflora. Brasília: IBAMA, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/cites-e-comercio-exterior/arquivos/downloads/20241007_SEI_Ibama_20613699_Nota_Tecnica.pdf. Acesso em: 16 set. 2025.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). PEVS – Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura: SIDRA, Tabela 289 – Produção de carvão vegetal, lenha e madeira em tora de espécies florestais nativas, por UF – 2023. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>. Acesso em: 18 set. 2025.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Valor de produção da silvicultura e da extração vegetal cresce 11,2% e soma R\$ 37,9 bilhões. *Agência de Notícias do IBGE*, Rio de Janeiro, 26 set. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41404-valor-de-producao-da-silvicultura-e-da-extracao-vegetal-cresce-11-2-e-soma-r-37-9-bilhoes>. Acesso em: 18 set. 2025.

IBGE. Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IBGE. Cidades@ – Perfis municipais (MT). Rio de Janeiro, 2023b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/>. Acesso em: 26 set. 2025.

IBGE. Mapa de Solos do Brasil – base vetorial e legenda atualizada. Rio de Janeiro, 2023a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15829-solos.html>. Acesso em: 26 set. 2025.

IBGE. Mapa de Vegetação do Brasil – série Cartas 1:250.000 (folhas MT). Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/22453-cartas-1-250-000.html>. Acesso em: 26 set. 2025.

IFT (Instituto Floresta Tropical). Encarte IFT — Inventário Florestal 100% em EIR. Belém: IFT, 2020a. Disponível em: https://www.ift.org.br/wp-content/uploads/2020/09/1.Encarte_IFT_Invent%C3%A1rio-Florestal-100-em-EIR.pdf. Acesso em: 16 set. 2025.

IFT (Instituto Floresta Tropical). Manuais e cartilhas: série de encartes sobre manejo florestal. Belém: IFT, 2020b. Disponível em: <https://www.ift.org.br/ift-lanca-serie-de-encartes-sobre-manejo-florestal/>. Acesso em: 16 set. 2025.

IFT (Instituto Floresta Tropical). *Manual Técnico 3: Planejamento e Exploração de Impacto Reduzido*. Belém: IFT, 2014. Acesso em: 15 set. 2025.

IMAFLORA. *Anuário Timberflow: diagnóstico da madeira nativa na Amazônia Legal em 2024*. 1. ed. Piracicaba, SP: Imaflora, 2025.

IMAFLORA. Espécies madeireiras nativas menos comercializadas: uma oportunidade para produção e conservação na Amazônia brasileira. *Boletim Timberflow*, n. 9, set. 2022.

IMAÑA ENCINAS, J. et al. Sustainability verifiers of forest inventories of the tropical forest of the Mato Grosso State, Brazil. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, v. 13, n. 72, p. 31–32, 2022. DOI: 10.29298/rmcf.v13i72.1179.

IMAZON; IDESAM; IMAFLORA; ICV. Sistema de Monitoramento da Exploração Madeireira (SIMEX): mapeamento da exploração madeireira em Mato Grosso – agosto de 2022 a julho de 2023. Belém: Imazon, 18 jul. 2024. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/sistema-de-monitoramento-da-exploracao-madeireira-simex-mapeamento-da-exploracao-madeireira-em-mato-grosso-agosto-2022-a-julho-de-2023/>. Acesso em: 18 set. 2025.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (JBRJ). *Flora do Brasil 2020 – versão consolidada*. Rio de Janeiro: JBRJ, 2021. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 8 out. 2025.

JERNIGAN, K. An ethnobotanical investigation of tree identification by the Aguaruna Jívaro of the Peruvian Amazon. *Journal of Ethnobiology*, v. 26, n. 1, p. 107–125, 2006. Disponível em: <https://journals.uga.edu/ethnobiology>. Acesso em: 16 set. 2025.

KÖPPENBRASIL. Atlas interativo da classificação climática de Köppen–Geiger no Brasil: climatologia municipal (temperatura média anual e precipitação anual). 2024. Disponível em: <https://koppenbrasil.github.io/>. Acesso em: 26 set. 2025.

KOTTNER, J.; STREINER, D. L. The difference between reliability and agreement. *Journal of Clinical Epidemiology*, v. 64, p. 701–702, 2011. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2010.12.001.

LACERDA, A. E. B. de; NIMMO, E. R. Can we really manage tropical forests without knowing the species within? Getting back to the basics of forest management through taxonomy. *Forest Ecology and Management*, v. 259, p. 995–1002, 2010. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.12.013.

LACERDA, A. E. B. de et al. *A identificação botânica no manejo florestal na Amazônia*. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. (Documentos, 204).

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v. 33, p. 159–174, 1977.

LOHR, S. L. *Sampling: design and analysis*. Pacific Grove, CA: Duxbury Press, 1999.

LUZ, E. da S. et al. Challenges of the lumber production in the Amazon region: relation between sustainability of sawmills, process yield and logs quality. *Environment, Development and Sustainability*, v. 23, p. 4924–4948, 2021. DOI: 10.1007/s10668-020-00797-9.

MARTINS, T. G. V. et al. Understanding the dynamics of the Brazilian market for native forest wood: a case study for Minas Gerais state, Brazil. *Revista Árvore*, v. 45, e4518, 2021.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V. *Coleta e identificação de espécimes botânicos*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; HOPKINS, M. J. G.; THOMPSON, I. S. *Identificação botânica na Amazônia: situação atual e perspectivas*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. (Documentos, 168). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/407112/1/Doc168.pdf>. Acesso em: 16 set. 2025.

MATO GROSSO (Estado). Decreto nº 1.313, de 11 de março de 2022. Regulamenta a Gestão Florestal do Estado de Mato Grosso, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado de Mato Grosso*, Cuiabá, 11 mar. 2022. Disponível em: https://iomat.mt.gov.br/legislacao/diario_oficial/download/87469. Acesso em: 12 set. 2025.

MATO GROSSO (Estado). Decreto nº 937, de 1º de julho de 2024. Institui o Sistema Sisflora-MT 2.0 e disciplina a utilização, o preenchimento e a emissão da Guia Florestal (GF). Cuiabá, 2024. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?legislacao=461134>. Acesso em: 16 set. 2025.

McNEMAR, Q. Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages. *Psychometrika*, v. 12, n. 2, p. 153–157, 1947.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. *Inventário florestal*. Curitiba: [s.n.], 1997.

PROCÓPIO, L. C.; SECCO, R. S. A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do “tauari” (Couratari spp. e Cariniana spp. – Lecythidaceae) em duas áreas manejadas no Estado do Pará. *Acta Amazonica*, v. 38, n. 1, p. 31–44, 2008. DOI:

- 10.1590/S0044-59672008000100005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/rxJVzbmhCPgqMyQLmV7ycdp/>. Acesso em: 16 set. 2025.
- PUTZ, F. E.; SIST, P.; FREDERICKSEN, T.; DYKSTRA, D. Reduced-impact logging: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, v. 256, p. 1427–1433, 2008. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.03.036. Disponível em: https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/journals/pnw_2008_putz001.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.
- RAVINDRAN, P.; THOMPSON, B. J.; SOARES, R. K.; WIEDENHOEFT, A. C. The XyloTron: flexible, open-source, image-based macroscopic field identification of wood products. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, art. 1015, 2020. DOI: 10.3389/fpls.2020.01015.
- REIS, A. da S. et al. Preliminary study of colorimetry as an auxiliary tool for *Manilkara* spp. wood discrimination. *European Journal of Wood and Wood Products*, v. 81, p. 1119–1133, 2023. DOI: 10.1007/s00107-023-01953-4.
- RIBEIRO, J. E. L. S. et al. *Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. Manaus: INPA-DFID, 1999. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/14863>. Acesso em: 16 set. 2025.
- ROCHA, K. J. da et al. Effect of selective logging on floristic and structural composition in a forest fragment from Amazon Biome. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 39, n. 2, p. 191–199, 2017. DOI: 10.4025/actasciagron.v39i2.32543.
- ROSSI, L. M. B. et al. Comportamento inicial de espécies florestais potenciais para plantios em áreas alteradas na Amazônia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Blumenau. *Anais...* Blumenau: SOBRADE; FURB, 2000.
- SAATCHI, S. S. et al. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 24, p. 9899–9904, 2011. DOI: 10.1073/pnas.1019576108.
- SEMA-MT. Instrução Normativa nº 5, de 2 de julho de 2014. Dispõe sobre procedimentos técnicos de PMFS e IF 100% no estado de Mato Grosso. Cuiabá: SEMA-MT, 2014. Acesso em: 15 set. 2025.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). *Anuário Estatístico da Produção Florestal 2021*. Brasília: SFB, 2021. Disponível em: <https://www.florestal.gov.br>. Acesso em: 12 set. 2025.
- SFB (Serviço Florestal Brasileiro). *Boletim SNIF 2024*. Brasília: SFB, 2024. Disponível em: https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/Boletim_SNIF_2024.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.
- SFB (Serviço Florestal Brasileiro). Concessões florestais em andamento. Brasília: SFB, 2023. Página institucional. Acesso em: 18 set. 2025.
- SFB (Serviço Florestal Brasileiro). *Relatório de Gestão de Florestas Públicas – 2024*. Brasília: SFB, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/florestal/pt-br/acesso-a-informacao/auditorias/relatorio-de-gestao/relatorios-de-gestao-de-florestas-publicas/RGFP2024.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.
- SILVA, J. L.; BORDALO, R.; PISSARRA, J. Wood identification: an overview of current and past methods. *ECR – Estudos de Conservação e Restauro*, n. 12, p. 45–68, 2020. DOI: 10.34632/ecr.2020.10680.

SISFLORA-MT (Sistema de Informação da Flora do Estado de Mato Grosso). Cuiabá: SEMA-MT, [s.d.]. Disponível em: <https://sisflora.sema.mt.gov.br/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

SOKOLOVA, M.; LAPALME, G. A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing & Management*, v. 45, p. 427–437, 2009.

SOUZA, V. A. S. et al. Dinâmica da conversão de floresta e tendências climáticas na bacia do rio Madeira. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 2007–2034, 2022.

SUTHERLAND, W. J. (ed.). *Ecological census techniques: a handbook*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

TER STEEGE, H. et al. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science*, v. 342, n. 6156, p. 1243092, 2013. DOI: 10.1126/science.1243092.

VALDIONES, A. P. et al. *A evolução do setor madeireiro na Amazônia entre 1980 e 2020 e as oportunidades para seu desenvolvimento inclusivo e sustentável na próxima década*. Belém: Imazon; Imaflora; ICV; IDESAM, 2022. ISBN 978-65-89617-12-9.