



Protocolo RAPELD/PPBio adaptado para amostragem da vegetação de Restinga

PPBio Restinga - Rede Beira-Mar

2026

Sumário

1. Introdução.....	3
1.1. Objetivo do protocolo.....	3
2. O método RAPELD.....	3
2.1. Estrutura típica do RAPELD.....	4
3. Delineamento amostral geral para a Rede Beira-Mar: adaptações para a Restinga.....	6
3.1. O ecossistema Restinga e suas formações vegetacionais.....	6
3.2. Estrutura geral da parcela RAPELD.....	7
3.2.1. Subparcelas de grandes árvores (N1).....	12
3.2.2. Subparcelas de árvores (N2).....	14
3.2.3. Subparcelas de arbustos e lianas lenhosas (N3).....	16
3.2.4. Subparcelas de vegetação herbácea e subarbustiva (N4).....	17
3.2.5. Corredor central de acesso e exclusão amostral.....	18
3.3. Marcação, georreferenciamento e monitoramento.....	18
3.4. Controle de qualidade e padronização da equipe.....	19
3.5. Passo a passo para a instalação nas Parcelas Permanentes nos sítios de amostragem.....	19
3.5.1. Orientação para a legenda das plaquetas sinalizando cada ponto estaqueado.....	22
3.5.2. Modelo de parcela instalada e sinalizada.....	23
3.5.3. Disposição das parcelas ao longo dos transectos.....	23
4. Referências.....	23

1. Introdução

A amostragem da vegetação em ecossistemas tropicais possui desafios metodológicos relacionados à elevada riqueza de espécies, grande heterogeneidade ambiental e variações substanciais na estruturação das diversas formações vegetacionais (Gaston 2000; Gardner et al. 2008). Protocolos de amostragem inadequados podem gerar vieses na estimativa de diversidade, estrutura, área basal, biomassa e carbono, além de dificultar comparações espaciais e temporais (Phillips et al. 2003; Baker et al. 2004). Questões como tamanho e forma da parcela, escala de amostragem, replicação, pseudorepetição espacial e temporal e efeitos de autocorrelação espacial devem ser explicitamente consideradas em qualquer delineamento amostral que pretenda oferecer robustez e se manter ao longo do tempo (Legendre 1993; Phillips et al. 2003; Baker et al. 2004; Magurran et al. 2010).

Nesse contexto, o uso de protocolos padronizados, como o método RAPELD, representa uma estratégia robusta para integrar eficiência amostral, padronização metodológica e monitoramento de longo prazo, permitindo comparações consistentes entre áreas amostradas, de qualquer que seja o bioma brasileiro (Magnusson et al. 2005; Bergallo et al. 2023). Apesar disso, deve-se considerar que a padronização metodológica (por exemplo, do formato de parcelas, distância entre parcelas e cota altimétrica) encontra limites quando confrontada com ecossistemas marcados por elevada heterogeneidade espacial. Por vezes, o trunfo da comparabilidade entre áreas não dialoga adequadamente com ambientes cuja dinâmica e variabilidade ambiental ocorre em escalas espaciais reduzidas. Nesses casos, a aplicação estrita de um protocolo deve ser ponderada em relação à sua capacidade de capturar os padrões ecológicos que se busca investigar.

Essa questão é particularmente relevante nas Restingas do Brasil, onde gradientes edáficos e hidrológicos estruturam um mosaico de formações herbáceas, arbustivas e florestais normalmente separadas por transições abruptas (Scarano 2009; Magnago et al. 2010). As condições ecológicas próprias dessas formações podem dificultar a adoção integral do delineamento clássico do RAPELD (ver Magnusson et al. 2005) e levar à subamostragem de ambientes singulares de pequena extensão ou amostragem de múltiplas formações vegetacionais dentro de uma mesma parcela. Portanto, nas Restingas as adaptações metodológicas tornam-se necessárias não como uma ruptura com os princípios da padronização do RAPELD, mas como uma estratégia para assegurar a representatividade ecológica da amostragem e a adequada caracterização da diversidade e da estrutura das vegetações.

1.1. Objetivo do protocolo

Este protocolo tem como objetivo padronizar a amostragem da vegetação arbórea, lianescente, arbustiva, subarbustiva e herbácea em Restinga, no âmbito da REDE PPBio Beira-Mar. O protocolo visa permitir análises comparáveis da estrutura,

composição florística, diversidade, dinâmica da vegetação e potencial de biomassa e estoque de carbono, tanto espacialmente quanto temporalmente em todas as fitofisionomias da Restinga.

O escopo de aplicação inclui inventários ecológicos, monitoramento de longo prazo, estudos comparativos entre áreas e formações de Restinga, avaliação de processos de regeneração natural e resistência ecológica às diversas variáveis naturais (solos, variação hídrica, salinidade) quanto às variáveis antrópicas (redução de habitat, isolamento espacial, composição da paisagem, espécies exóticas e invasoras e mudanças climáticas), além de suporte a estudos de restauração ecológica e divulgação científica.

2. O método RAPELD

O método RAPELD é um sistema padronizado de amostragem ecológica desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), com o objetivo de monitorar a biodiversidade e os processos ecológicos de forma comparável no espaço e no tempo. O método integra eficiência amostral, padronização espacial e possibilidade de monitoramento de longo prazo, sendo aplicável a diferentes biomas e fitofisionomias (Magnusson et al. 2005; Bergallo et al. 2023).

O termo RAPELD resulta da combinação de dois conceitos: RAP (Rapid Assessment Program), que se refere à capacidade de gerar diagnósticos ecológicos eficientes em prazos relativamente curtos, e ELD (Extended Long-term Ecological Research), que enfatiza a geração de séries temporais longas, fundamentais para compreender dinâmicas ecológicas e respostas a distúrbios naturais ou antrópicos.

As amostragens devem ser realizadas em parcelas e trilhas com dimensões fixas e previamente definidas. Essa padronização permite a comparação direta entre áreas distintas, a repetição das medições ao longo do tempo e a integração de dados de diferentes grupos biológicos e biomas (Bergallo et al. 2023).

No RAPELD, os protocolos habituais determinam que as parcelas devem ser instaladas preferencialmente ao longo das curvas de nível do terreno, reduzindo a influência de variações topográficas e edáficas não controladas (Magnusson et al. 2005; Bergallo et al. 2023). Essa estratégia visa minimizar ruídos ambientais e aumenta a capacidade de detecção de padrões ecológicos reais.

O método opera em uma escala intermediária entre parcelas muito pequenas e áreas extensivas, conciliando representatividade ecológica, replicabilidade e viabilidade operacional. Essa escala é particularmente adequada para estudos de estrutura, dinâmica e biodiversidade de diferentes tipos de vegetação.

Devido a sua distribuição espacial bem delimitada, o método permite a amostragem integrada de diferentes grupos taxonômicos e variáveis ambientais dentro da mesma malha espacial, favorecendo análises ecológicas multiescalares e integradas (Magnusson et al. 2005; Moulatlet et al. 2021; Bergallo et al. 2023).

2.1. Estrutura típica do RAPELD

O método RAPELD foi originalmente concebido como uma adaptação do método de Gentry (Magnusson et al. 2005) para levantamentos de biodiversidade em sítios de pesquisa ecológica de longa duração, com a finalidade de maximizar a probabilidade de representar adequadamente as comunidades biológicas enquanto se minimiza a variação interna de fatores abióticos relevantes, como topografia, solos e variação hídrica. Essa abordagem integra levantamentos rápidos com monitoramento contínuo, permitindo a comparação de dados ecológicos em escalas espaciais e temporais amplas.

Em sua aplicação típica, o sistema RAPELD é organizado em grades ou módulos, que representam a malha de amostragem dentro de um sítio de pesquisa (Bergallo et al. 2023). Um módulo RAPELD costuma consistir de duas trilhas paralelas, frequentemente com extensão de aproximadamente 5 km cada, separadas por cerca de 1 km uma da outra, ao longo das quais as parcelas de amostragem são distribuídas de forma sistemática, geralmente com um espaçamento regular de 1 km entre parcelas (Figura 1). Esse arranjo sistemático visa garantir cobertura representativa da paisagem e possibilitar estimativas não tendenciosas da distribuição, abundância e biomassa de espécies nos sítios estudados.

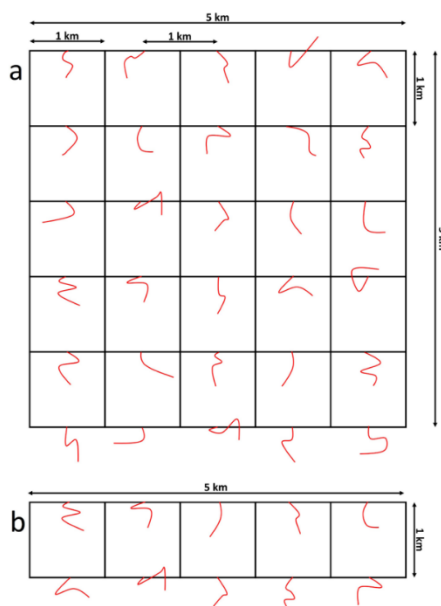


Figura 1 - Grade de 5 km x 5 km (a) e módulo de 5 km x 1 km (b), as configurações mais comuns no sistema RAPELD, mostrando a parcela RAPELD de 250 m (em vermelho) uniformemente distribuída seguindo as curvas de nível do terreno e, portanto, não são lineares. Fonte: Bergallo et al. (2023).

Tradicionalmente, as parcelas RAPELD possuem 250 m de comprimento, tomando como referência uma linha central orientada ao longo de uma curva de nível do terreno. Ao seguir essa orientação altimétrica, o desenho busca manter a variação interna de topografia e de outras variáveis correlacionadas (como solo, umidade e altitude) o mais constante possível ao longo da parcela, o que facilita a modelagem de relações entre distribuição de espécies, composição de comunidades e variáveis ambientais.

Para estudos de vegetação, o arranjo padrão de parcelas RAPELD envolve unidades retangulares com 40 × 250 m (1 ha), que são subdivididas internamente em faixas e subparcelas destinadas a diferentes classes de tamanho dos indivíduos ou formas de vida (tais como herbáceas, arbustos, arbóreas e lianas). Essas subdivisões internas foram concebidas para permitir análises detalhadas da estrutura da vegetação em seus diferentes componentes, bem como a inclusão de variáveis de interesse em estudos de dinâmica (por exemplo, recrutamento, crescimento e mortalidade) quando as parcelas são repetidamente amostradas ao longo de campanhas temporais sucessivas (Oliveira et al. 2018; Moser et al. 2019; da Silveira et al. 2025).

A distribuição sistemática de parcelas ao longo de trilhas ou módulos permite estimativas amostrais robustas e integradas de diversidade, estrutura e composição ecológica, ao mesmo tempo em que favorece comparações entre sítios e biomas distintos, uma vez que o desenho é aplicável de forma padronizada em diferentes contextos ambientais (Figura 2).



Figura 2 – Sítios de amostragem do PPBio na América do Sul, indicando a distribuição de grades e módulos implementados sob o sistema de padronização RAPELD. Fonte: Adaptado de PPBio (2012) – em construção.

3. Delineamento amostral geral para a Rede Beira-Mar: adaptações para a Restinga

3.1. O ecossistema Restinga e suas formações vegetacionais

A Restinga é um ecossistema associado à Mata Atlântica, caracterizado por comunidades vegetais que ocupam depósitos arenosos originados pelas oscilações do nível do mar durante o Quaternário (Suguio, 2010). Sua vegetação está distribuída de maneira fragmentada ao longo do litoral brasileiro e apresenta uma ampla diversidade fitofisionômica, abrangendo desde estratos herbáceos a formações florestais e áreas úmidas. Esses gradientes de vegetação organizam-se com frequência perpendicularmente à costa, sendo determinados primordialmente por condições edáficas e pela proximidade com o oceano (Scarano 2009; Magnago et al. 2010, 2013; Melo e Boeger 2015; da Silva et al. 2025).

O substrato das restingas é marcado pela escassez nutricional, típica dos solos arenosos (Scarano 2002), principalmente nas zonas mais próximas ao oceano. Nessas áreas, as comunidades vegetais são moldadas por estresses severos, incluindo insolação intensa, ventos fortes e alta salinidade, resultando em fisionomias de baixa diversidade (da Silva 2025). Nesses ambientes dominados por plantas halófitas, o hábito herbáceo é a principal resposta adaptativa à toxicidade salina e às carências do meio (Ferreira de Melo Junior e Boeger 2016), podendo ser encontradas as fisionomias Herbácea Não Inundável, Inundável ou Inundada (esta última principalmente nas áreas entre cordões), conforme Pereira e Menezes (2023).

À medida que o gradiente se afasta da costa, o aporte de serrapilheira torna-se o principal mecanismo de retroalimentação nutricional do sistema (Paula et al. 2009). A entrada de nutrientes via ventos e o incremento de matéria orgânica e ácidos húmicos criam um ambiente menos restritivo. Conseqüentemente, ocorre um aumento na riqueza de espécies e uma transição estrutural nítida: a vegetação progride em altura, partindo de fisionomias arbustivas (Arbustiva Fechada não Inundável ou Inundável, e Arbustiva Aberta não Inundável ou Inundável) até alcançar formações florestais (Florestal não Inundável, Inundável ou Inundada), ainda que o solo permaneça essencialmente arenoso (Pereira e Menezes 2023; Souza et al. 2024).

A inclusão das áreas de Restinga como sítios de pesquisa no âmbito do PPBio é uma medida estratégica para reduzir a histórica negligência científica e ambiental sobre esse ecossistema. Apesar de fornecer serviços ecossistêmicos cruciais para a proteção costeira, sobretudo no contexto de mudanças climáticas, a Restinga frequentemente é excluída das listas globais de prioridade de conservação. Por ser um ecossistema geologicamente recente, cuja biota é majoritariamente derivada de florestas tropicais adjacentes, as restingas costumam apresentar menor diversidade e endemismo que a Mata Atlântica *sensu stricto*. No entanto, a Rede Beira-Mar busca preencher as lacunas de conhecimento ao investigar a biodiversidade e a estrutura da vegetação em remanescentes da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Além de diagnosticar o estado de conservação dessas áreas, as pesquisas focam na diversidade genética, na provisão de

serviços ecossistêmicos e no potencial biotecnológico de microrganismos nativos, visando não apenas o entendimento acadêmico, mas também o desenvolvimento de estratégias aplicadas para a produção de mudas e a recuperação de áreas degradadas.

Frente à elevada heterogeneidade fisionômica e às características morfológicas locais, como o predomínio de indivíduos de pequeno porte e a ocorrência de plantas multicaulnares, típicas da Restinga, a aplicação do protocolo RAPELD nesse ecossistema exige adaptações específicas.

3.2. Estrutura geral da parcela RAPELD (40 × 250 m)

Embora o método RAPELD, em seu formato clássico, seja defendido como amplamente aplicável a diferentes tipos de vegetação e ecossistemas (Bergallo et al. 2023), a Rede Beira-Mar promoveu reuniões técnicas/científicas (Figuras 3 e 4) visando adaptar o protocolo às particularidades ecológicas, fisionômicas e edáficas do ecossistema de Restinga, de modo a garantir maior representatividade e comparabilidade entre as unidades amostrais e ainda assim não perder o poder de comparação com os demais sítios de amostragem que usam o método RAPELD.

Além disso, para aplicação nos diferentes biomas do Brasil, o método já passou por diferentes adaptações, como no Cerrado (PPBio et al. 2006). Dessa forma, no âmbito da Rede Beira-Mar, o protocolo RAPELD deverá ser aplicado com adaptações metodológicas específicas às características estruturais, florísticas e edáficas das fitofisionomias de Restinga (Tabela 1).



Figura 3 – Pesquisadores reunidos no 1º Workshop do PPBio Restinga – Rede Beira-Mar, na UFRB (Cruz das Almas, BA), em junho de 2024. O principal objetivo do encontro foi produzir o Manual Técnico de Análises da Restinga no âmbito do PPBio. Fonte: Acervo do PPBio Restinga (2024).

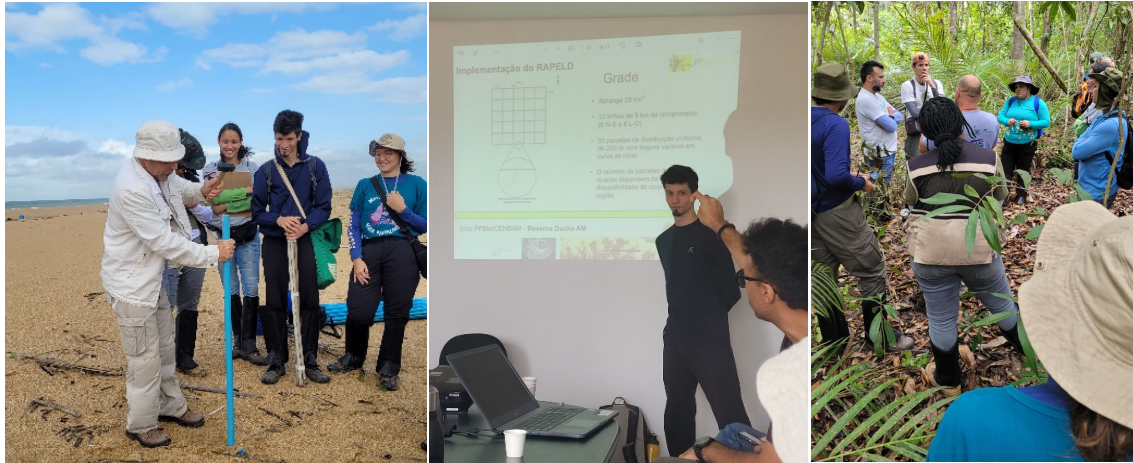


Figura 4 – Treinamento do protocolo RAPELD na Reserva Biológica de Comboios (Regência, ES), em julho de 2024. Pesquisadores das redes PPBio Restinga e PPBio Mata Atlântica durante a discussão de adaptações metodológicas para o ecossistema Restinga. Fonte: Acervo do PPBio Restinga (2024).

Tabela 1 - Comparação entre o protocolo RAPELD clássico e o protocolo RAPELD adaptado para o ecossistema de Restinga (Rede Beira-Mar).

Aspecto metodológico	RAPELD clássico	RAPELD – Rede Beira-Mar (Restinga)	Justificativa ecológica / operacional
Critério de orientação espacial das parcelas	Parcelas implantadas ao longo de curvas de nível	Parcelas implantadas integralmente dentro de uma única fitofisionomia	Na Restinga, gradientes fitofisionômicos e florísticas são mais distintas e ecologicamente relevantes do que variações altimétricas
Homogeneidade ambiental da parcela	Minimizada pelo seguimento da curva de nível	Minimizada pela permanência da parcela em uma única formação vegetal	Reduz variância interna e aumenta comparabilidade entre parcelas
Orientação dos transectos	Variável, conforme relevo local	Preferencialmente Leste-Oeste, perpendicular à linha de praia	Captura gradientes mar-continente e influência marinha
Referência espacial principal	Topografia	Linha de praia	Gradientes costeiros estruturam a vegetação de Restinga
Comprimento dos transectos	Geralmente definido previamente	Sem comprimento fixo, ajustado à largura da Restinga	Largura variável da Restinga ao longo do litoral
Distância mínima entre transectos	Geralmente ≥ 1 km	≥ 1 km	Mantém independência espacial entre unidades
Espaçamento entre parcelas ao longo do transecto	Tipicamente 1 km	250 m	Maior resolução espacial para gradientes ambientais curtos
Forma da parcela	Retilínea	Pode apresentar curvaturas controladas	Garante permanência na mesma fitofisionomia

Ajuste da parcela em mudanças ambientais	Normalmente não previsto	Curvatura, interrupção ou realocação dentro da mesma formação	Evita inclusão de transições abruptas
Dimensão da parcela	40 × 250 m	40 × 250 m	Mantém comparabilidade com outras redes PPBio
Corredor central	Presente, 1 × 250 m	Presente, 1 × 250 m	Minimiza pisoteio e compactação do solo
Critério N1 – grandes árvores	DAP ≥ 30 cm	DAP ≥ 30 cm	Mantém compatibilidade com RAPELD clássico
Critério N2 – árvores	Geralmente DAP ≥ 10 cm	DAP ≥ 4,8 cm (CAP ≥ 15 cm)	Melhor representação da estrutura arbórea da Restinga
Uso de DAS	Não obrigatório	Obrigatório em N3 (DAS ≥ 1,5 cm)	Permite amostragem das fitofisionomias tipicamente arbustivas da Restinga
Tratamento de indivíduos perfilhados	Previsto, mas pouco detalhado	Mensuração por caule e agregação por indivíduo	Alta frequência de perfilhamento na Restinga
Marcação de indivíduos perfilhados	Um número por caule	Um número por indivíduo (um caule recebe placa)	Evita numeração excessiva de perfilho, sem limitar cálculos de crescimento por indivíduo
Indivíduos conectados abaixo do solo	Tratamento variável	Considerados distintos se separados acima do solo	Necessidade de clareza conceitual e operacional devido ao alto perfilhamento de indivíduos na Restinga
Subparcelas de arbustos/lianas (N3)	Dimensões variáveis entre estudos	1,5 × 10 m, amostragem alternada	Adequação à densidade e porte da vegetação
Subparcelas herbáceas (N4)	Nem sempre explicitadas	1 × 1 m, a cada 10 m	Permite amostragem das fitofisionomias tipicamente herbáceas da Restinga
Critério de inclusão em N4	Pode incluir regenerantes	Exclusivamente herbáceas e subarbustos	Evita sobreposição entre estratos tem foco nas diferenças entre formas de vida predominantes em cada fitofisionomias
Definição do estrato regenerante	Variável	Não amostrado em N4	Separação conceitual clara entre formas de vida
Posicionamento das subparcelas N3 e N4	Não padronizado	Porção interna do Corredor Central	Organização espacial e gradiente mar–continente
Foco principal	Aplicação ampla em diferentes biomas	Adequação fina a gradientes costeiros	Maximiza robustez ecológica, mas mantendo a comparabilidade

A principal adaptação consiste na substituição do critério clássico de implantação das parcelas ao longo das curvas de nível pelo uso da fitofisionomia como elemento orientador da instalação da unidade amostral. Tal modificação fundamenta-se

no fato de que, em ambientes de Restinga, as variações topográficas são, em geral, suaves e pouco abruptas quando comparadas a outros ecossistemas (por exemplo, as florestas de encosta e os campos rupestres). Em contrapartida, as mudanças fitofisionômicas na Restinga são bem definidas e facilmente reconhecíveis em campo, tanto do ponto de vista estrutural quanto florístico, permitindo a delimitação consistente, reprodutível e ecologicamente coerente das parcelas permanentes.

A adoção da fitofisionomia como critério de orientação espacial das parcelas de 40 × 250 m visa garantir maior homogeneidade ambiental interna da unidade amostral (variância dentro da parcela), aumentando a comparabilidade estrutural, florística e funcional entre parcelas da Rede Beira-Mar (maior variância entre parcelas). As fitofisionomias da Restinga estão fortemente associadas a condições edáficas específicas, à posição relativa aos cordões arenosos e à distância da linha de praia, refletindo gradientes de influência marinha, salinidade, lençol freático e regimes de distúrbio associados à maré e à ação dos ventos (Scarano 2009; Magnago et al. 2010, 2013; Santos-Filho et al. 2013; Melo e Boeger 2014; da Silva et al. 2025). Dessa forma, o uso da fitofisionomia como guia para a implantação das parcelas atende ao mesmo pressuposto ecológico que orienta o uso das curvas de nível no RAPELD clássico, ao minimizar a variabilidade ambiental não controlada ao longo do eixo principal da parcela.

Ao assegurar que cada parcela seja instalada integralmente dentro de uma única formação vegetal, reduz-se a variabilidade associada a transições abruptas entre fitofisionomias ao longo de sua extensão, o que contribui para análises mais robustas de estrutura, diversidade, dinâmica e estoques de biomassa e carbono. Essa abordagem tende a reduzir a variância interna das parcelas e, conseqüentemente, a aumentar o poder discriminatório entre as diferentes formações vegetacionais amostradas, fortalecendo inferências ecológicas comparativas e aumentando o poder estatístico e teste de hipóteses ecológicas (Zar 2010; Legendre e Legendre 2012) no âmbito da Rede Beira-Mar.

Essa adaptação metodológica proporciona, além dos ganhos nos estudos ecológicos, vantagens logísticas e operacionais relevantes, ao facilitar a implantação das parcelas, seu reconhecimento em campo e sua remedição ao longo do tempo. Esse conjunto de fatores reforça a viabilidade do monitoramento ecológico de longo prazo em ambientes de Restinga, objetivo central da Rede Beira-Mar.

Como o comprimento e largura da Restinga ao longo do litoral é bastante variado devido diferentes influências de rios, ilhas, afloramentos rochosos e reentrâncias da linha de costa (Dominguez 2006; 2009; Suguio 2010), os transectos deverão ser estabelecidos como linhas de orientação sem comprimento previamente definido, implantadas preferencialmente no sentido Leste–Oeste, de forma aproximadamente perpendicular à linha de praia. Assim, a linha de praia deve ser sempre a referência espacial para a instalação dos transectos e das parcelas permanentes. Os pontos iniciais para o estabelecimento dos transectos deverão ser definidos de forma integrada entre a

equipe de Georreferenciamento, a Coordenação do sítio de amostragem e o Comitê Gestor da Rede, considerando critérios de representatividade ambiental, acessibilidade e segurança. A distância mínima entre transectos deverá ser de 1 km, não sendo estabelecido um limite máximo, desde que mantida a coerência espacial e a comparabilidade entre sítios. Por sua vez, a distância entre parcelas consecutivas de um mesmo transecto deverá ser de 250 m (e não 1000 m, conforme o método clássico). Tais parcelas serão implantadas a partir da linha de praia e dispostas paralelamente a ela.

Como já descrito, cada parcela deverá abranger exclusivamente uma única fitofisionomia, permanecendo integralmente restrita a ela ao longo de toda a sua extensão. Caso ocorra mudança de fitofisionomia antes do término da extensão total da parcela, a direção da linha central deverá ser ajustada de modo a garantir sua permanência dentro da mesma formação vegetacional (Figura 5). Para isso, deverão ser adotadas, preferencialmente, uma das seguintes alternativas: (i) curvar a linha central da parcela, adotando o ângulo mais aberto possível e o mais próximo possível da direção paralela à linha de praia; caso o ângulo entre a direção anterior e a nova direção seja inferior a 90° , a subparcela correspondente (10×20 m) deverá ser desconsiderada da amostragem; (ii) interromper a parcela no ponto de mudança de fitofisionomia e restabelecê-la em outro local dentro da mesma formação; ou (iii) estender a parcela a partir do ponto inicial (P0) para o lado direito do transecto. A linha central da parcela também poderá apresentar curvatura sempre que necessário para garantir a segurança da equipe de marcação ou de amostragem, como em situações de declividade acentuada ou obstáculos naturais.



Figura 5 – Exemplo de adaptação do delineamento de uma parcela permanente (40×250 m) para assegurar sua manutenção em fitofisionomia de Floresta Não Inundável em Restinga. As curvaturas (indicadas pelas setas vermelhas) da linha central foram implementadas para evitar a transição para a fisionomia arbustiva aberta,

priorizando ângulos que acompanham a linha de costa. Os marcadores amarelos representam os piquetes da linha central em intervalos de 10 m.

Para a amostragem de diferentes componentes da vegetação, as parcelas permanentes de 40 × 250 m deverão ser subdivididas internamente em subáreas de dimensões específicas, conforme descrito nas seções subsequentes deste protocolo. No eixo longitudinal central de cada parcela deverá ser instalado o Corredor Central (CC) com dimensões de 1 × 250 m, destinado exclusivamente à circulação da equipe de campo, com o objetivo de minimizar os efeitos do pisoteio e da compactação do solo sobre a vegetação amostrada.

3.2.1. Subparcelas de grandes árvores (40 × 250 m; DAP ≥ 30 cm) – N1

A amostragem de indivíduos arbóreos de grande porte (DAP ≥ 30 cm) deverá corresponder à largura total da parcela permanente (40 m por 250 m), abrangendo assim 20 m para cada lado do corredor central (Figura 6). Essa faixa constitui uma unidade amostral contínua, inserida integralmente dentro de uma única fitofisionomia.

Para fins exclusivamente logísticos e operacionais de campo (ou quaisquer demais interesses técnico/científicos), essa faixa deverá ser subdividida virtualmente ao longo de seu eixo longitudinal em segmentos consecutivos de 40 × 10 m, estabelecidos a cada 10 m. Essas subdivisões não configuram unidades amostrais independentes, devendo ser utilizadas apenas como referência para a organização da amostragem, marcação e conferência dos dados em campo.

Nessa faixa deverão ser incluídos todos os indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou superior a 30 cm, os quais deverão ser mensurados e registrados ao longo de toda a extensão da faixa, independentemente da subdivisão logística adotada.

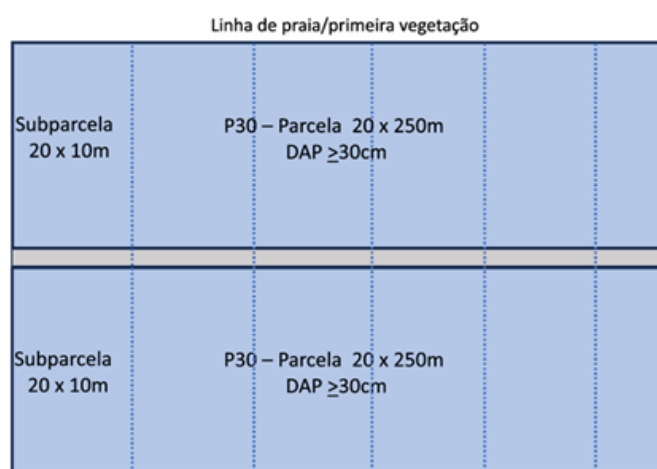


Figura 6 - Faixa para amostragem de espécies arbóreas (em azul), com DAP ≥ 30 cm nas Parcelas Permanentes em vegetação de Restinga, PPBIO Restinga – Rede Beira-Mar.

Para indivíduos arbóreos que apresentem múltiplos caules (perfilhados), cada caule deverá ser mensurado individualmente, desde que apresente diâmetro mínimo de 1 cm a 1,30 m do solo e não seja parte da copa, mas sim do tronco (Figura 7). O diâmetro de cada caule deve ser registrado separadamente, uma vez que os cálculos de área basal, biomassa e estoque de carbono serão realizados em nível de perfilho e posteriormente somados em nível de indivíduo.

Para fins de identificação e marcação em campo, apenas um dos caules do indivíduo deverá receber a placa de identificação, a qual representará o indivíduo como um todo. Cada caule deverá ser registrado em uma linha distinta da planilha de campo, mantendo-se a repetição do número da placa. Sendo assim, qualquer cálculo de crescimento deverá ser feito ao nível de indivíduo e não de caule ou fuste.

Esse procedimento reflete a alta frequência de indivíduos intensamente perfilhados na vegetação de Restinga e permite a quantificação estrutural e funcional adequada dos indivíduos, sem superestimar o número de árvores, ao mesmo tempo em que preserva a precisão dos cálculos de biomassa, carbono e área basal por indivíduo mensurado.

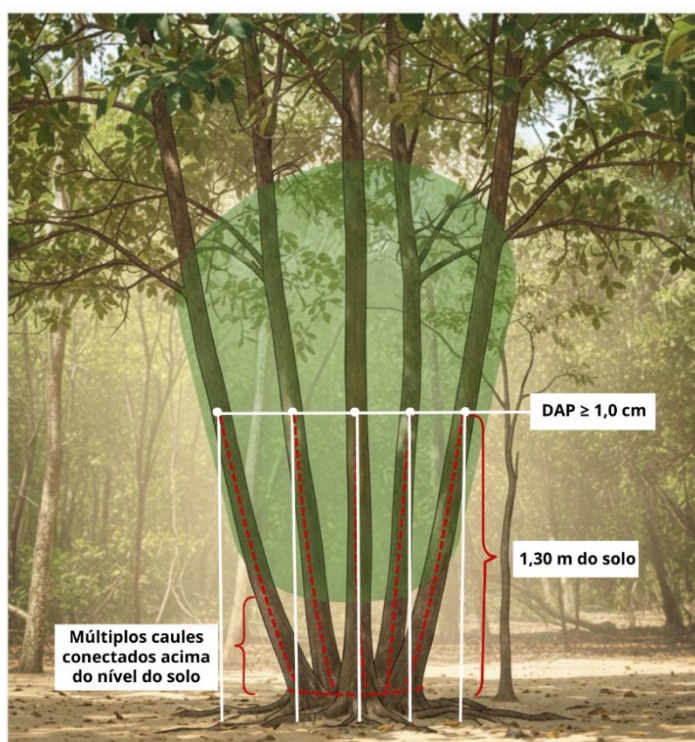


Figura 7 - Esquema de medição de Diâmetro à Altura do Peito (DAP) em indivíduo com múltiplos caules. Cada perfilho com diâmetro ≥ 1 cm a 1,30 m do solo é mensurado individualmente, excluindo-se ramificações da copa.

Para árvores que apresentem sapopemas, a circunferência deverá ser medida imediatamente acima das sapopemas, respeitando a posição mais próxima possível da altura de referência adotada para o DAP. Indivíduos que apresentem separação acima do

nível do solo deverão ser considerados indivíduos distintos, mesmo que exista conexão abaixo do nível do solo.

3.2.2. Subparcelas de arbóreas (20 × 250 m; DAP ≥ 4,8 cm) – N2

As subparcelas destinam-se à amostragem de indivíduos arbóreos e deverão apresentar dimensões de 20 × 250 m, correspondendo a 10 m de largura para cada lado do corredor central da parcela (Figura 8). Nessas subparcelas deverão ser incluídos todos os indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou superior a 4,8 cm, garantindo compatibilidade com análises estruturais clássicas, como densidade, área basal e biomassa.

Assim como no nível anterior, apenas para fins logísticos e operacionais de campo (ou quaisquer demais interesses técnico/científicos), essa também deverá ser subdividida virtualmente ao longo de seu eixo longitudinal em segmentos consecutivos de 20 × 10 m, estabelecidos a cada 10 m. Assim como descrito, essas subdivisões não configuram unidades amostrais independentes, devendo ser utilizadas apenas como referência para a organização da amostragem, marcação e conferência dos dados em campo.

O critério de inclusão adotado neste protocolo é inferior ao tradicionalmente utilizado no RAPELD clássico, refletindo uma adaptação necessária às características estruturais da vegetação de Restinga. Em comparação com florestas amazônicas ou com a Floresta Atlântica Ombrófila, a Restinga apresenta menor frequência e densidade de indivíduos arbóreos de grande porte. Nesses ecossistemas florestais mais altos e densos, o critério de DAP ≥ 10 cm é amplamente considerado suficiente para representar a composição e a estrutura arbórea das unidades amostrais (Gentry 1982; Scolforo 1998). Em contrapartida, na Restinga, a maior parte dos levantamentos quantitativos da vegetação arbórea adota como padrão o critério de DAP ≥ 4,8 cm, ou, de forma operacional em campo, circunferência à altura do peito (CAP) ≥ 15 cm, por melhor representar a estrutura e diversidade arbórea efetivamente estabelecida nesse ecossistema (Assis et al. 2004; 2011). A adoção desse critério assegura maior sensibilidade do protocolo para captar variações estruturais e florísticas típicas da Restinga, sem comprometer a comparabilidade com os demais biomas amostrados com o método RAPELD clássico.

As instruções sobre indivíduos arbóreos que apresentem múltiplos caules (perfilhados), marcação de indivíduos, árvores com sapopemas e indivíduos que apresentem separação acima do nível do solo, seguem o que está descrito na seção 3.2.1 (N1) deste protocolo.

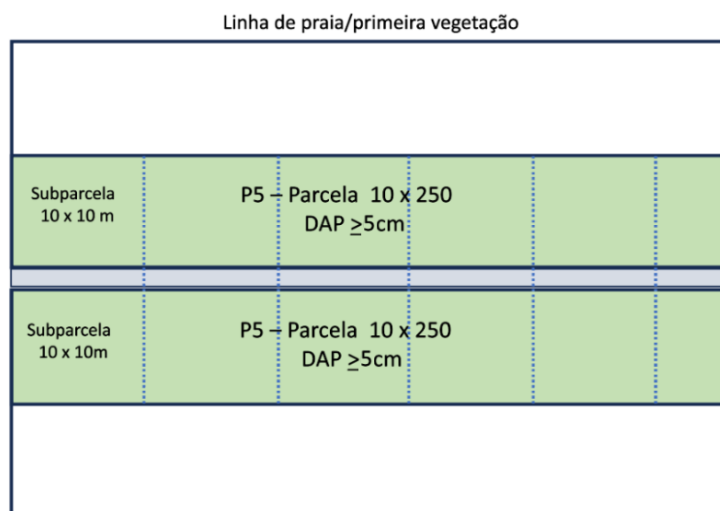


Figura 8 - Faixa para amostragem de espécies arbóreas (em verde), com $DAP \geq 5$ cm nas Parcelas Permanentes em vegetação de Restinga, PPBIO Restinga – Rede Beira-Mar.

3.2.3. Subparcelas de arbustos e lianas lenhosas (1,5 m × 10 m; $DAS \geq 1,5$ cm) – N3

As subparcelas destinadas à amostragem de arbustos, indivíduos lenhosos de pequeno porte e lianas lenhosas deverão estar localizadas, em relação à linha de praia, na parte interna do corredor central (Figura 9). Cada subparcela deverá apresentar dimensões de 1,5 m × 10 m. Essas deverão ser instaladas a cada 10 m ao longo do eixo longitudinal da parcela, iniciando-se no ponto zero da parcela de 40 m por 250 m. Assim, a amostragem deverá ocorrer de forma alternada, de modo que a primeira subparcela seja amostrada, a segunda não, e assim sucessivamente, totalizando 13 subparcelas amostradas ao longo dos 250 m da parcela.

Nessas subparcelas deverão ser incluídos todos os indivíduos lenhosos de pequeno porte, incluindo arbustos e lianas lenhosas, com diâmetro à altura do solo (DAS) igual ou superior a 1,5 cm e diâmetro à altura do peito (DAP) inferior a 4,8 cm. O uso do DAS, medido a 10 cm do solo, deverá ser adotado de forma obrigatória nesta unidade amostral, em função do porte reduzido, da arquitetura irregular e do frequente perfilhamento das espécies de Restinga. Indivíduos com $DAP \geq 4,8$ cm não deverão ser incluídos, uma vez que já são contemplados nas faixas contínuas correspondentes.

Para cada indivíduo incluído deverão ser registrados o DAS (cm), a altura total (m), a altura do fuste (m), a condição do indivíduo (vivo ou morto em pé) e observações estruturais relevantes. Indivíduos mortos em pé deverão ser incluídos; indivíduos mortos caídos não deverão ser amostrados.

As instruções sobre indivíduos arbóreos que apresentem múltiplos caules (perfilhados), marcação de indivíduos, e indivíduos que apresentem separação acima do nível do solo, seguem o que está descrito na seção 3.2.1 (N1) deste protocolo.

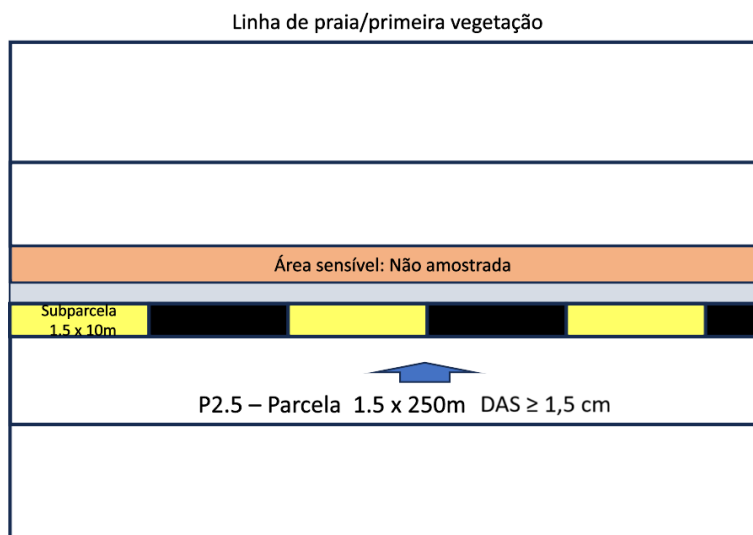


Figura 9 - Faixa para amostragem de arbustos e lianas lenhosas com $DAS \geq 1,5$ cm nas Parcelas Permanentes em vegetação de Restinga, PPBIO Restinga – Rede Beira-Mar.

3.2.4. Subparcelas de vegetação herbácea e subarbustiva (1 m^2) - N4

Essas unidades amostrais devem ser alocadas considerando o gradiente mar–continente como referência espacial, posicionando-se sempre na porção mais interna da parcela em relação ao mar, adjacente ao corredor central e correspondente à faixa N3.A amostragem deverá ser realizada por meio de subparcelas de $1 \times 1 \text{ m}$ (Figura 10), as quais deverão ser instaladas sistematicamente a cada 10 m, iniciando-se no ponto zero da parcela de 40 m por 250 m. Dessa forma, deverão ser amostradas 25 subparcelas ao longo dos 250 m da parcela permanente.

Nessas subparcelas deverão ser incluídos todos os indivíduos pertencentes a espécies subarbustivas (com $DAS < 1,5 \text{ cm}$) e herbáceas, bem como espécies que, independentemente do diâmetro, se enquadrem fisionomicamente nesse estrato, como cactáceas globosas (ex.: *Melocactus violaceus*).

Para cada subparcela deverão ser estimadas as coberturas totais (%) de cada espécie, bem como registrada a altura máxima (m) de cada espécie presente dentro da subparcela de $1 \times 1 \text{ m}$. As estimativas de cobertura deverão ser expressas em valores inteiros entre 0 e 100%, utilizando-se intervalos de 5%, sendo 1% adotado como o menor valor possível quando a espécie estiver presente com cobertura muito reduzida. A

densidade será feita pela contagem do indivíduo ecológico (ex.: bromélias - cada roseta será um indivíduo; *Melocactus violaceus* – cada coroa será considerado um indivíduo).

É importante ressaltar que esse nível de inclusão não corresponde ao estrato regenerante das fisionomias, tampouco tem o objetivo de amostrar plântulas ou juvenis de espécies arbóreas. As subparcelas de 1×1 m destinam-se exclusivamente à amostragem das formas de vida herbáceas e subarborescentes, que constituem um componente estrutural e funcional próprio das fisionomias de Restinga.

Esse procedimento assegura a separação conceitual e operacional entre os diferentes estratos amostrados, evitando sobreposição com as subparcelas destinadas aos indivíduos lenhosos de pequeno porte ($1,5 \times 10$ m) e garantindo maior consistência na coleta, análise e comparação dos dados ao longo das parcelas e entre os sítios da Rede Beira-Mar.

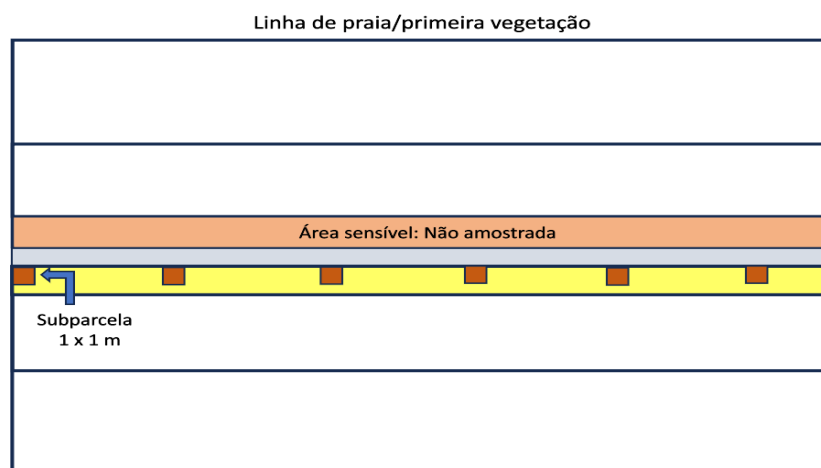


Figura 10. Faixa com parcelas de 1×1 m (marrom), para amostragem de espécies de ervas e subarborescentes com $DAS < 1,5$ cm, nas Parcelas Permanentes em vegetação de Restinga, PPBIO Restinga – Rede Beira-Mar.

3.2.5. Corredor central de acesso e exclusão amostral

Cada parcela deverá possuir um Corredor Central (CC) com dimensões de 1×250 m, destinado exclusivamente à circulação da equipe de campo. Nenhum indivíduo vegetal deverá ser mensurado dentro dessa área, caracterizando-a como área de exclusão amostral, com o objetivo de minimizar impactos por pisoteio e compactação do solo.

3.3. Marcação, georreferenciamento e monitoramento

As parcelas e subparcelas dos níveis de N1, N2 e N3 devem ser permanentemente demarcadas com estacas, piquetes ou marcos adequados. O início e o fim de cada parcela devem ser georreferenciados com GPS.

A periodicidade recomendada de remediação é de três a cinco anos, podendo ser ajustada conforme os objetivos específicos do projeto. Censos extraordinários podem ser realizados após eventos de distúrbio.

3.4. Controle de qualidade e padronização da equipe

A equipe de campo deve ser previamente treinada quanto aos critérios de inclusão, mensuração e identificação botânica. Os instrumentos de medição devem ser padronizados e calibrados. A identificação botânica deve ser revisada sempre que possível, e os dados coletados devem ser conferidos ainda em campo para evitar inconsistências. Todo material coletado em estágio fértil deverá ser herborizado seguindo os procedimentos usuais do trabalho botânico e depositado em herbários registrados na Rede Brasileira de Herbários (RBH) vinculados às instituições parceiras que sediam os respectivos sítios de amostragem. As exsicatas devem ser devidamente etiquetadas com os dados de procedência (coordenadas geográficas, fitofisionomia e coletores) e identificadas até o menor nível taxonômico possível, seguindo o sistema de classificação APG IV (The Angiosperm Phylogeny Group et al. 2016). Sempre que possível, duplicatas devem ser enviadas a especialistas para confirmação taxonômica, garantindo a acurácia da listagem florística e a rastreabilidade dos *vouchers*.

3.5. Passo a passo para a instalação nas Parcelas Permanentes nos sítios de amostragem

- a) **Marcar o ponto de início do transecto (previamente estabelecido) a partir da primeira linha da vegetação. Fincar estaca.**

Linha de praia/primeira vegetação



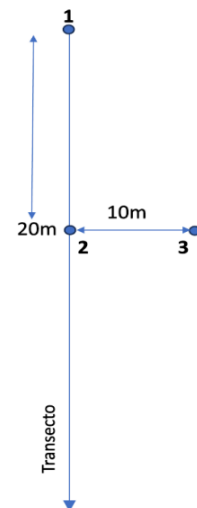
- b) Marcar 20 m a partir do ponto de início do transecto. Esse ponto definirá a altura da linha central da primeira parcela. Fincar estaca.

Linha de praia/primeira vegetação

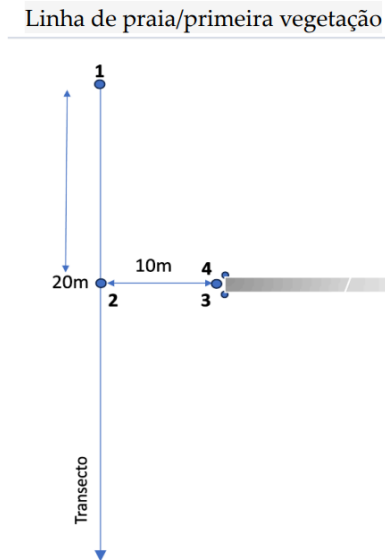


- c) Marcar 10 m à esquerda do transecto. Esse será o ponto de início da linha central da parcela. Obs.: Todas as parcelas ficarão 10 m à esquerda do transecto.

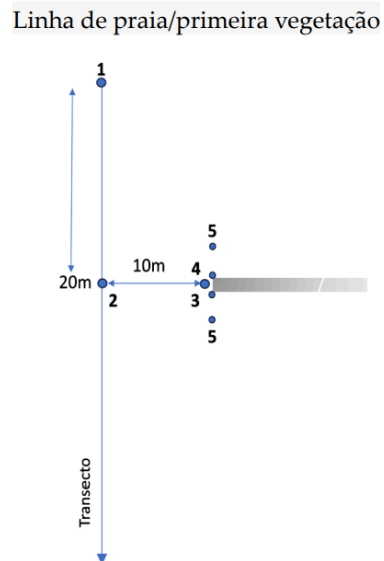
Linha de praia/primeira vegetação



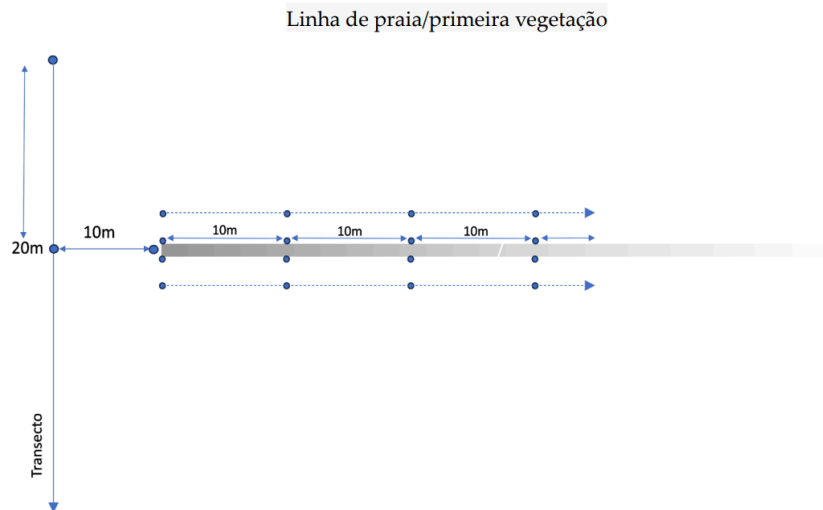
- d) Marcar 0,5 m de cada lado do ponto anterior e fincar duas estacas definindo, assim, o Corredor Central (1 m de largura). Este corredor se estenderá ao longo dos 250 m de comprimento da parcela.



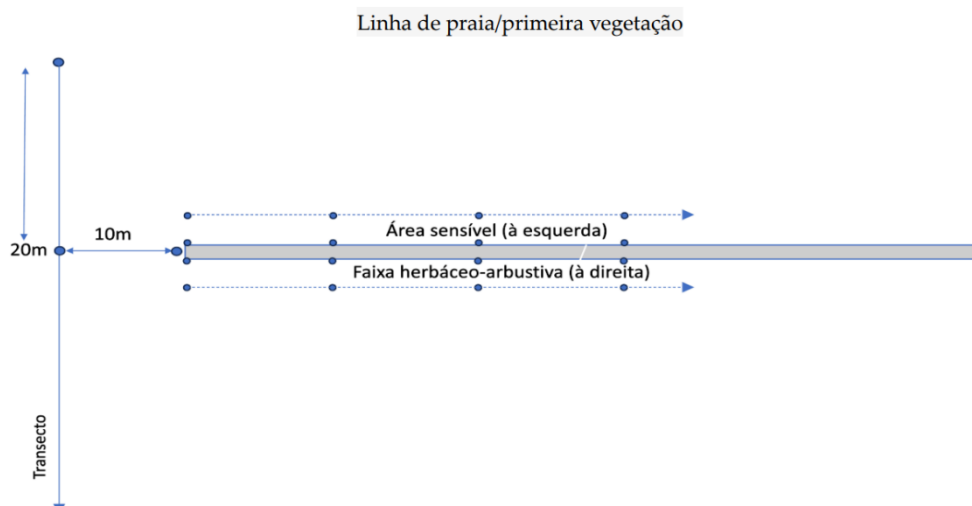
- e) A partir do corredor central, marcar 1,5 m para cada lado, definindo os limites da área sensível e da faixa herbáceo-arbustiva.



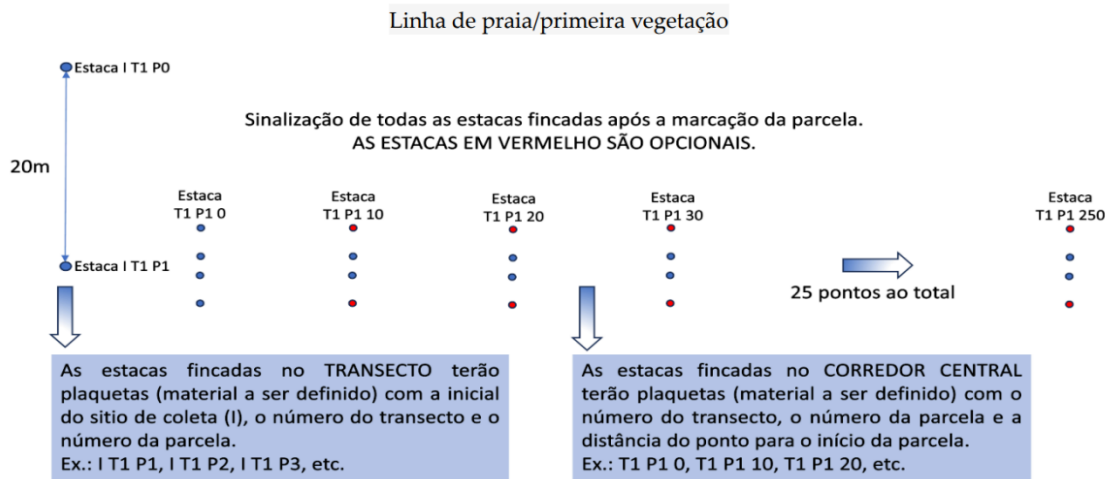
- f) Marcar novas estacas a cada 10 m sobre a linha central, delimitando o corredor central. Obs.: As estacas que delimitam as faixas laterais (faixa sensível e herbáceo / arbustiva) são opcionais.



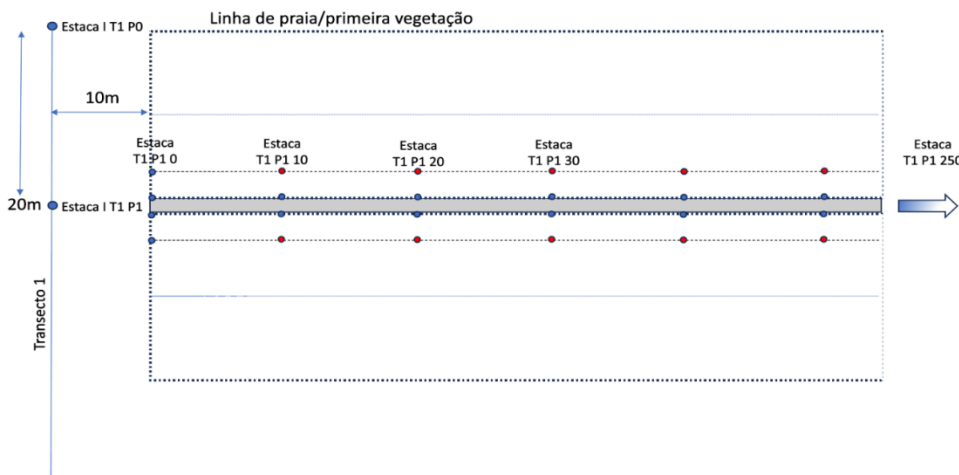
- g) Estender o fitilho delimitando o corredor central de forma permanente ou provisória (durante as medições de campo).



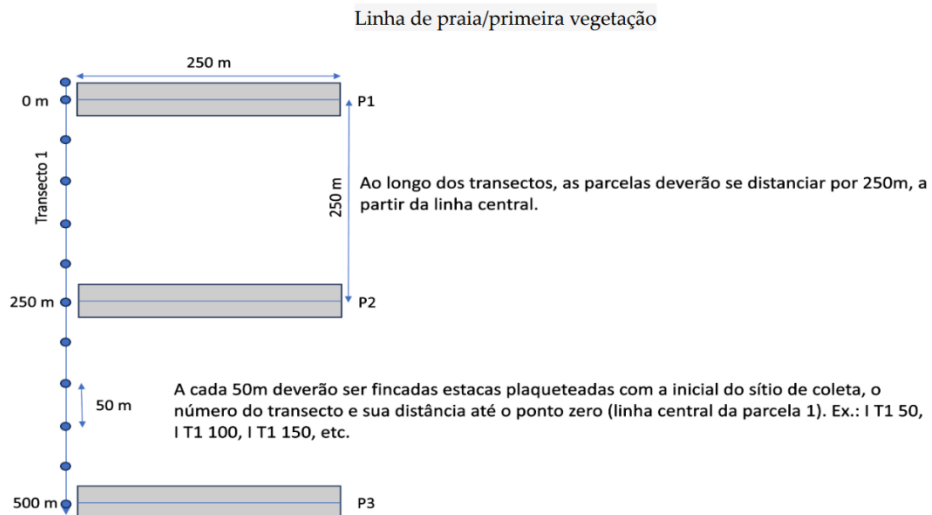
3.5.1. Orientação para a legenda das plaquetas sinalizando cada ponto estaqueado



3.5.2. Modelo de parcela instalada e sinalizada



3.5.3. Disposição das parcelas ao longo dos transectos



4. Referências

- Assis AM, Pereira OJ, Thomaz LD (2004) Fitossociologia de uma floresta de restinga no Parque Estadual Paulo César Vinha, Setiba, município de Guarapari (ES). *Braz. J. Bot.* 27(2):349-361
- Assis MA, Prata EMB, Pedroni F, et al (2011) Florestas de restinga e de terras baixas na planície costeira do sudeste do Brasil: vegetação e heterogeneidade ambiental. *Biota Neotrop.* 11(2):103-121
- Baker TR, Phillips OL, Malhi Y, et al (2004) Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 359(1443):353–365
- Bergallo HG, Rosa C, Ochoa AC, et al (2023) Long-term Ecological Research: Chasing fashions or being prepared for fashion changes? *An. Acad. Bras. Cienc.* 95:e20230051
- da Silva TR, Antunes TJ, Magnago LFS (2025) Influência do solo sobre a riqueza e composição em gradiente fitofisionômico de Restinga no Sudeste do Brasil. *Paubrasilia* 8(Supl):e206s
- da Silveira TC, Saiter FZ, Siqueira GS, et al (2025) How Does the Edge Effect from a Highway Impact the Structure and Floristic Diversity of the Singular Tabuleiro Forest?. *For. Sci.* 71:895–916
- Dominguez JML (2006) The coastal zone of Brazil: an overview. *J. Coast. Res.* SI 39:16-20
- Dominguez JM (2009) The coastal zone of Brazil. In: *Geology and geomorphology of holocene coastal barriers of Brazil*. Springer, Berlin, pp 17-51
- Ferreira de Melo Junior JC, Torres Boeger MR (2016) Leaf traits and plastic potential of plant species in a light-edaphic gradient from restinga in southern Brazil. *Acta Biol. Colomb.* 21(1):51-62
- Gardner TA, Barlow J, Araujo IS, et al (2008) The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecol. Lett.* 11(2):139–150
- Gaston KJ (2000) Global patterns in biodiversity. *Nature* 405(6783):220–227
- Gentry AH (1982) Patterns of neotropical plant species diversity. *Evol. Biol.* 15:1-84
- Legendre P (1993) Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? *Ecology* 74(6):1659–1673
- Legendre P, Legendre L (2012) *Numerical Ecology*. Elsevier 24:1-1006
- Magnago LFS, Martins SV, Schaefer CEG, et al (2010) Gradiente fitofisionômico-edáfico em formações florestais de Restinga no Sudeste do Brasil. *Acta Bot. Bras.* 24(3):734-746

- Magnago LFS, Martins SV, Schaefer CEGR, et al (2013) Structure and diversity of restingas along a flood gradient in southeastern Brazil. *Acta Bot. Bras.* 27(4):801-809
- Magnusson WE, Lima AP, Luizão R, et al (2005) RAPELD: a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. *Biota Neotrop.* 5(2):1–6
- Magurran AE, Baillie SR, Buckland ST, et al (2010) Long-term datasets in biodiversity research and monitoring: Assessing change in ecological communities through time. *Trends Ecol. Evol.* 25(10):574–582
- Melo JCF, Boeger MRT (2015) Riqueza, estrutura e interações edáficas em um gradiente de restinga do Parque Estadual do Acaraí, Estado de Santa Catarina, Brasil. *Hoehnea* 42(2):207-232
- Moser P, Simon MF, de Medeiros MB, et al (2019) Interaction between extreme weather events and mega-dams increases tree mortality and alters functional status of Amazonian forests. *J. Appl. Ecol.* 56(12):2641-2651
- Moulatlet GM, Ambriz E, Guevara J, et al (2021) Multi-taxa ecological responses to habitat loss and fragmentation in western Amazonia as revealed by RAPELD biodiversity surveys. *Acta Amaz.* 51(3):234-243
- Oliveira WL, Medeiros MB, Simon MF, et al (2018) The role of recruitment and dispersal limitation in tree community assembly in Amazonian forests. *Plant Ecol. Divers.* 11(1):1-12
- Paula RR, Pereira MG, Menezes LFT, et al (2009) Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na ilha da Marambaia, RJ. *Ciênc. Florest.* 19(2):139-148
- Pereira OJ, Menezes LFT (2023) Restinga no Espírito Santo: vegetação, flora e distribuição geográfica das espécies. 1st ed. Rupestre, Belo Horizonte
- Phillips OL, Vásquez Martínez R, Núñez Vargas P, et al (2003) Efficient plot-based floristic assessment of tropical forests. *J. Trop. Ecol.* 19(6):629-645
- PPBio, Barbosa RI, Araújo ACO, Melo MC (2006) Protocolo para amostragem da vegetação lenhosa nas parcelas permanentes de savanas do PPBio em Roraima. PPBio/MCT
- PPBio Restinga – Rede Beira-Mar (2026) Sítios de Coleta. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/ppbio/sitios-de-coleta>. Acesso em: 09 fev. 2026
- Scarano FR (2002) Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. *Ann. Bot.* 90(4):517-524

Scarano FR (2009) Plant communities at the periphery of the Atlantic rain forest: rare-species bias and its risks for conservation. *Biol. Conserv.* 142(6):1201-1208

Scolforo JRS (1998) Manejo florestal. UFLA/FEPE, Lavras

Souza V, Sampaio D, Toledo CP, et al (2025) Guia das plantas das dunas e restingas. LPE, ISBN 978-65-81241-02-5

Suguio K (2010) Geologia do Quaternário e mudanças ambientais. Oficina de Textos, São Paulo

The Angiosperm Phylogeny Group, Chase MW, Christenhusz MJ, et al (2016) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot. J. Linn. Soc.* 181(1):1–20

Zar JH (1999) Biostatistical analysis. Prentice-Hall Inc, New Jersey