

# AVALIAÇÃO DE INDICADORES DA RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA NO DISTRITO FEDERAL E EM MATO GROSSO

## Autores

DANIEL LUIS MASCIA VIEIRA, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

*Ecólogo, Dr. em Ecologia – responsável pela orientação, análise de dados e revisão dos relatórios.*

PAOLO ALESSANDRO RODRIGUES SARTORELLI, Baobá Florestal.

*Engenheiro Florestal, especialista em Restauração – responsável pela coleta e análise de dados e elaboração do relatório sobre o MT.*

ARTUR DE PAULA SOUSA, RESTAURAR Consultoria Ambiental.

*Engenheiro Florestal, Msc. Ciências Florestais – responsável pela coleta e análise de dados e elaboração do relatório sobre o DF.*

GUSTAVO MARIANO REZENDE, Autônomo.

*Biólogo, Msc. Ecologia – responsável pela coleta e análise de dados sobre o DF.*

---

## INTRODUÇÃO

---



Em 2012 foi instituída a Lei nº12.651 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (BRASIL, 2012). Esta lei criou o Cadastro Ambiental Rural (CAR) que, por meio de uma plataforma nacional online, proprietários de terra cadastram suas propriedades, identificando em polígonos as áreas de Uso Alternativo (UA), Reserva Legal (RL) e Área de Preservação Permanente (APP). A lei também criou o Programa de Regularização Ambiental (PRA) no qual são reconhecidos os polígonos de RLs e APPs sem vegetação nativa, o que vem gerando um aumento na demanda por recomposição da vegetação nativa. Em todo o país, para cumprir com a legislação vigente, proprietários de terra devem recuperar 4,5 milhões de hectares somente em APPs ripárias (Soares-Filho et al., 2014). Para a implantação destes instrumentos legais, os estados e o Distrito Federal devem regulamentá-los. A principal tendência nas unidades da federação é que não só a regularização ambiental como todos os projetos que envolvam a recomposição de vegetação sejam aprovados com base nos resultados, avaliados pelos órgãos estaduais de meio ambiente ao longo do tempo, e não apenas pela concepção do projeto, implantação e manutenção. Essa mudança de paradigma surge em consequência do acúmulo prático e científico sobre restauração ecológica, particularmente no estado de São Paulo, que passa da avaliação de critérios de implantação e manejo inicial para critérios de desenvolvimento da vegetação em um prazo de até 20 anos (veja a evolução nas Resoluções SMA nº47, de 26/11/2003, SMA nº08, de 07/03/2007 e SMA nº32, de 03/04/2014; análise em Chaves et al., 2015; Durigan et al., 2010).

Os estados de São Paulo, Bahia, Acre, Pará e Rondônia (e agora Mato Grosso e Distrito Federal) optaram por PRAs mais pragmáticos. Anteriormente eram analisadas e fiscalizadas as implantações e os dois primeiros anos de desenvolvimento de projetos de reflorestamento, baseadas em decisões subjetivas de agentes de fiscalização, que exigiam muitos documentos, tempo para autorizar a implantação do projeto e um curto espaço de tempo para avaliar a efetividade do plantio (Brancaion et al., 2016; Chaves et al., 2015). Atualmente, nesses estados, o papel do governo é de promover um ambiente legal, transparente e simples para agricultores e profissionais, onde são informados os resultados esperados da restauração, e que permite que tanto os agentes públicos como os responsáveis pela recomposição compreendam e apliquem a legislação e o próprio processo de restauração (Chaves et al. 2015; Brancaion et al. 2016).

Diante dessa nova proposta para elaboração dos projetos de recomposição, os agricultores e outros responsáveis pela recomposição decidem os métodos e apenas comunicam em um sistema auto-declaratório baseado em web (Brancaion et al. 2016). A escolha do método mais apropriado reduz os custos da restauração, ao permitir a regeneração natural, ao invés de apenas usar plantios de restauração caros para cumprir requisitos legais nos primeiros dois anos (Chaves et al. 2015). A nova abordagem está mais próxima da realidade da recomposição da vegetação nativa, que consiste de um processo de médio a longo prazo, com alta probabilidade de falhas e uma necessidade constante de monitoramento e ações corretivas, ou manejo adaptativo (Aronson et al. 2011, Chaves et al. 2015, Brancaion et al. 2016).

A partir de então, projetos de recomposição da vegetação nativa serão analisados e fiscalizados seguindo critérios de parâmetros da vegetação em restauração. Tais parâmetros devem alcançar valores mínimos para que a recomposição da vegetação seja aprovada pelo órgão de meio ambiente estadual. Os indicadores de vegetação devem traduzir corretamente a situação atual do ecossistema e permitir que sejam feitas previsões quanto à capacidade da vegetação em manter a trajetória sucessional. Os indicadores de restauração devem demonstrar a gradual recuperação da biodiversidade, dos processos ecológicos e dos serviços ecossistêmicos (Suding, 2011). É importante também que sejam de fácil aplicabilidade, de forma a consumir menor esforço na coleta das informações em campo e possível de ser amostrado por qualquer pessoa com um treinamento simples (Durigan et al., 2016).

Os valores dos parâmetros estabelecidos como meta podem ser os mesmos da vegetação madura, ou valores que se aproximam da vegetação madura (SER 2004), embora outras metas, como aumento de resiliência e dos serviços ecossistêmicos, mais complexas de medir, vêm sendo sugeridas (Suding, 2011). Considerando a restauração da vegetação nativa (como prevista no Código Florestal), os valores de referência do ecossistema maduro são alcançáveis em décadas ou séculos. Por exemplo, a restauração da área basal ou da altura da floresta pode ser alcançada em 50 a 100 anos em florestas tropicais, mas a composição de espécies pode demorar séculos (Chazdon et al., 2007; Poorter et al., 2016). É preciso buscar atributos e valores de sucesso inicial, que indiquem que a dinâmica do ecossistema em restauração será sustentável sem mais intervenções na área.

Para fins de fiscalização e entrega das áreas em recomposição, é importante que as metas estabelecidas sejam alcançáveis o mais cedo possível, tornando os processos mais ágeis. O Código Florestal, acompanhado pela legislação paulista, por exemplo, dão um prazo de até 20 anos para regularização ambiental, mas empresas e proprietários rurais buscam concluir em prazos de 2 a 3 anos. De qualquer maneira,

os prazos estipulados são mais curtos do que o tempo de restauração efetiva; quando os atributos alcançam os valores de referência. Se houver indicadores que medidos aos 3-10 anos possibilitem prever o sucesso ou fracasso da restauração após 20 anos, a aprovação das atividades de restauração pode ser encurtada. O sucesso é o alcance de um mínimo recobrimento de complexidade ecológica que permite a auto-organização e sustente os processos ecológicos que promovam o desenvolvimento da estrutura, composição e função do ecossistema (Chaves et al., 2015).

A Resolução SMA n°32/2014 traz para as fisionomias de florestas três indicadores: cobertura de 80% de copas de árvores; densidade de 3.000 árvores regenerantes (>50 cm de altura e <15 cm de circunferência na altura do peito (CAP)) e riqueza de 30 espécies de árvores regenerantes. A cobertura de 80% de copas controla gramíneas invasoras, atrai dispersores de sementes e recupera a qualidade do habitat para o ingresso de novas espécies. A alta densidade e riqueza de regenerantes garante que indivíduos do dossel já formado sejam substituídos por regenerantes, além de estabelecer a presença mínima de espécies a fim de que haja diferentes classes sucessionais cumprindo diferentes funções. A partir deste ponto, é esperado que a vegetação evolua nos aspectos de estrutura, biodiversidade e função.

Para as vegetações savânicas (cerrado *sensu stricto*) os indicadores são: cobertura de 80% de vegetação nativa; densidade de 2.000 árvores regenerantes (>50 cm de altura e <15 cm CAP) e riqueza de 25 espécies de árvores regenerantes. Para vegetações campestres, o indicador utilizado por SP para legitimar a restauração é a cobertura do solo de 80% por vegetação nativa. Uma vez que os estratos herbáceo e arbustivo são predominantes nessas vegetações, a maneira mais acurada de medi-los é pela sua cobertura. Assume-se que com 80% de cobertura do solo por espécies nativas a vegetação está resiliente a mudanças ambientais e a invasões de espécies exóticas. Porém, para o cerrado *sensu stricto* os indicadores de densidade e riqueza de regenerantes se mantêm.

No DF foi constituído o Fórum Aliança Cerrado, reunindo órgãos públicos, ONGs, empresas, instituições de pesquisa e associações para promover a conservação do Cerrado. Este grupo demandou um estudo para subsidiar a atualização das leis de recomposição da vegetação nativa. Simultaneamente a SEMA/MT, que estava presente na reunião que definiu a demanda do DF, demandou o mesmo estudo para MT.

Neste relatório analisamos diferentes métodos de amostragem para os indicadores de restauração, com o objetivo de recomendar métodos acurados, rápidos, baratos e de fácil aplicação. O segundo objetivo foi avaliar 28 áreas no DF e 56 em MT, com relação aos indicadores aplicados em SP, com adaptações nos métodos de amostragem, para verificar seu desempenho em relação aos valores estabelecidos em SP.



# MATERIAIS E MÉTODOS

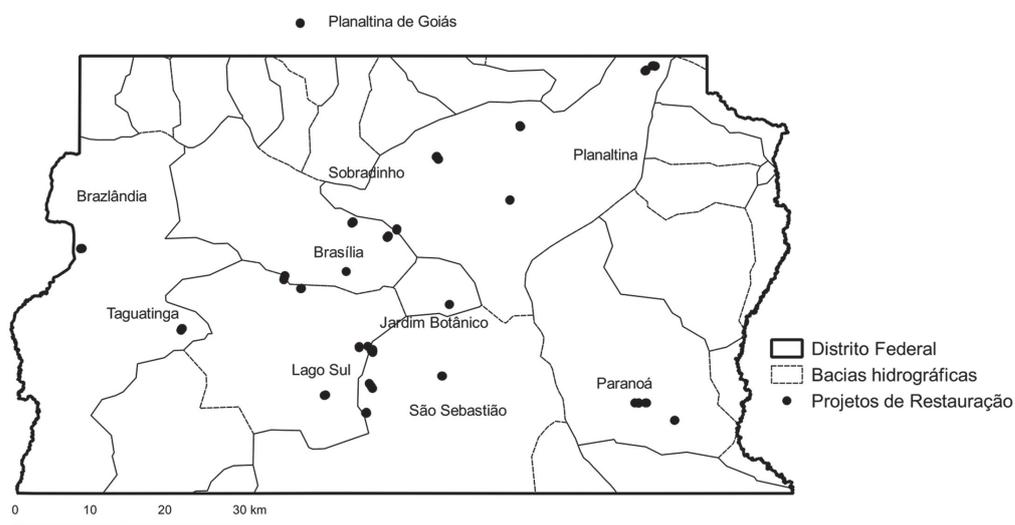
## ÁREA DE TRABALHO

O acesso às áreas de restauração para a coleta de dados deste trabalho foi gentilmente autorizado pelas seguintes instituições ou pessoas: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB (compensação florestal), Instituto Brasília Ambiental – IBRAM (Produtor de água – Pipiripau), Companhia Imobiliária de Brasília – TERRACAP (compensação florestal), Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (experimentação científica), Jardim Botânico de Brasília – JBB (área remanescente), Embrapa Cerrados/Projeto Biomas (experimentação científica), Instituto Chico Mendes de Conservação – ICMBio/Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros – PNCV (experimentação científica), Sítio Geranium/Marcelino Barberato (iniciativa privada), Chácara Jardim do Paraíso/Andrew Miccolis (iniciativa privada), Ecovila Aldeia do Altiplano/Fabiana Peneireiro (iniciativa privada), Projeto Descoberto Coberto (Compensação florestal), no DF, e Instituto Socioambiental, Fazenda Brasil e diversos produtores rurais em MT.

## DISTRITO FEDERAL

As áreas tiveram ampla distribuição no DF, além dos municípios de Alto Paraíso – GO (250 km de Brasília), no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) e Planaltina de Goiás - GO (**Figura 1**). As áreas de Alto Paraíso foram incluídas por terem experimentos de restauração ecológica de savana que incluem ervas e arbustos, com métodos e objetivos encontrados somente em uma área no DF e em nenhuma área em MT. A média de precipitação anual do DF é de 1.495 mm (1.157-

**FIGURA 1.** Mapa das áreas de restauração onde houve coleta de dados, com bacias hidrográficas do DF e Regiões Administrativas contempladas. Além do DF, foram avaliados projetos nos municípios de Planaltina de Goiás e Alto Paraíso, GO, onde se localizam experimentos de restauração ecológica de savana, referências para o bioma e indispensáveis para este trabalho.

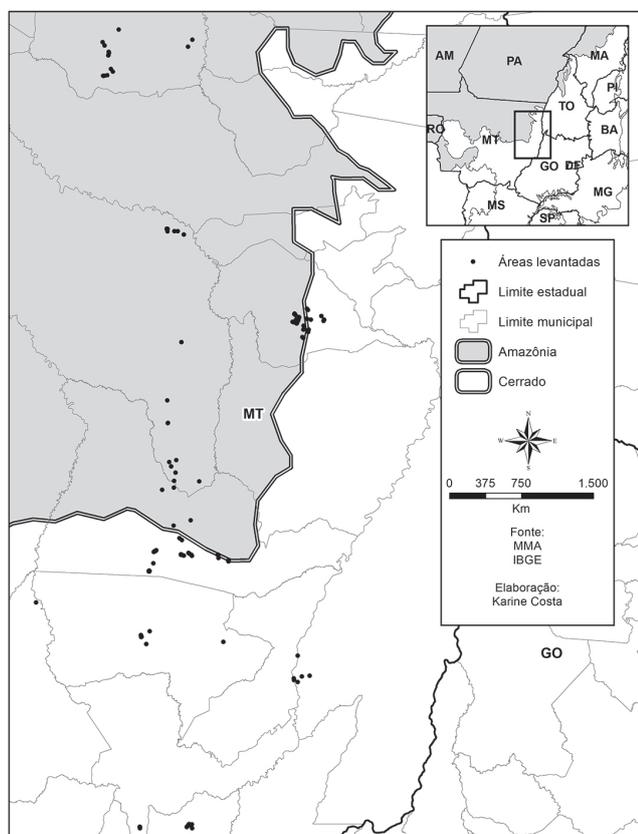


1.948, min-máx, série de 1990 a 2016, INMET, 2016), com 93% da precipitação ocorrendo entre outubro e abril. A região passa por pequena oscilação térmica, onde a temperatura média do mês mais quente é de 22,2°C e do mês mais frio de 18,1°C. A umidade relativa do ar pode chegar a valores inferiores a 15% no período de maio a setembro. No DF há predominância de rochas metassedimentares dos grupos litológicos bambuí, araxá, paranoá e canastra (Martins et al., 2004). As classes de solo mais importantes são o latossolo vermelho, latossolo vermelho-amarelo e cambissolo (Martins et al., 2004). O DF está incluso nos domínios do bioma Cerrado, o qual oferece formações campestres, savânicas e florestais, com variações dentro destas (Ribeiro & Walter, 2008).

Os projetos de restauração estudados foram estabelecidos principalmente em áreas originalmente cobertas por mata de galeria e ciliar, cerrado típico e denso. O PNCV, município de Alto Paraíso - GO (14°04'45" S e 47°37'57" W), tem precipitação média anual de 1.625 mm, altitude de 800 a 1.650 m, relevo de planalto forte ondulado, os solos são, em geral, rasos e pedregosos com maior ocorrência de cambissolos, solos litólicos e latossolos vermelho-amarelo (Alves, 2016).

## MATO GROSSO

As áreas de estudo se distribuíram a leste da bacia do Xingu e a oeste da bacia do Araguaia, no leste de MT, nos municípios de Barra do Garças, Nova Xavantina, Água Boa, Canarana, Querência, Bom Jesus do Araguaia, São José do Xingu e Santa Cruz do Xingu (**Figura 2**). Essa região está na transição entre os biomas Cerrado e Amazônia.



**FIGURA 2.** Mapa dos projetos de restauração visitados para coleta de dados no leste de MT, com limites de municípios.

## CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DAS ÁREAS

Foram selecionadas áreas com idade entre 3 e 20 anos, priorizando áreas com 4 a 8 anos, uma vez que é interesse dos estados aprovar projetos de restauração com esta idade. Foram amostradas áreas em restauração com sucesso aparente segundo os proprietários ou técnicos. O viés para a seleção de áreas de sucesso significa que seus valores para os indicadores são possíveis de alcançar e podem servir como modelo. Também se buscou abranger diferentes métodos de restauração: semeadura direta, plantio de mudas, sistemas agroflorestais e regeneração natural e diferentes contextos de paisagem e de uso do solo. No DF foram amostradas 25 áreas de restauração e três remanescentes de vegetações maduras, uma formação campestre, um cerrado típico e uma floresta (**Tabela 1**). Em MT foram amostradas 58 áreas de restauração (**Tabela 2**). Desta forma, as áreas avaliadas abrangem a amplitude dos projetos de restauração no DF e no leste de MT.

**Tabela 1.** Descrição dos projetos de restauração avaliados no Distrito Federal, considerando a paisagem local e regional, a técnica de restauração, a formação fitofisionômica de referência, o tamanho (ha) e a idade (anos).

Tipo de propriedade	Paisagem local	Método de restauração	Formação de referência	Tamanho (ha)	Idade (anos)
UC - Estação Ecológica	Conservada	Área remanescente	Cerrado	2.300,0	*40
Área protegida federal	Urbana	Regeneração Natural	Cerrado	3,9	12
Área protegida federal	Urbana	Plantio de mudas adensado	Cerrado	9,0	4
Área protegida distrital	Rural fragmentada	Plantio de mudas adensado	Cerrado	13,2	3
Propriedade rural particular	Rural fragmentada	Plantio de mudas convencional	Cerrado	10,0	4
Propriedade rural particular	Rural fragmentada	Plantio de mudas convencional	Cerrado	2,6	4
Propriedade rural particular	Urbana	Plantio de mudas e sementes	Cerrado	1,1	7
Área protegida particular	Rural fragmentada	Regeneração Natural	Cerrado	395,0	23
Área protegida particular	Rural fragmentada	Regeneração Natural	Cerrado	81,9	30
Propriedade rural particular	Rural fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	0,6	3
UC -Parque Nacional	Conservada	Semeadura direta	Cerrado	4,9	4
UC - Estação Ecológica	Conservada	Área remanescente	Floresta	15,9	*40
UC - Estação Ecológica	Conservada	Plantio de mudas adensado	Floresta	3,1	7
UC - Estação Ecológica	Conservada	Plantio de mudas adensado	Cerrado	7,3	4
Área protegida particular	Urbana	Plantio de mudas convencional	Floresta	1,3	7
UC - Estação Ecológica	Conservada	Plantio de mudas convencional	Floresta	0,8	18
Área protegida particular	Urbana	Plantio de mudas convencional	Floresta	2,5	8
Propriedade rural particular	Rural fragmentada	Plantio de mudas convencional	Cerrado	3,9	8
Propriedade rural particular	Rural fragmentada	Semeadura direta	Floresta	1,2	3
Propriedade rural particular	Urbana	Sistema Agroflorestal	Floresta	1,6	15
Propriedade rural particular	Urbana	Sistema Agroflorestal	Floresta	0,4	10
Propriedade rural particular	Rural fragmentada	Sistema Agroflorestal	Floresta	0,2	6
Propriedade rural particular	Rural fragmentada	Experimento: árvores de cobertura	Floresta	0,3	4
Propriedade rural particular	Rural fragmentada	Silvicultura de nativa	Floresta	0,1	4
Propriedade rural particular	Rural fragmentada	Silvicultura de exóticas e nativas	Floresta	0,3	4
Propriedade rural particular	Rural fragmentada	Silvicultura de exóticas e nativas	Floresta	0,3	4
Propriedade rural particular	Rural fragmentada	Silvicultura de exóticas e nativas	Floresta	0,3	4
UC - Estação Ecológica	Conservada	Área remanescente	Cerrado	182,0	*40

**Tabela 2.** Descrição dos projetos de restauração utilizados para coleta de dados em Mato Grosso, considerando a paisagem local e regional, a técnica de restauração, a formação fitofisionômica de referência, o tamanho (ha) e a idade (anos).

Tipo de propriedade	Paisagem local	Método de restauração	Formação de referência	Tamanho (ha)	Idade (anos)
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Floresta	0,5	10
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Floresta	1,0	10
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Cerrado	2,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Cerrado	2,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Cerrado	2,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Cerrado	2,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Cerrado	2,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Cerrado	2,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Cerrado	2,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Floresta	2,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Floresta	5,0	5
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Floresta	6,2	7
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Floresta	10,0	8
Particular	Rural Fragmentada	Plantio de mudas	Floresta	6,88	9
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	30,0	12
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	42,2	12
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	600,0	12
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	2,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	2,0	6
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	10,0	10
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	2,0	10
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	1,0	10
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	2,0	10
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	30,0	12
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	100,0	12
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	20,0	12
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	24,0	12
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	12,0	15
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	40,0	3
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	12,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	3,0	8
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	5,0	8
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	4,0	8
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Cerrado	1,5	9
Particular	Rural Fragmentada	Regeneração Natural	Floresta	3,0	9
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Floresta	0,8	4
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	2,0	10
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	1,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Floresta	40,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Floresta	9,6	4
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Floresta	2,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Floresta	2,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Floresta	20,0	4
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Floresta	22,8	4
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Floresta	60,7	5
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Floresta	15,0	5
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	1,0	5

Tipo de propriedade	Paisagem local	Método de restauração	Formação de referência	Tamanho (ha)	Idade (anos)
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	7,7	5
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	4,5	5
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Floresta	23,2	6
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	2,0	6
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	1,9	6
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	0,5	8
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	3,4	7
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	0,5	9
Particular	Rural Fragmentada	Semeadura direta	Cerrado	2,0	9

## MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

Seguindo os indicadores de restauração para florestas, amostramos a cobertura de dossel, a densidade de indivíduos e de espécies de regenerantes (riqueza, conforme Resolução SMA nº 32/2014). Seguindo os indicadores de restauração para savanas avaliamos a cobertura de vegetação acima do solo, além da densidade de indivíduos e espécies regenerantes (Resolução SMA nº 32/2014). As parcelas foram distribuídas de forma a contemplar toda a variação local, mas foram evitadas manchas muito distintas, visualmente identificadas como insucesso. Em MT foram amostradas duas parcelas por área, priorizando a quantidade de áreas em detrimento da quantidade de parcelas, devido à limitação de recursos. Com isso, apenas os dados de riqueza foram afetados em relação ao protocolo de monitoramento da Resolução SMA nº 32, como será analisado nos resultados e na discussão. No DF, nas áreas muito pequenas foi possível estabelecer apenas duas ou três parcelas e nas restantes foram amostradas quatro parcelas.

### COBERTURA DE DOSSEL (INDICADOR DE FLORESTAS)

A cobertura do dossel (ou de copas) foi feita por meio do método de interceptação de pontos. Ao longo de uma linha de 25m, uma vareta com 2m era disposta perpendicularmente ao chão, a cada 50cm, e era anotado se havia copas de árvores acima de sua extremidade. A porcentagem dos pontos que têm copas corresponde à cobertura do dossel. Este método gera a mesma cobertura (em porcentagem) do método de interceptação de linhas, no entanto é mais prático, pois não é necessário anotar o tamanho dos segmentos.

### COBERTURA DE VEGETAÇÃO (INDICADOR DE SAVANAS E CAMPOS)

No DF foram testados métodos de interceptação de linhas e de pontos (**Anexo 1**). Em MT, apesar de haver áreas sob o domínio de savanas, houve apenas plantios de árvores de florestas, seguindo as premissas da sucessão secundária florestal. Portanto, o método de cobertura de vegetação (não de dossel), que é indicador de restauração de savanas e campos, não será mostrado em MT.

- Método de interceptação de linhas:** verifica a cobertura mais alta em relação ao solo (a primeira interceptação da luz solar), somando os segmentos da trena

interceptados por tipos de cobertura do solo (nativas ou exóticas), é o método recomendado pela Resolução SMA nº 32/2014.

- 2. Método de interceptação de linhas em dois estratos:** este método consiste de determinar a cobertura acima dos olhos (uma aproximação da cobertura de dossel) e a cobertura abaixo dos olhos (uma aproximação da cobertura da vegetação rasteira, ou herbáceo-arbustiva). Este método permite que dois estratos sejam analisados, com a vantagem de conhecer o estrato rasteiro, mesmo quando o estrato acima dos olhos esteja coberto de copas, o que não é permitido pelo método de interceptação de linhas.
  
- 3. Método de interceptação de pontos em linha:** ao longo de uma linha de 25m, uma vareta com 2m é disposta perpendicularmente ao chão, a cada 50cm, anotando o tipo de cobertura que toca a vareta (herbáceas, gramíneas nativas e exóticas, arbustos nativos, árvores nativas e exóticas). Os toques são anotados para classe de altura da vareta, em intervalos de 50cm até os 2m e acima de 2m. Além disso, o toque da vareta no chão é anotado (solo, serapilheira, palhada). A porcentagem dos pontos que têm copas corresponde à cobertura do dossel. Este método gera cobertura em porcentagem por classe de altura. O método permite verificar detalhadamente a estratificação da vegetação, porém não constitui um único valor por área, tornando a análise dos resultados complexa. Para ilustrar os resultados que esse método gera, ele foi realizado para áreas maduras de vegetação de floresta, cerrado sentido restrito e campo cerrado (**Anexo 2**).

## DENSIDADE

---

Para as áreas em MT foi utilizado o menor tamanho de parcela (1×25m; **Tabela 3**). No DF foram amostrados quatro tamanhos diferentes na mesma parcela (1×25m, 2×25m, 3×25m e 4×25m) para verificar qual é a perda de acurácia à medida em que parcelas menores são amostradas; a área máxima amostrada foi aquela estabelecida pela Resolução SMA nº 32. Em MT e no DF foram quantificados e identificados (espécie ou morfoespécie) todos os regenerantes lenhosos com tamanho entre 30cm a 2m. Este intervalo de altura para classificar indivíduos regenerantes difere do tamanho estabelecido pela Resolução SMA nº 32/2014 (indivíduos >50cm de altura e menores que 15cm CAP), pois assumimos que árvores com mais de 30cm de altura têm alta probabilidade de sobrevivência e podem ser avistadas com facilidade nas parcelas e que árvores com mais de 2m passam a integrar o dossel, saindo da categoria de regenerantes, enquanto que para muitas árvores com CAP <15cm pode haver duplicidade na amostragem, classificada tanto como dossel, como regenerante. Além disso, utilizar somente altura como parâmetro facilita o trabalho de campo. A riqueza de espécies foi considerada agrupando as espécies de todas as parcelas, conforme a Resolução SMA nº 32/2014.

**Tabela 3.** Métodos de amostragem de densidade e riqueza de regenerantes no DF e em MT.

MT	DF
Retangulares (1 x 25m)	Retangulares de tamanho crescente (1×25m, 2×25m, 3×25m e 4×25m)
Menor tamanho de parcela, privilegiando a maior quantidade de áreas de restauração.	Os quatro tamanhos foram amostrados para verificar qual é a perda de acurácia à medida em que parcelas menores são amostradas.
Foram quantificados e identificados (espécie ou morfoespécie) todos os regenerantes lenhosos com tamanho entre 0,3m a 2m.	Foram quantificados e identificados (espécie ou morfoespécie) todos os regenerantes lenhosos com tamanho entre 0,3m a 2m.
Área protegida distrital	Rural fragmentada

## ANÁLISE DE DADOS

### COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

#### *Cobertura de dossel e cobertura de vegetação*

Para uma comparação visual dos métodos de cobertura, foram plotados os valores obtidos em áreas maduras, com os diferentes tipos de vegetação registrados em cada método (**Anexo 2**). Também foram feitas regressões lineares entre valores de cobertura para nativas e exóticas, utilizando diferentes métodos no DF. Os resultados das regressões e as médias de cobertura são mostrados nos resultados.

#### *Densidade e Riqueza de regenerantes*

Para fazer a correspondência entre os critérios de classificação para regenerantes utilizados neste trabalho (altura entre 30cm e 2,0m) e os utilizados pela Resolução SMA nº 32/2014, em (indivíduos >50cm de altura e menores que 15cm CAP), foram feitas correlações entre os valores de densidade obtidos quando consideradas as duas classificações (utilizamos apenas dados do DF, onde foram medidos os CAPs de todos os indivíduos). Foi feita uma conversão no valor de CAP para altura, onde CAP de 15cm é equivalente a uma altura de 3,5m (Daniel L. M. Vieira, dados não publicados), sendo assim possível comparar os dados deste trabalho com os critérios utilizados pela Resolução SMA nº 32/2014.

Para avaliar os tamanhos e quantidades de parcelas necessários para obter dados acurados, foram obtidos os valores de riqueza (número de espécies pela área total amostrada) e densidade de regenerantes (número de indivíduos/ha) para cada tamanho e quantidade de parcelas (realizado com os dados do DF para áreas com quatro parcelas com quatro tamanhos). Para a densidade de regenerantes, foram feitas regressões entre as densidades encontradas em cada tamanho e quantidade de parcelas em função da amostragem máxima (4 parcelas de 4×25m; cada caso foi uma área em restauração). Os resíduos dessas regressões foram transformados em

proporção de erro (observado-esperado/esperado). Foram feitos box-plots com média e intervalo de confiança 0,9 e 0,95 com as proporções dos resíduos.

Para a riqueza de espécies foi plotado o valor máximo de riqueza no eixo-x (obtido na maior quantidade e tamanho de parcelas), com os valores obtidos nos tamanhos e quantidades menores de parcelas. Desta forma, foi possível observar a diferença de número de espécies entre os diferentes tamanhos e quantidades de parcela com relação ao valor máximo obtido.

### ***Avaliação das áreas de restauração quanto aos indicadores***

Para as áreas de floresta foram plotadas as áreas com os valores dos três indicadores (cobertura do dossel, densidade e riqueza de regenerantes). Foram feitas análises gráficas e verificadas quantas áreas atendem aos parâmetros determinados para SP. Para as áreas de cerrado, foram plotadas a cobertura de vegetação nativa, separando lenhosa de herbácea e a riqueza.

## **RESULTADOS**

### **COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM**

#### ***Cobertura de dossel e cobertura do solo***

O tempo médio de execução dos métodos com dois operadores (um anotando e outro observando e ditando) por parcela em áreas de floresta foi: interceptação de linha sem estrato (ILSE) = 10 min.; interceptação de linha com estrato (ILCE) = 15 min.; e interceptação de pontos (IP) = 20 min. Para áreas de cerrado: ILSE = 15 min; ILCE = 20 min; IP = 30 min. Os três métodos avaliados apresentaram grande variação nos valores de cobertura por nativas e exóticas, tanto em áreas cujo objetivo é atingir floresta, quanto cerrado. Entre os métodos, ILSE prioriza cobertura de dossel em relação à cobertura pela vegetação rasteira, tendo alta correlação com o ILCE > 1,5m e com a IP > 2m (**Tabelas 4 e 5**); subestimando a vegetação rasteira exótica ou nativa (veja regressões entre ILSE x ILCE < 1,5 ou ILCE < 0,5m; **Tabelas 4 e 5**). Quando avaliadas as coberturas de nativas e exóticas por linhas abaixo de 1,5m e por pontos abaixo de 0,5m a regressão foi alta e significativa para nativas e exóticas (**Tabelas 4 e 5**).

**Tabela 4.** Regressões lineares entre os métodos de amostragem da cobertura de dossel (floresta) e de vegetação (cerrado) para cobertura de vegetação nativa. Interceptação de linha sem estrato – ILSE, Interceptação de linha com estrato – ILCE (ILCE <1,5m ILCE > 1,5m) e Interceptação de pontos – IP com valores diferentes para floresta (acima de 2,0m) e cerrado (0-50cm), médias da cobertura de vegetação nativa..Valores de “R<sup>2</sup>” e “p”, e equação da reta são mostrados.

Objetivo da restauração	Método de amostragem	Média da cobertura de nativas (%)	Regressão linear	Equação da reta
Floresta	ILSE x ILCE<1,5m	60 x 28	R <sup>2</sup> =0,16; p=0,087	y = 0,15 + 0,217*x
Floresta	ILSE x ILCE>1,5m	60 x 57	R <sup>2</sup> =0,66; p<0,001	y = 0,06 + 0,855*x
Floresta	ILCE>1,5m x IP>2,0m	57 x 59	R <sup>2</sup> =0,73; p<0,001	y = 0,08 + 0,831*x
Cerrado	ILSE x ILCE<1,5m	59 x 51	R <sup>2</sup> =0,71; p=0,034	y = 0,02 + 0,833*x
Cerrado	ILSE x ILCE>1,5m	59 x 20	R <sup>2</sup> =0,42; p=0,164	y = -0,21 + 0,716*x
Cerrado	ILCE<1,5m x IP<0,5m	51 x 43	R <sup>2</sup> =0,66; p=0,048	y = -0,03 + 1,333*x

**Tabela 5.** Regressões lineares entre os métodos de amostragem da cobertura de dossel (floresta) e de vegetação (cerrado) para cobertura de vegetação exótica. Interceptação de linha sem estrato – ILSE, Interceptação de linha com estrato – ILCE (ILCE <1,5m ILCE > 1,5m) e Interceptação de pontos – IP com valores diferentes para floresta (acima de 2,0m) e cerrado (0-50cm), médias da cobertura de vegetação nativa. Valores de “R<sup>2</sup>” e “p”, e equação da reta são mostrados.

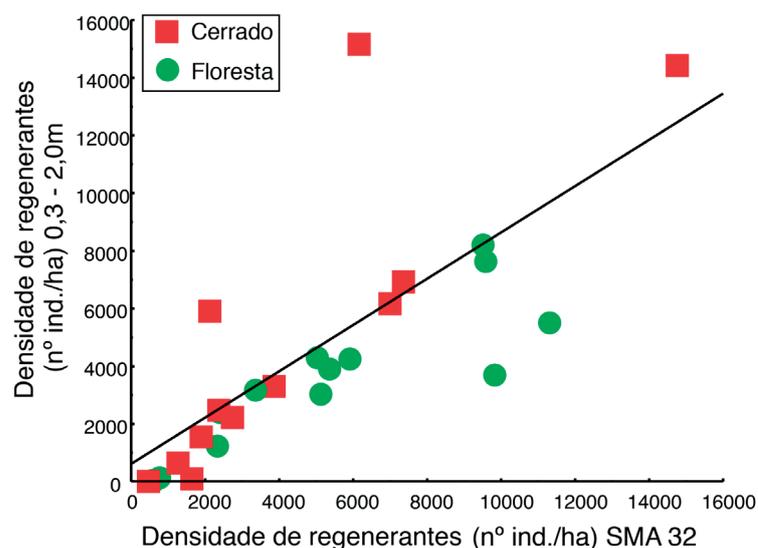
Objetivo da restauração	Método de amostragem	Média da cobertura de exóticas (%)	Regressão linear	Equação da reta
Floresta	ILSE x ILCE<1,5m	37 x 42	R <sup>2</sup> =0,21; p=0,045	Y = 0,28 + 0,367*x
Floresta	ILSE x ILCE<1,5m	37 x 16	R <sup>2</sup> =0,46; p=0,001	Y = -0,09 + 0,670*x
Floresta	ILCE<1,5m x IP<2,0m	42 x 20	R <sup>2</sup> =0,16; p=0,085	Y = 0,26 - 0,231*x
Floresta	ILCE>1,5m x IP>2,0m	15 x 16	R <sup>2</sup> =0,98; p=0,007	Y = 0,02 + 0,943*x
Cerrado	ILSE x ILCE<1,5m	30 x 36	R <sup>2</sup> =0,90; p=0,004	Y = 0,02 + 0,833*x
Cerrado	ILSE x ILCE>1,5m	30 x 2	R <sup>2</sup> <0,01; p=0,993	Y = -0,21 + 0,716*x
Cerrado	ILCE<1,5m x IP<0,5m	36 x 57	R <sup>2</sup> =0,86; p<0,01	Y = 0,05 + 1,463*x

### Densidade de regenerantes

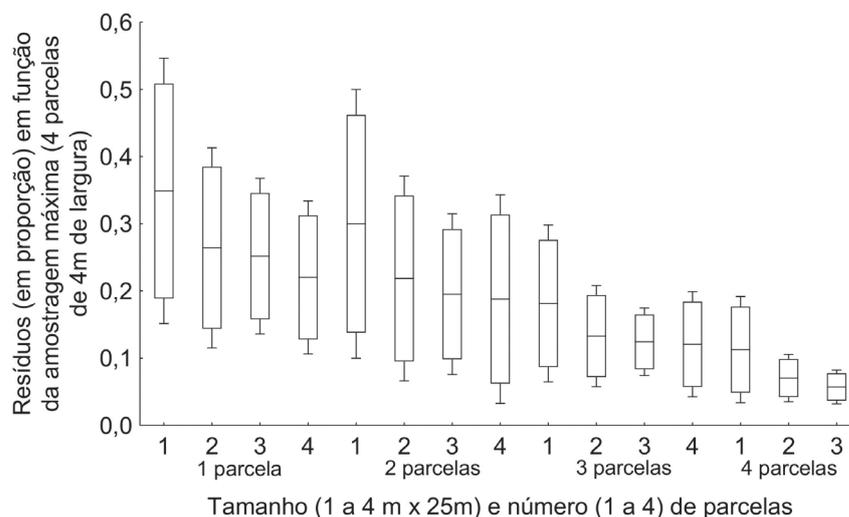
As densidades de regenerantes obtidas conforme as classificações deste trabalho (espécie nativa; 0,3-2,0m de altura) e conforme a Resolução SMA nº 32/2014 (espécie nativa; até 15cm de CAP ou 0,5-3,5m de altura) correlacionam-se positiva e significativamente (R=0,77, p<0,001; **Figura 3**).

Os diferentes tamanhos (1, 2, 3 e 4 x 25m) e quantidades (1 a 4) de parcelas apresentam semelhança quanto à densidade de regenerantes estimada. Para um número de quatro parcelas com 2 x 25m, metade da área amostral máxima, erros de até 10% estão dentro do intervalo de confiança de 95% (**Figura 4**).

**Figura 3.** Correlação entre valores de densidade de regenerantes (nº ind./ha) conforme classificação utilizada neste estudo (espécie nativa; altura entre 0,3-2,0m) e em São Paulo/SMA 32 (espécie nativa; CAP<15cm ou 0,5 - 3,5m de altura). Valores obtidos em áreas em formação de floresta e cerrado.



**Figura 4.** Box-plots com mediana, I.C. 90% e 95% da proporção dos resíduos dos valores esperados para densidade (nº ind./ha), registrados em regressões lineares entre a máxima amostragem (400m<sup>2</sup> - 4 parcelas de 4 × 25m<sup>2</sup>) e os demais tamanhos (1 a 4 parcelas com 1 a 4m × 25m<sup>2</sup>).

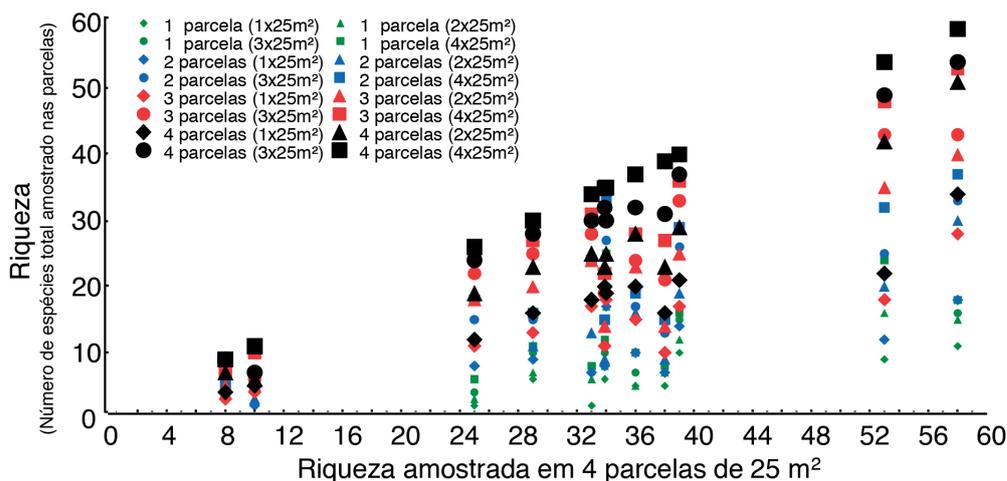


### Riqueza de regenerantes

A riqueza de espécies aumenta com o aumento de tamanho e quantidade de parcelas. O aumento é maior quando a riqueza da área é alta (**Figura 5**). Com a regressão entre os valores de riqueza obtidos nas diferentes áreas amostrais, observa-se que 30 espécies na maior área amostral (400m<sup>2</sup>) correspondem 7,7 espécies para 50m<sup>2</sup>(2 parcelas de 1 × 25m; como feito para todas as áreas de MT) e 21,5 em 200m<sup>2</sup> (4 parcelas de 2 × 25m; como feito para todas as áreas do DF). Apesar de haver uma previsibilidade na riqueza amostrada nas parcelas menores em relação à amostragem

máxima, o intervalo de confiança da regressão é alto ( $400\text{m}^2=30 \times \text{Previsto } 50\text{m}^2=7,7$  IC-95%=5,7, IC+95%=9,8;  $R^2=0,64$ ,  $p= 0,002$ ;  $400\text{m}^2=30 \times \text{Previsto } 200\text{m}^2=21,5$  IC-95%=19,6, IC+95%=23,4;  $R^2=0,95$ ,  $p< 0,001$ ). Nesse indicador, a amostragem pequena pode ser insuficiente para atestar a riqueza.

**Figura 5.** Relação entre a riqueza de espécies (nº de espécies) nos diferentes tamanhos (1, 2, 3 e  $4 \times 25\text{m}^2$ ) e quantidades (1 a 4) de parcelas e a riqueza na amostragem máxima ( $400\text{m}^2$  - 4 parcelas de  $4 \times 25\text{m}^2$ ), considerando 12 projetos de restauração em formação de floresta e savana.



## AVALIAÇÃO DOS PROJETOS DE RESTAURAÇÃO

### *Distrito Federal*

Ao se considerar áreas cujo objetivo foi formar uma fisionomia florestal, muitas áreas alcançaram os valores dos indicadores, conforme a Resolução SMA nº 32/2014. Das oito áreas com seis anos ou mais, a metade ultrapassou mais de 3.000 regenerantes, mais de 80% de cobertura do dossel e mais de 20 espécies por  $200\text{m}^2$  (21 espécies, equivalente a 30 espécies em  $400\text{m}^2$ ; **Figura 6**). A partir dos seis anos de idade, apenas plantios de mudas e Sistemas Agroflorestais foram amostrados, e os dois métodos foram capazes de atingir os indicadores.

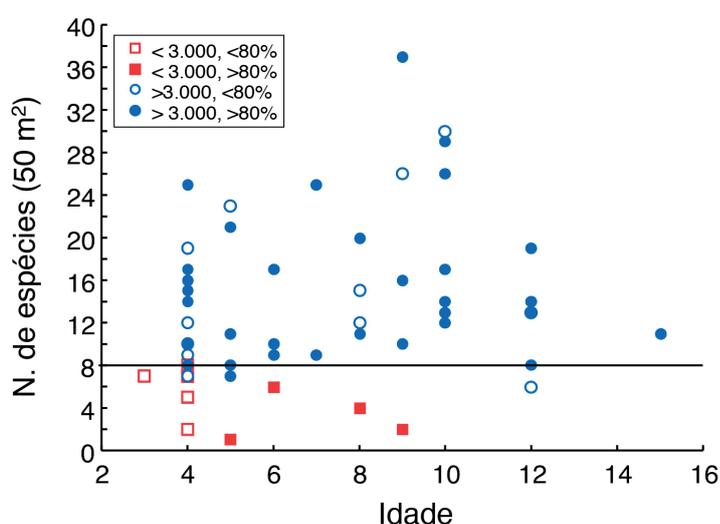
Em áreas de cerrado com objetivo de formar vegetação savânica, a cobertura de vegetação nativa herbácea alcança valores de 40 a 50%, a vegetação lenhosa geralmente abaixo de 20% e a vegetação exótica, especialmente braquiária, alcança entre 30 e 70%, exceto uma área de regeneração natural com 12 anos, que teve menos de 10% de regeneração (**Figura 7**). A vegetação lenhosa acima de 0,5m não está computada nesta figura, mas tem entre 20 e 30% de cobertura em alturas maiores que 0,5m. Apesar da cobertura de vegetação nativa, por diferentes formas de vida, ser alta, a cobertura de capins exóticos é alta na maioria dos projetos. A densidade de regenerantes foi sempre acima de 3.000.



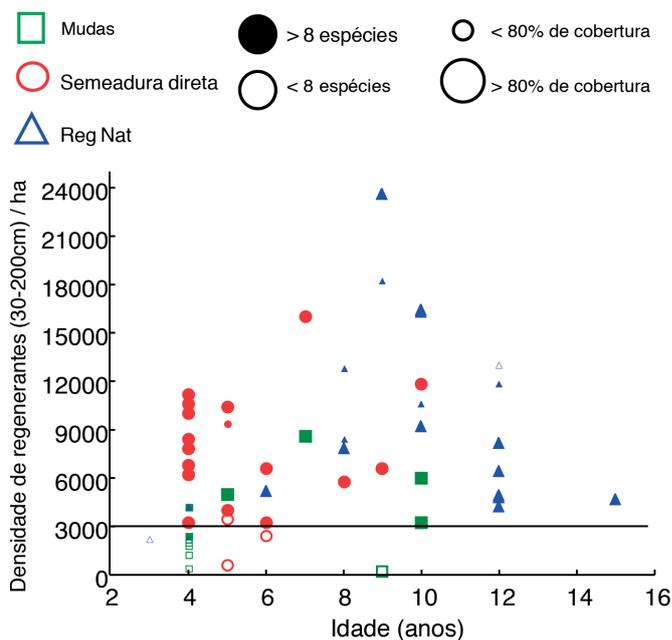
## Mato Grosso

Dos 56 projetos avaliados (excluídos a única área originalmente de cerrado que foi permitida a regeneração natural e uma área em que foi usada semeadura direta e plantio de mudas), 33 alcançaram os valores dos indicadores, segundo a Resolução SMA nº 32/2014 (>80% de cobertura de dossel; >3.000 regenerantes/ha; e >30 espécies por projeto, porém neste estudo >30 espécies por projeto equivalem a >8, pois a área amostrada foi de apenas 50m<sup>2</sup>; **Figura 8**). Das 36 áreas com cinco anos ou mais, 25 alcançaram os valores de aprovação dos indicadores. Os três métodos de restauração foram capazes de atingir os indicadores de restauração (**Figura 9**).

**Figura 8.** Gráfico de dispersão entre idade e riqueza/50m<sup>2</sup>. Demonstra como as áreas de Mato Grosso atendem aos 3 indicadores de sucesso da restauração.



**Figura 9.** Gráfico de dispersão entre idade e riqueza/50m<sup>2</sup>. Demonstra como as áreas de MT atendem aos 3 indicadores de sucesso da restauração.



## DISCUSSÃO

Este trabalho avaliou métodos de amostragem de indicadores de sucesso de restauração e a performance de dezenas de áreas de restauração em relação aos indicadores, para fins de aprovação pelos órgãos estaduais de meio ambiente. Os indicadores foram de fácil amostragem e os materiais utilizados são baratos. A densidade de regenerantes pode ser amostrada em quatro parcelas de 2 x 25m. A cobertura pode ser amostrada pela interceptação de pontos ao longo da linha de 25m que delimita um lado das parcelas. A riqueza de regenerantes aumenta com o aumento da parcela e uma pequena amostragem não permite uma estimativa acurada do número de espécies. Para a estimativa do número de espécies, parcelas maiores ou caminhamentos florísticos que abranjam toda a área de restauração necessitariam ser realizados. Neste estudo foi observado que as áreas de restauração podem alcançar os valores de referência dos outros indicadores a partir de quatro anos, porém a riqueza é mais difícil de se alcançar em pouco tempo. Independentemente dos resultados das áreas em restauração, são necessárias pesquisas para definir melhor amostragem de riqueza e seu papel na sustentabilidade da recomposição da vegetação nativa.

O protocolo de monitoramento de SP (anexo da Resolução SMA nº 32/2014) trouxe avanços claros para a avaliação de áreas em restauração, conforme já tratado neste trabalho. Partimos deste paradigma para discutir possibilidades de aperfeiçoamentos nos métodos de amostragem. Foi constatado que para operar os métodos de cobertura do solo testados é somente necessária a leitura de um guia ou um treinamento de 30 minutos para que o operador seja capaz de executá-los. A densidade de regenerantes, por meio de estabelecimento de parcelas e contagem de árvores entre 0,3 e 2m pode ser feita por qualquer operador alfabetizado. O maior conhecimento requerido é a identificação das plantas regenerantes, porém, tendo em vista a enorme quantidade de espécies nativas, somente botânicos especializados poderiam identificar as espécies. Assim, a identificação de morfoespécies garante, com certo grau de confiabilidade, a contagem de diferentes espécies. Porém, é necessário distinguir entre espécies exóticas, invasoras ou não e nativas, pois a Lei de Proteção da Vegetação Nativa limita sua presença a uma certa porcentagem de cobertura de dossel (para florestas) ou do solo (campos e savanas), além delas não deverem ser contabilizadas na densidade de regenerantes. Portanto, para distinguir exóticas de nativas, um guia fotográfico de identificação de exóticas seria mais indicado, com uma lista por estado das espécies invasoras, além das cultivadas.

### INTERCEPTAÇÃO DE LINHAS X INTERCEPTAÇÃO DE PONTOS

Os métodos de avaliação da cobertura de interceptação de linhas e de pontos sem estratos são fáceis e rápidos. O método de interceptação por estrato é demorado, especialmente com cinco classes. Um método de cobertura para o cerrado poderia utilizar apenas duas classes, de 0-100cm e >100cm, considerando também que as árvores adultas no cerrado são pequenas e iniciam suas copas com menos de 200cm. Porém, mesmo com duas classes, ele é mais complexo para analisar, não gerando um único indicador de cobertura, mas um por estrato.

O método de interceptação de linhas, que capta somente a vegetação que intercepta primeiro a luz do sol (sem estrato), ignora a sobreposição de plantas. Em uma área onde há dossel de árvores fechado e um estrato herbáceo dominado por uma espécie

exótica, ou com solo exposto, acusará 100% de cobertura de árvores e não acusará os problemas da espécie exótica nem de solo com alto potencial de erosão. Com este método não há informações sobre a estrutura vertical da vegetação em restauração. Para florestas, este problema é parcialmente resolvido com o indicador “densidade de regenerantes”, que indicará se há regenerantes para substituir o dossel, mesmo que eles estejam entremeados com braquiária ou solo exposto. Para o cerrado, verificar o estrato rasteiro informará sobre as proporções de ervas, gramíneas, arbustos e árvores, formas de crescimento que devem ser contempladas para a restauração do cerrado. No método de linha estratificado este problema é reduzido. Além disso, o método de cobertura em linhas tem resolução arbitrária, pois o observador decide sobre o detalhe da observação. Este pode ser um problema quando há capins exóticos e vegetação nativa entremeados em áreas em restauração de savanas e campos, em que a cada centímetro há um deles cobrindo o solo. O método de linhas seria mais recomendado para identificar manchas de vegetação, como clareiras, capoeiras, manchas de dominância de braquiária, por exemplo. Porém, as áreas de restauração têm copas de árvores, estrato herbáceo de plantas nativas de ervas e arbustos, mescladas com espécies exóticas e solo exposto, fazendo com que a cobertura mude em escala de centímetro. O método de pontos é menos arbitrário, pois não exige tomada de decisão do operador, apenas anotar as classes de cobertura que tocam a vareta.

Outra vantagem do método de pontos é indicar a porcentagem de copas de nativas e de exóticas, considerando sua sobreposição, para verificar o cumprimento das regras de porcentagem de cobertura total de copas e limites de cobertura de árvores exóticas. O método de pontos conta as duas copas e depois verifica a porcentagem de pontos que tocaram copas de nativas, de exóticas ou que tocaram alguma copa, satisfazendo os critérios da legislação. A interceptação de linhas, como descrita no protocolo de monitoramento da Resolução SMA nº 32, não detecta a sobreposição de copas, apenas a copa mais alta.

Após a apresentação deste trabalho para técnicos de organizações dos governos do DF e de MT e de organizações não governamentais, ficou claro que o método de interceptação de pontos por estrato de altura seria confuso para agricultores e técnicos que executam o monitoramento, assim como para determinar valores dos indicadores. Por isso, a equipe redesenhou o método de pontos para eliminar a estratificação, mas manter a informação sobre todas as plantas que projetam suas copas em cada ponto. Para formações florestais, a cobertura do dossel (ou de copas de árvores adultas) será anotada se houver copas de árvores acima de 2m de altura a cada 1m na linha de 25m. A porcentagem dos pontos que têm copas corresponde à cobertura de dossel. Um ponto pode projetar nenhuma copa, copa de árvore nativa e copa de árvore exótica. Se o ponto tocar copas de nativas e exóticas, as duas coberturas serão anotadas. A cobertura “nativa ou exótica” deverá ser anotada se houver pelo menos uma cobertura marcada. Após isso, são contados os pontos que tocam copas em cada uma das três colunas e divididos pelo número total de pontos. Assim, para cada polígono haverá três valores de cobertura de dossel: nativas, exóticas e cobertura total. Os valores de cobertura de dossel e cobertura de dossel de exóticas serão utilizados como indicadores de recomposição.

Para formações savânicas ou campestres é medida a cobertura de vegetação nativa lenhosa e de capins (graminóides), além da vegetação exótica. Ao longo da trena, a vareta é posicionada a cada 1m e anotados os tipos de cobertura que tocam a vareta em sua extensão (0-2m) e sua projeção (> 2m). A cobertura “Nativa” deverá ser anotada se houver pelo menos uma cobertura marcada para as nativas (Lenhosa e Capim).





Também são anotados os pontos que tocam plantas exóticas. A “cobertura total” é anotada se no ponto tocar qualquer planta. Assim, para cada polígono haverá cinco valores de cobertura: lenhosas nativas, capim nativo, nativa, exóticas e cobertura total (nativas ou exóticas). Os valores destas coberturas serão utilizados como indicadores de recomposição. É importante distinguir capins (graminóides, que agrupa as famílias Poaceae, Eriocaulaceae, Juncaceae, Cyperaceae) de ervas, pois há diversas espécies de ervas anuais, que cobrem o solo rapidamente, mas são substituídas após o primeiro ano por gramíneas exóticas ou nativas. Somente a cobertura de capins seria avaliada como indicadores de restauração. O método de monitoramento de cobertura de dossel e do solo desenhado após a apresentação deste relatório, está descrito em detalhe e com figuras explicativas no “Protocolo de Monitoramento da Recomposição da Vegetação Nativa” da Aliança Cerrado (em preparação para publicação).

## DENSIDADE E RIQUEZA DE REGENERANTES

---

O intervalo de altura 0,3 a 2m para classificar indivíduos regenerantes foi adotado pois assumimos que árvores com mais de 30 cm de altura têm alta probabilidade de sobrevivência e podem ser avistadas com facilidade nas parcelas; e árvores com mais de 2m passam a integrar o dossel, saindo da categoria de regenerantes, enquanto muitas árvores <15cm (CAP) poderiam ser amostradas como dossel e como regenerantes. Além disso, utilizar somente altura como parâmetro facilitou o trabalho de campo.

A parcela de amostragem da vegetação é de rápida montagem, pois utiliza somente uma trena como marcação central que estabelece o comprimento da parcela e um bastão guia como gabarito da largura da parcela, para conferir as medidas laterais (máximo de 2m para este trabalho). O formato retangular estreito da parcela possibilita maior rapidez de montagem e maior visualização de toda a parcela. O tempo e a complexidade da execução dependem diretamente da densidade e da diversidade de plantas, mas também da experiência do operador. Numa parcela de tamanho 4x25m, áreas de plantio de mudas com dossel fechado sem sub-bosque ou com predominância de gramíneas exóticas levaram em média 10 min. Já áreas de regeneração natural em cerrado ou sistemas agroflorestais, 1h30min. Com a metade da área amostrada é possível estimar com precisão a densidade de regenerantes em áreas homogêneas de restauração. Porém, a área amostrada interfere diretamente na riqueza encontrada.

A riqueza (densidade de espécies) na área cuja amostragem máxima (4 parcelas de 4x25m) encontrou 58 espécies, a amostragem de 1 parcela de 1x25m encontrou apenas 10 espécies. Para a riqueza, mesmo a amostragem máxima é insuficiente para encontrar toda a riqueza da área. Quando a legislação de SP exige 30 espécies, não fica claro no texto da lei se esta riqueza será amostrada dentro das parcelas ou na área toda. Já o protocolo da SMA/SP determina que as 30 espécies deverão ser encontradas dentro das parcelas. Considerando que os valores dos indicadores da SMA/SP foram baseados em plantios de restauração, avaliados em 1.000m<sup>2</sup>, ao invés de 500m<sup>2</sup> como sugerido no protocolo, esses valores são difíceis de se encontrar em áreas em restauração com poucos anos e com incerteza mesmo aos 20 anos. A riqueza de espécies indica que a comunidade estabelecida tem diversas funções que contribuirão para a sustentabilidade da área restaurada, incluindo espécies de sucessão tardia e, portanto, ela deve ser considerada. Mas a área amostrada deve ser seriamente considerada. Uma possibilidade é realizar a amostragem por caminhadas transversais na área e contar todas as espécies. Outra alternativa seria manter cinco parcelas de 100m<sup>2</sup> para áreas

abaixo de 1ha e aumentar uma parcela para cada hectare, mas escalonando a riqueza de espécies requerida, atingindo 30 espécies apenas na amostragem de 1.000m<sup>2</sup>, ou áreas maiores que 6ha em restauração. São necessárias pesquisas para entender a função da diversidade na sustentabilidade dos plantios e a taxa de ingresso de espécies dependendo da cobertura de vegetação nativa na paisagem, considerando as formações florestais, savânicas e campestres separadamente.

## **AVALIAÇÃO DOS PROJETOS DE RESTAURAÇÃO**

Os métodos de restauração por semeadura direta, plantio de mudas e regeneração natural foram capazes de alcançar os indicadores. O plantio de mudas fecha o dossel rapidamente e os regenerantes aumentam à medida em que as mudas plantadas e árvores de áreas vizinhas dispersam sementes e estas germinam e se estabelecem. A densidade e a riqueza de regenerantes são alcançadas com muitos anos, aparentemente. A semeadura direta com espécies de diferentes classes sucessionais resulta em uma comunidade estratificada, com espécies pioneiras ocupando o dossel e tardias ocupando o estrato de regenerantes. Tal estratificação é mais rápida que plantios de mudas, mas a cobertura do dossel é alcançada mais lentamente, pois as mudas são plantadas com alguns meses de viveiro. As áreas com alto potencial de regeneração natural, quando são destinadas à recomposição da vegetação nativa, são estratificadas, com dossel irregular e alta densidade de regenerantes. Uma vez que o dossel fecha, os demais parâmetros já estão alcançados.

Em formações savânicas é esperado que plantas arbóreas e arbustivas coexistam com as ervas e gramíneas, de forma a terem uma proporção de cobertura do solo equilibrada, em que cada um dos componentes, lenhoso e herbáceo, possuam no mínimo 30%, conforme acordado por especialistas em reunião de construção de indicadores da Aliança Cerrado. Nos projetos cujo objetivo é atingir cerrado, a cobertura do solo tanto de capins quanto lenhosas nativas deve ser pelo menos de 30% para cada categoria e a cobertura de espécies exóticas menor que 30%. Nos projetos avaliados há grande presença de gramíneas exóticas (**Figura 7**). Contudo, mesmo em áreas maduras há presença de gramíneas exóticas (**Quadro 2**). Para a definição de indicadores pelos estados, deve ser considerado o valor que os projetos conseguiram alcançar, mas também os valores máximos que os capins exóticos podem atingir e que não voltem a dominar a área restaurada. Há ainda necessidade de desenvolver e adaptar métodos de controle de exóticas, que diminuam sua infestação nas áreas restauradas (Pellizzaro et al., 2017; Silva & Vieira, 2017). A restauração de fitofisionomias savânicas tem poucos anos de história, mas é inadmissível continuar negligenciando estes ecossistemas. Nos projetos de cerrado a riqueza de espécies e a densidade de regenerantes apresentaram altos valores, com metade dos projetos alcançando entre 20 e 40 espécies, e todos com densidade acima de 4000 regenerantes por hectare.

## **RECOMENDAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS**

- As reuniões com especialistas pesquisadores, técnicos estaduais de meio ambiente e de organizações não governamentais demonstraram que o sistema de avaliação e monitoramento para fins de aprovação da recomposição da vegetação nativa deve considerar indicadores de resultados, ao invés de indicadores de implantação. Esta nova visão permite que mais métodos de

restauração sejam utilizados e que a responsabilidade pelo restaurador se prolongue até que a área não necessite mais de manejo.

- O sistema de indicadores da Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo foi um instrumento amplamente aceito pelos técnicos presentes nas reuniões e pelos pesquisadores que desenvolveram o projeto no DF e em MT. Concordamos que, ao melhor do conhecimento sobre ecologia da restauração, os indicadores sejam capazes de predizer o sucesso de uma área restaurada, quando avaliados em conjunto. Certamente os métodos e os valores dos indicadores devem ser reavaliados à medida em que o conhecimento sobre o tema avança.
- Reconhecemos oportunidades de melhoria nos métodos, conforme sugerimos nesta discussão, em relação ao método de cobertura do dossel, do solo e tamanho dos regenerantes. Uma descrição detalhada dos métodos recomendados está no Protocolo de Monitoramento de Áreas de Recomposição da Vegetação Nativa do Distrito Federal e Mato Grosso (em preparação).
- As avaliações em dezenas de áreas em restauração no DF e em MT sugerem que é perfeitamente possível alcançar valores de indicadores que aprovem o projeto em cerca de 7 anos, utilizando diferentes métodos e suas variações. Estes resultados devem encorajar técnicos, proprietários rurais e instituições envolvidos com a recomposição da vegetação nativa.
- A restauração de fitofisionomias savânicas não foi observada no DF e em MT, a não ser em experimentos científicos. É urgente que políticas públicas fomentem a restauração desses ecossistemas.
- Enquanto este relatório tratou de observar indicadores de sucesso da restauração, havia forte intenção nos grupos de trabalho do DF e MT para gerar indicadores de manejo e, especialmente, capacitação sobre métodos de recomposição. Tal conhecimento trará segurança aos restauradores, para quando forem lidar com a aprovação de seus projetos.



## REFERÊNCIAS

- Brancalion, P. H. S., Schweizer, D., Gaudare, U., Manguiera, J. R., Lamonato, F., Farah, F. T., Nave, A. G., & Rodrigues, R. R. (2016). Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes: the case of Brazil. *Biotropica*, 48(6), 856–867.
- Chaves, R. B., Durigan, G., Brancalion, P. H. S., & Aronson, J. (2015). On the need of legal frameworks for assessing restoration projects success: new perspectives from São Paulo state (Brazil). *Restoration Ecology*, 23(6), 754–759.
- Chazdon, R. L., Letcher, S. G., van Breugel, M., Martinez-Ramos, M., Bongers, F., & Finegan, B. (2007). Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 362(1478), 273–289.
- Durigan, G., Engel, V. L., Torezan, J. M., Melo, A. C. G. de, Marques, M. C. M., Martins, S. V., Reis, A., & Scarano, F. R. (2010). Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? *Revista Árvore*, 34, 471–485.
- Martins, É. D. S., Reatto, a., Carvalho Jr., O., & Guimarães, R. (2004). Evolução Geomorfológica do Distrito Federal. Documentos / Embrapa Cerrados.
- Pellizzaro, K. F., Cordeiro, A. O. O., Alves, M., Motta, C. P., Rezende, G. M., Silva, R. R. P., Ribeiro, J. F., Sampaio, A. B., Vieira, D. L. M., & Schmidt, I. B. (2017). "Cerrado" restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. *Brazilian Journal of Botany*, (March), 1–13.
- Poorter, L., Bongers, F., Aide, T. M., Almeyda Zambrano, A. M., Balvanera, P., Becknell, J. M., Boukili, V., Brancalion, P. H. S., Broadbent, E. N., Chazdon, R. L., Craven, D., de Almeida-Cortez, J. S., Cabral, G. A. L., de Jong, B. H. J., Denslow, J. S., Dent, D. H., DeWalt, S. J., ... Rozendaal, D. M. A. (2016). Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature*, 530(7589), 211–214.
- Ribeiro, J. F., & Walter, B. M. T. (2008). RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 2008. In Cerrado: ecologia e flora (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina. p.151 -212. In S. M. Sano, S. P. Almeida, & J. F. Ribeiro (Eds.), *Cerrado: ecologia e flora* (pp. 151–212). Planaltina: Embrapa Cerrados.
- Silva, R. R., & Vieira, D. L. (2017). Direct seeding of 16 Brazilian savanna trees: Responses to seed burial, mulching and an invasive grass. *Applied Vegetation Science*, 20(3), 410-421.
- Soares-Filho, B., Rajão, R., Macedo, M., Carneiro, A., Costa, W., Coe, M., Rodrigues, H., & Alencar, A. (2014). Cracking Brazil's forest code. *Science*, 344(6182), 363–364.
- Suding, K. N. (2011). Toward an Era of Restoration in Ecology: Successes, Failures, and Opportunities Ahead. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42, 465–487.

**ANEXO 1.** Métodos de amostragem de indicadores de restauração da vegetação nativa.

## MÉTODO DE MONITORAMENTO POR INTERCEPTAÇÃO DA LINHA: UM ESTRATO; DOIS ESTRATOS

### Descrição geral

Consiste na medida da interceptação da vegetação ao longo de uma linha. Nesse método é registrado quanto a vegetação e as projeções das copas interceptam a linha de amostragem. Desta maneira, estima-se a proporção de cobertura do solo por cada espécie ou forma de vida\*.

### Materiais

1 Fita métrica, 1 bastão guia (2m de altura e 5 – 10mm de espessura, com marcações de altura a cada 0,5m), 1 Bastão fixo (0,5m de altura e 100 – 150mm de espessura).

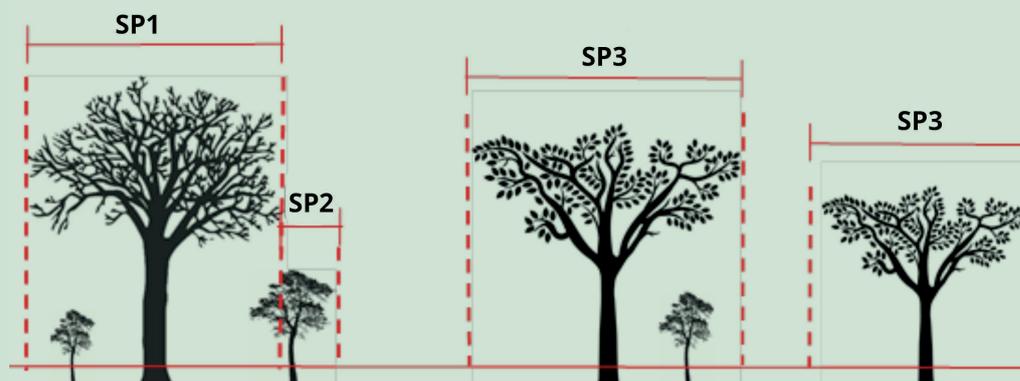
### Montagem

Estica-se uma fita métrica (trena) numa posição ao acaso dentro da área de interesse, buscando mantê-la o mais reto possível. A trena é amarrada nas extremidades com os bastões fixos para que ela não se desloque durante a execução do método. É importante não interferir na vegetação onde será posicionada a fita métrica para não alterar a cobertura real durante a execução.

### Execução: Um estrato

À medida que se caminha ao longo da fita métrica, registra-se o intervalo da cobertura vegetal de cada espécie/forma de vida que primeiro intercepta a luz, ou seja, da vegetação mais alta que proporciona a cobertura (**Figura 1**).

**Figura 1.** Esquema representativo da amostragem de cobertura do solo pelo método de interceptação da linha. Linha cheia representa a fita métrica e linhas tracejadas representam a projeção das copas das espécies “SP1”, “SP2” e “SP3”.



### Execução: Dois estratos (1,5 metros)

Observa-se em dois estratos a trena, abaixo e acima de 1,5m (ou altura dos olhos), e ao longo da trena são registrados os intervalos de vegetação em que primeiro a luz intercepta para cada estrato (**Figura 2**). Este método, na prática, considera como o chão a altura de 1,5 para o estrato superior, e o céu a altura de 1,5 para o estrato inferior.



vegetações no bastão, pelo menos uma vez, em cada classe de altura (intervalos das marcações de altura e projeção do bastão para cima; **Figura 3**). Também é registrado a ausência de toques nas classes de altura e o que está presente no solo (solo, serapilheira ou palhada). O registro das plantas que tocam o bastão guia podem ser identificadas quanto à espécie, a forma de vida e também se a espécie é nativa ou exótica na região. É importante, e em caso de vento, fazer uma mirada instantânea e anotar os toques, uma vez que o balanço da trena e das folhas traz indecisão na anotação. Neste trabalho foram anotados os toques de cada forma de vegetação, considerando somente um toque por estrato e posição na trena, mesmo que houvesse mais de um toque por ponto.

**Figura 3.** Esquema representativo da amostragem de cobertura do solo pelo método de interceptação de pontos em classes de altura. Linha cheia representa a fita métrica, onde é posicionada a vareta a cada 0,5m, e é registrado todas as espécies que tocam a vareta, representados por “x”, em cada classe de altura. Deve ser registrado a ausência de toques em determinadas classes de altura e também o que está no solo (solo, serapilheira ou palhada).



Ilustração © Carla Sartorelli

### Análise de dados

Para se obter a porcentagem de cobertura de cada tipo de vegetação em cada classe de altura, se divide a quantidade de pontos anotados do tipo em questão pela quantidade possível de pontos em cada classe, multiplicando por 100. Da mesma forma, a quantidade de pontos anotados quando na ausência de vegetação é dividida pela quantidade de pontos possível na classe de altura, se obtendo assim a representação da porcentagem da ausência de vegetação na classe. A soma das porcentagens dos tipos de vegetação nas classes pode dar mais que 100, o que caracteriza a sobreposição de cobertura dentro da classe de altura. Também é possível trabalhar com porcentagem de cobertura pela proporção de pontos da espécie/forma de vida com relação ao total de pontos na classe, ou mais de uma classe.

## DENSIDADE E RIQUEZA DE REGENERANTES

### Descrição geral

Consiste em realizar levantamento dos indivíduos arbóreos dentro de uma parcela pré-determinada.

### Materiais

1 Fita métrica, 1 bastão guia (2m de altura e 5 – 10mm de espessura, com marcações de altura a cada 0,5m), 1 Bastão fixo (0,5m de altura e 100 – 150mm de espessura).

### Montagem

Estica-se uma fita métrica (trena) numa posição ao acaso dentro da área de interesse, buscando mantê-la o mais retilíneo possível. A trena é amarrada nas extremidades com os bastões fixos para que ela não se desloque durante a execução do método. Perpendicular a fita métrica é estabelecida uma distância para realizar a amostragem (Figura 4, aqui é usado o exemplo de parcelas com 25×1m e 25×4m).

### Execução

Após estabelecido o tamanho da parcela, toda a sua área deve ser percorrida registrando todos indivíduos que são objeto de estudo, por exemplo, os lenhosos.

**Figura 4.** Esquema representativo da amostragem da comunidade arbórea e regenerante lenhosa na parcela de 25×1m.



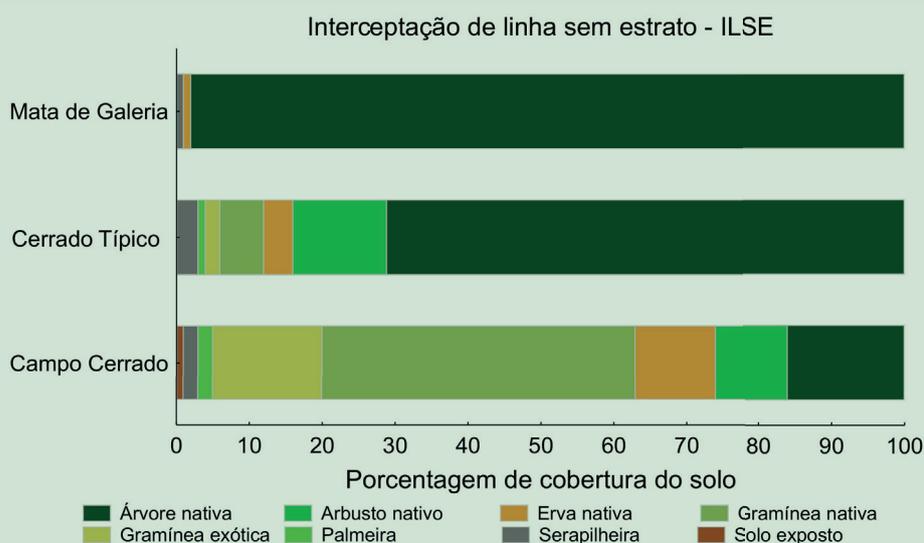
## Análise de dados

Para se obter a porcentagem de cobertura de cada tipo de vegetação em cada classe de altura, se divide a quantidade de pontos anotados do tipo em questão pela quantidade possível de pontos em cada classe, multiplicando por 100. Da mesma forma, a quantidade de pontos anotados quando na ausência de vegetação é dividida pela quantidade de pontos possível na classe de altura, se obtendo assim a representação da porcentagem da ausência de vegetação na classe. A soma das porcentagens dos tipos de vegetação nas classes pode dar mais que 100, o que caracteriza a sobreposição de cobertura dentro da classe de altura. Também é possível trabalhar com porcentagem de cobertura pela proporção de pontos da espécie/forma de vida com relação ao total de pontos na classe, ou mais de uma classe.

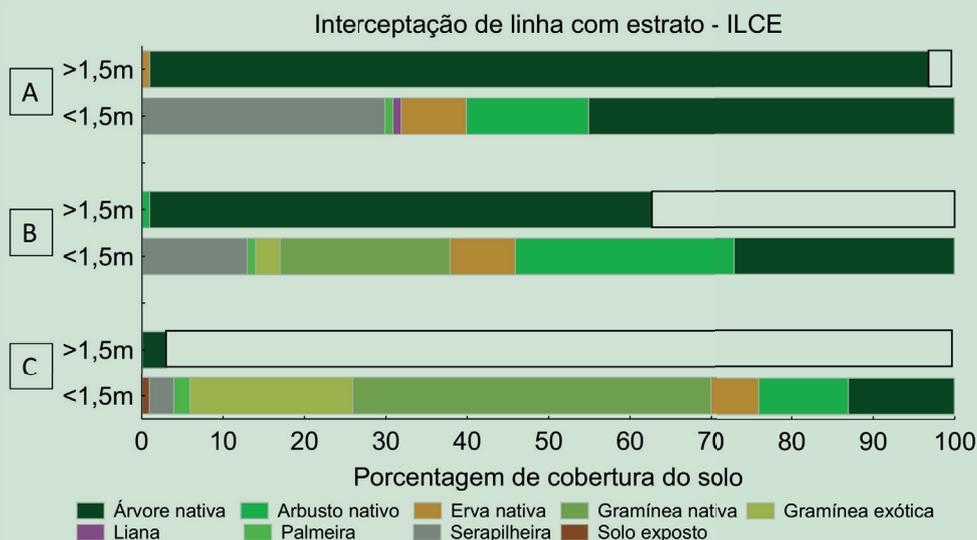
### ANEXO 2.

Representação gráfica de métodos de cobertura da vegetação.

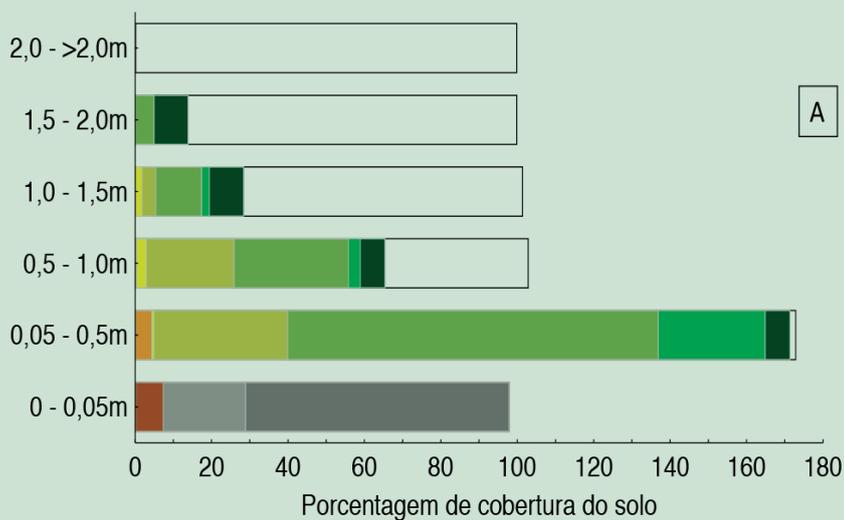
**Figura 1.** Cobertura do solo pelo método de amostragem Intercepção de linha sem estrato, com valores referentes a áreas maduras de Mata de Galeria, Cerrado sentido restrito e Campo Cerrado.



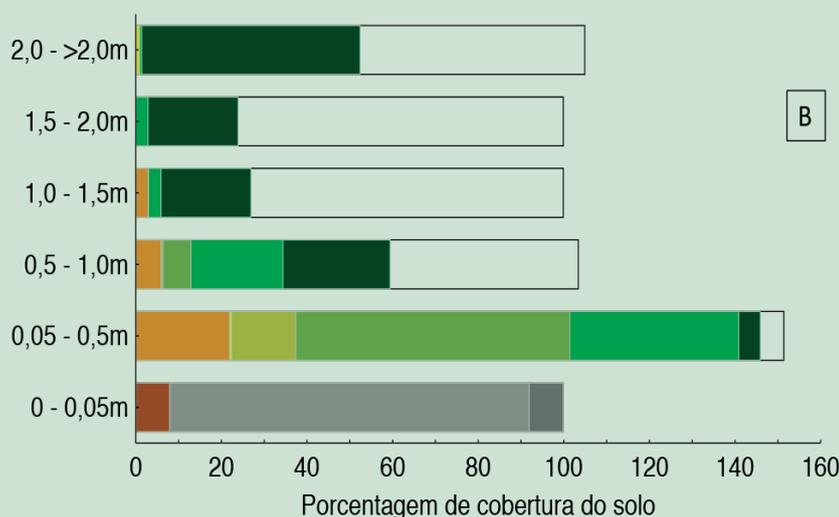
**Figura 2.** Cobertura do solo pelo método de amostragem Intercepção de linha com estrato (acima e abaixo de 1,5m), com valores referentes a áreas maduras de (A) Mata de Galeria, (B) Cerrado sentido restrito e (C) Campo Cerrado.



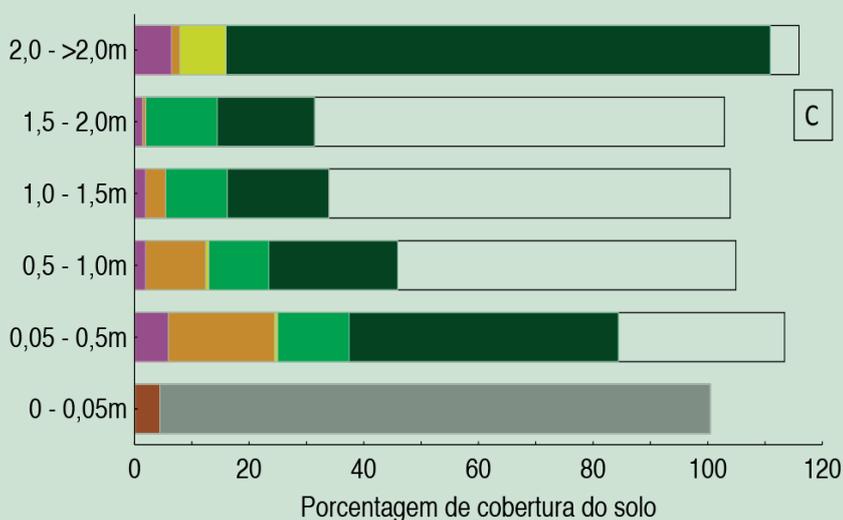
**Figura 3.** Cobertura do solo pelo método de amostragem Interceptação de pontos – IP (cobertura ligeiramente acima do solo (0 – 0,05m), e intervalos de 0,5m mais projeção do ponto acima de 2,0m), com valores referentes a áreas maduras de (A) Campo Cerrado, (B) Cerrado Típico e (C) Mata de Galeria.



Sem vegetação
  Árvore nativa
  Arbusto nativo
  Gramínea nativa
  Gramínea exótica
  Palmeira
  Erva nativa
  Palhada
  Serapilheira
  Solo exposto



Sem vegetação
  Árvore nativa
  Arbusto nativo
  Gramínea nativa
  Gramínea exótica
  Palmeira
  Erva nativa
  Palhada
  Serapilheira
  Solo exposto



Sem vegetação
  Árvore nativa
  Arbusto nativo
  Gramínea nativa
  Gramínea exótica
  Palmeira
  Erva nativa
  Palhada
  Serapilheira
  Solo exposto
  Liana

### Revisores

Clarine Correia da Costa Rocha (IBRAM-DF)

Raíssa Ribeiro Pereira Silva (Autônoma)

### Contribuição intelectual

Alexandre Bonesso Sampaio (ICMBio)

Eduardo Malta Campos Filho (ISA)

Raul Silva Telles do Valle (SEMA-DF)

Lígia Nara Vendramin (SEMA/MT)

Vanessa Jó Girão (TNC)

e todos os participantes das oficinas de construção de indicadores de restauração do DF e de MT

### Realização



### RESTAURAR Consultoria Ambiental



### Apoio



## SOBRE O INPUT

O projeto INPUT - Iniciativa para o Uso da Terra, desenvolvido pela Agroicone em parceria com o Climate Policy Initiative (CPI), tem como objetivo promover a implementação do novo Código Florestal em larga escala e incentivar políticas públicas inteligentes. O trabalho de análises rigorosas das duas organizações, que contam com um grupo multidisciplinar de pesquisadores e consultores, seguirá até 2017 com a proposta de engajar o setor privado e os governos no processo de regularização perante o Código e de subsidiar políticas públicas de uso do solo no Brasil.

No INPUT, a Agroicone é responsável por gerar informações sobre as alternativas para restauração de vegetação nativa, bem como da compensação de áreas de reserva legal, e engajar o setor privado nos desafios da regularização e criar soluções setoriais que permitam a adequação em larga escala.

Saiba mais em: [www.inputbrasil.org](http://www.inputbrasil.org)