



**EFICIÊNCIA DE INDICADORES DA RESTAURAÇÃO
ECOLÓGICA EM MATA RIPÁRIA (FASE DE
IMPLANTAÇÃO) NO CERRADO, GAMA – DF**

PEDRO AUGUSTO FONSECA LIMA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**EFICIÊNCIA DE INDICADORES DA RESTAURAÇÃO
ECOLÓGICA EM MATA RIPÁRIA (FASE DE
IMPLANTAÇÃO) NO CERRADO, GAMA – DF**

PEDRO AUGUSTO FONSECA LIMA

ORIENTADOR: Dr. ALCIDES GATTO

CO-ORIENTADORA: Dra. LIDIAMAR BARBOSA ALBUQUERQUE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM – 228/2014.

BRASÍLIA/DF: MAIO DE 2014

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

EFICIÊNCIA DE INDICADORES DA RESTAURAÇÃO
ECOLÓGICA EM MATA RIPÁRIA (FASE DE
IMPLANTAÇÃO) NO CERRADO, GAMA – DF

PEDRO AUGUSTO FONSECA LIMA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

DISSERTAÇÃO APROVADA POR:

Prof. Dr. ALCIDES GATTO
Professor do Departamento de Engenharia Florestal – UnB
(Orientador)

Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PINTO
Professor do Departamento de Engenharia Florestal – UnB
(Examinador Interno)

Dra. ARACI MOLNAR ALONSO
Pesquisadora da Embrapa Cerrados
(Examinadora Externa)

Prof. Dra. ROSANA DE CARVALHO CRISTO
Professora do Departamento de Engenharia Florestal – UnB
(Suplente Interno)

Brasília/DF, 23 de maio de 2014.

FICHA CATALOGRÁFICA

L732e Lima, Pedro Augusto Fonseca.
Eficiência de indicadores da restauração ecológica em mata ripária (fase de implantação), no Cerrado, Gama - DF / Pedro Augusto Fonseca Lima. -- 2014.
xiii, 104 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 2014.
Inclui bibliografia.
Orientação: Alcides Gatto ; Coorientação: Lidiamar Barbosa de Albuquerque.

1. Matas ripárias. 2. Cerrados. 3. Recuperação ecológica.
I. Gatto, Alcides. II. Albuquerque, Lidiamar Barbosa de.
III. Título.

CDU 634.0.23(81)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LIMA, P.A.F. (2014). **Eficiência de indicadores da restauração ecológica em mata ripária (fase de implantação), no Cerrado, Gama – DF**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM – 228/2014. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 104f.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Pedro Augusto Fonseca Lima

TÍTULO: Eficiência de indicadores na fase de implantação da restauração ecológica em mata ripária, no Cerrado, Gama – DF

GRAU: MESTRE ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília (UnB) permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Pedro Augusto Fonseca Lima
pedrofons@gmail.com

Dedico este trabalho à
minha mãe, Raquel Fonseca; ao meu
pai, Luciano Santana Lima e à minha
irmã, Mariana Fonseca Lima.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Raquel Fonseca e Luciano Santana Lima, por toda a dedicação, carinho e apoio, e à minha irmã Mariana Fonseca Lima, por ser minha inspiração diária, por sempre depositar sua confiança em mim durante todos esses anos.

À minha avó Carmem, com o amor constante de cada dia.

Ao meu tio Celso e minha avó Edina (*in memoriam*), que sempre me protegeram dos males maiores, sendo meus anjos da guarda.

Ao meu orientador, Alcides Gatto, por sempre dispor de seu tempo para me atender e pela boa amizade e companheirismo adquiridos nestes anos.

À minha Co-orientadora, Lidiamar Barbosa de Albuquerque, que deu a mim a oportunidade de dar os meus primeiros passos dentro da Embrapa Cerrados e possibilitou a execução desta dissertação dentro do projeto AQUARIPARIA/CNPq, orientando-me no desenvolvimento desta dissertação, principalmente na parte biótica. Será considerada um exemplo de ética e perseverança, sempre. Muito obrigado.

As pesquisadoras da Embrapa Cerrados: Dra. Fabiana de Gois Aquino, por ter colaborado nas correções iniciais desta dissertação, e Dra. Araci Molnar Alonso, por sempre me lembrar de quais são os reais valores do ser humano. Obrigado.

Aos Funcionários da Embrapa Cerrados, assim como aos do Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira (CTZL), que me apoiaram no desenvolvimento deste trabalho e, em especial, ao Sr. Luiz Alves Moreno, pelos conhecimentos do histórico de ocupação da área. Aos estagiários que ajudaram na pesquisa, pois foram parte essencial para a conclusão desta dissertação.

Ao Juaci Vitória Malaquias, por ter me auxiliado em toda a estatística na Embrapa Cerrados.

A todos um salve, meus companheiros que vivenciaram esta jornada e me apoiaram, dando suporte, carinho e sorrisos: Marconona, Luana Luizy, Tony, Bruno, Duda, Elizinha, Gabi, Ale, Saulinho, Raquel, Ana Maria, Michelle, Jessica, Jessy, Juliene, Rafa, Marizete, Bárbara, Renata, Arthur, Thuthu, Mendes e Pedro Vilela.

Aos professores do Departamento da Engenharia Florestal: Professor Eraldo Matricardi, por disponibilizar a bolsa que deu suporte para conclusão deste Mestrado e por fomentar todo o aprendizado acadêmico na disciplina de Incêndios Florestais. À professora Rosana Cristo, por disponibilizar solícitamente o Laboratório de Sementes Florestais para realização de pesquisas.

Aos membros da banca examinadora, obrigado pelas valiosas sugestões e críticas apresentadas.

À Universidade Estadual de Goiás, pólo Ipameri – GO, por ter sido o pivô para chegar onde estou, e a todos os meus irmãos que estão comigo até hoje, minha eterna gratidão.

À CAPES, pelo suporte financeiro necessário durante o Mestrado.

RESUMO GERAL

EFICIÊNCIA DE INDICADORES DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM MATA RIPÁRIA (FASE DE IMPLANTAÇÃO) NO BIOMA CERRADO, GAMA – DF

Autor: Pedro Augusto Fonseca Lima

Orientador: Alcides Gatto

Co-orientadora: Lidiamar Barbosa de Albuquerque

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, maio de 2014

Os avanços do conhecimento da restauração ecológica e dos indicadores de avaliação são essenciais para a conservação e manejo da restauração nas matas ripárias do bioma Cerrado. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência ecológica de três indicadores de restauração na fase de implantação: o percentual de sobrevivência de mudas plantadas, o seu crescimento em altura e a cobertura de regenerantes. O estudo foi conduzido no Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira (CTZL) da Embrapa Cerrados, Gama – DF. A coleta de dados foi realizada no período de janeiro/2012 a janeiro/2013, a partir da instalação do experimento de restauração ecológica com plantios de espécies nativas, realizado em dezembro/2011. Para avaliação da eficiência dos indicadores de restauração foi analisado o enquadramento dos aspectos: sensibilidade, resultabilidade, custo, compreensão, interpretação, previsibilidade, escala e síntese. O indicador de sobrevivência foi avaliado a partir da percentagem de mudas sobreviventes. O crescimento em altura foi obtido a partir das mudas com aumento gradativo deste parâmetro, com auxílio de trena. O percentual de cobertura dos regenerantes foi realizado pelo método de Braun-Blanquet, assim como dos remanescentes, invasoras, lianas e ausência de cobertura vegetal. A área total do experimento com dimensões de 320 x 80 m possuiu seis tratamentos com três repetições cada, sendo: T1 = Nucleação (5 x 5 m); T2 = Nucleação (5 x 5 m) + Poleiros; T3 = Poleiros; T4 = Linha de recobrimento e Linha de diversidade; T5 = Controle; T6 = Supressão da braquiária, perfazendo o total de 18 parcelas amostrais. A taxa de sobrevivência das 717 mudas implantadas, pertencentes a 18 espécies após um ano de plantio foi de 73,6%, sendo que apenas cinco espécies tiveram sobrevivência inferior a 70%. Desta forma, a sobrevivência demonstrou ser um bom indicador, quanto aos aspectos: sensibilidade, resultabilidade, compreensão e baixo custo, embora em termos de escala e síntese ainda não estejam claros nesta fase de implantação. A análise do crescimento em altura de mudas resultou em equações capazes de medir o incremento (cm/ano) das espécies utilizadas, bem como da avaliação das espécies com maior incremento anual, como *Inga laurina* e *Tapirira guianensis*, de modo que apresentou restrições na sua eficiência, não se enquadrando em vários aspectos em relação aos outros indicadores. No estudo dos regenerantes ao se analisar, pelo coeficiente de correlação de Pearson, a sua densidade média entre parcela e diagonal verificou-se que não foi representativa para caracterizar toda a parcela. No entanto, ao se analisar a representatividade a partir de equações lineares verificou-se que foi muito alta em julho de 2012 (77%) e moderada em janeiro de 2013 (40%). Ao se analisar a cobertura de regenerantes entre tratamentos (método de Wilcoxon) identificou-se que houve diferença significativa entre a cobertura inicial e final do T1 em relação aos demais tratamentos. Esta diferença em apenas um tratamento pode ser explicada pelo curto período de análise (12 meses). Em outros tratamentos observam-se ligeiros aumentos, os quais se esperam que no decorrer do tempo possam ser significativos. Dentre os indicadores avaliados, na fase de implantação, os regenerantes mostraram-se mais eficientes, seguido da

sobrevivência; no entanto, o crescimento em altura pode ser considerado como de mediana eficiência.

Palavras chave: áreas degradadas; recuperação de matas ripárias; técnicas de restauração; indicadores de restauração ecológica; mata ripária.

ABSTRACT

EFFICIENCY OF INDICATORS IN PHASE IMPLEMENTATION OF ECOLOGICAL RESTAURATION IN RIPARIAN, IN THE CERRADO BIOME, GAMA-DF

Author: Pedro Augusto Fonseca Lima

Supervisor: Alcides Gatto

Co-supervisor: Lidiamar Barbosa de Albuquerque

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, may of 2014

Advances of knowledge of ecological restoration and of the indicators of evaluation are essential for the preservation and management of riparian forest restoration in the Cerrado biome. In this context, the objective of this work was to evaluate the ecological efficiency of three indicators of restoration on the implementation phase: the percentage of survival of planted seedlings, the growth in height and coverage of regenerants. The study was conducted at Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira (CTZL) of Embrapa Cerrados, Gama - DF. Data collection was performed during January 2012 to January 2013, from the experiment in ecological restoration with planting native species conducted in December 2011. To evaluate the efficiency of indicators restoration was analyzed aspects of the framework: sensitivity, resultability, cost, understanding, interpretation, predictability, scale and synthesis. The indicator of survival was evaluated from the percentage of surviving plants. The height growth was obtained from seedlings with a gradual increase of this parameter with the help of tape. The coverage rate of the regenerants was conducted by Braun-Blanquet method, as well as the remaining, weeds, vines and absence of vegetation cover. The total area of the experiment was 2.56 ha, with dimensions of 320 x 80 m, having six treatments with three replicates each: T1 = Nucleation (5 x 5 m); Nucleation T2 = (5 x 5 m) + Perches; T3 = Perches; T4 = Line of coating and Line of diversity; T5 = Control; T6 = Suppression of *Brachiaria*, totaling 18 sample plots. The survival rate of 717 seedlings implanted, belonging to 18 species after one year of planting was 73,6 %, of which only five species had a survival lower to 70%. Thus, the survival proved to be a good indicator by presenting sensitivity, simple results to be measured, interpreted and understood, and low cost, but in terms of scale and synthesis are still unclear. The analysis of height growth of seedlings resulted in equations capable of measuring the increment (cm/year) of the species used, as well as the assessment of species with higher annual increment, as *Inga Laurina* and *Tapirira guianensis*, so that submitted of restrictions on their efficiency, not fitting in several respects from other indicators. The regenerants indicator proved the most efficient and belong in all aspects evaluated. It was possible to evaluate the increase in coverage for all treatments, although not demonstrate a significant difference between treatments. In the study of regenerants when analyzing by Pearson correlation coefficient, its average density between diagonal and portion it was found that was not representative to characterize the entire plot. However, when analyzing the representativeness from linear equations it was found that it was very high in July 2012 (77%) and moderate in January 2013 (40%). When analyzing the coverage of regenerants between treatments (Wilcoxon method), it was found that there was significant difference between the initial and final coverage of T1 when compared with other treatments. This difference in just one treatment can be explained by the short period of analysis (12 months). However, in other treatments was observed modest increases, which is expected over time may be significant. Among the indicators evaluated in the implementation phase, regenerants was more efficient saplings were more efficient, followed by survival, which has good efficiency; However, growth in height may be considered a median efficiency.

Keywords: degraded areas; recovery of riparian forests; restoration techniques; indicator of ecological restoration; riparian forest.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 CERRADO E RESTAURAÇÃO DE MATAS RIPÁRIAS	1
1.2 INDICADORES DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA.....	2
1.2.1 Restauração ecológica: histórico e conceitos de indicadores.....	3
1.2.2 Importância dos indicadores de restauração ecológica.....	7
1.2.3 Critérios de escolha dos indicadores de restauração ecológica	10
1.2.4 Utilização dos indicadores de restauração ecológica.....	12
1.2.5 Monitoramento de indicadores de restauração ecológica	16
1.2.6 Indicadores de restauração e sustentabilidade	20
2. OBJETIVOS.....	23
2.1 OBJETIVO GERAL	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3. MATERIAL E MÉTODOS GERAL	24
3.1. PROJETO DE RESTAURAÇÃO – AQUARIPÁRIA	24
3.1.1 Caracterização da área de estudo	24
3.1.2 Experimento de restauração ecológica.....	27
3.1.3 Delineamento experimental	30
3.1.4 Escolha das espécies	31
3.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS	34
3.2.1 Indicador sobrevivência	34
3.2.2 Indicador crescimento em altura.....	34
3.2.3 Indicador regenerantes	36
3.2.4 Incidência de fatores bióticos.....	38
3.2.6 Eficiência dos indicadores de restauração	39
REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO 1: SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO COMO INDICADOR DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM MATAS RIPÁRIAS, CERRADO, DISTRITO FEDERAL	49
RESUMO	49
ABSTRACT	50
1. INTRODUÇÃO	51

2. MATERIAIS E MÉTODOS	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4. CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO 2: CRESCIMENTO EM ALTURA DE MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO COMO INDICADOR DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM MATA RIPÁRIA..... 69

RESUMO	69
ABSTRACT	70
1. INTRODUÇÃO	71
2. MATERIAIS E MÉTODOS	72
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
4. CONCLUSÕES.....	82
REFERÊNCIAS	83

CAPÍTULO 3: EFICIÊNCIA DE REGENERANTES COMO INDICADOR DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO CERRADO..... 88

RESUMO	88
ABSTRACT	89
1. INTRODUÇÃO	90
2. MATERIAIS E MÉTODOS	91
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
4. CONCLUSÕES.....	99
REFERÊNCIAS	100

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
---------------------------	-----

LISTA DE TABELAS

	Pag.
Tabela 1 – Ocorrência, categoria sucessional e habitat de espécies nativas do Cerrado utilizadas no experimento de restauração ecológica de matas ripárias, no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2012.....	32
Tabela 2 – Espécies nativas do Cerrado distribuídas em três tratamentos no experimento de restauração ecológica de mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2012.....	33
Tabela 3 – Áreas das parcelas e respectivas áreas amostrais das diagonais dos seis tratamentos no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF.....	36
Tabela 4 – Aspectos e descritores atribuídos aos indicadores ecológicos para determinar sua eficiência em avaliar o estado de uma área e monitorar tendências. Adaptado de Segip (1995) e Metzger (2002).....	39
Tabela 5 – Sobrevivência das espécies utilizadas no plantio de mudas realizado de janeiro 2012 a janeiro 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	54
Tabela 6 – Características físico-químicas do solo em quatro profundidades, no experimento de restauração ecológica de mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	56
Tabela 7 – Comparação entre as médias de parâmetros bióticos dos grupos extraídos na análise de cluster no experimento de restauração ecológica em mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	59
Tabela 8 – Eficiência da sobrevivência como indicador de restauração ecológica através da escala de Likert (cinco níveis), conforme proposto por Segip (1995) e Metzger (2002), em experimento de restauração ecológica em mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	61
Tabela 9 – Crescimento em altura (cm) de espécies nativas do Cerrado no experimento de restauração ecológica de matas ripárias, no período de 348 dias, no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	74
Tabela 10 – Comparação entre as médias de parâmetros de herbivorias, ausência de folhas e crescimento dos grupos extraídos na análise de cluster no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	77
Tabela 11 – Parâmetros bióticos coletados durante o monitoramento anual das espécies no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	78
Tabela 12 – Avaliação da eficiência do crescimento em altura como indicador de restauração ecológica através da escala de Likert (cinco níveis), conforme proposto por Segip (1995) e Metzger (2002), no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	80

Tabela 13 – Densidade média de regenerantes nas parcelas e nas respectivas diagonais avaliadas em relação aos tratamentos, de janeiro de 2012 a janeiro 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	92
Tabela 14 – Representatividade da densidade de regenerantes da parcela pela diagonal, a partir de equações lineares obtidas, de janeiro de 2012 a janeiro de 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	91
Tabela 15 – Cobertura e incremento de regenerantes (%) nos diferentes tratamentos, de janeiro de 2012 a janeiro 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	94
Tabela 16 – Cobertura e incremento médio anual de graminóides, invasoras, remanescentes, solos expostos e lianas nos seis tratamentos, no período de janeiro de 2012 a janeiro 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2012. Onde CbA: Cobertura anual e IM: incremento médio anual.....	96
Tabela 17 – Avaliação da eficiência dos regenerantes como indicador de restauração ecológica através da escala de Likert (cinco níveis), conforme proposto por Segip (1995) e Metzger (2002), em experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	98

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1 – Localização do experimento de restauração ecológica de matas ripárias no Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira (CTZL) da Embrapa Cerrados, Núcleo Rural Ponte Alta, Gama – DF, 2014.....	25
Figura 2 – Mapa pedológico na escala 1:100.000 e detalhamento cartográfico em campo do experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013. As legendas das classes de solos são: LVd1 – Latossolo Vermelho distrófico, LVAd2 – Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico ambos de textura argilosa e CXd9 – Cambissolo distrófico lítico, textura média. Fonte: Reatto (2013).....	26
Figura 3 – Coleta do solo com trado holandês, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013. Foto: Pedro Augusto Fonseca Lima.....	26
Figura 4 – Precipitação e temperatura média de janeiro de 2012 a janeiro de 2013, no Distrito Federal. Dados do INMET (2014).....	27
Figura 5 – Implantação dos núcleos adensados, em formato de cruz, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013. Foto: Aline Cristina da Silva Alves de Sousa.....	28
Figura 6 – Esquema do poleiro implantado em campo do experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados da Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2012.....	29
Figura 7 – Vista geral da área com poleiros artificiais implantados no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013. Foto: Aline Cristina da Silva Alves de Sousa.....	29
Figura 8 – Esquema representativo da distribuição dos tratamentos (T1 a T6) e respectivas repetições (a, b e c) na área experimental de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2012.....	31
Figura 9 – Esquema representativo da medição da altura (cm) de mudas de espécies nativas a partir do colo da planta até a gema apical no experimento de restauração ecológica em mata ripária, no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF. Fonte: Adaptado de Silva (2007).....	35
Figura 10 – Esquema representativo da parcela amostral com a diagonal traçada nos seis tratamentos do experimento de restauração ecológica de mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF. Ad = Área da diagonal.....	37
Figura 11 – Dendrograma do percentual de sobrevivência das espécies em relação aos parâmetros bióticos classificados pela análise de agrupamento no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	58
Figura 12 – Dendrograma do percentual de desenvolvimento das espécies em relação aos parâmetros bióticos classificados pela análise de agrupamento no experimento de restauração ecológica em mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.....	76

Figura 13 – Cobertura de regenerantes a partir da cobertura inicial até a final, de janeiro de 2012 a janeiro 2013, em experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013..... 95

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 CERRADO E RESTAURAÇÃO DE MATAS RIPÁRIAS

O Cerrado é considerado um dos biomas mais ricos e com maior biodiversidade de espécies do mundo (LEWINSOHN; PRADO, 2002), possuindo 160 mil espécies de plantas, fungos e animais catalogados (RATTER et al., 1997). É considerado o segundo bioma brasileiro em extensão, compreende 2.039.386 km² e representa aproximadamente 23% do território nacional (MMA/IBAMA, 2011). No entanto, a ocupação humana, por meio do uso e ocupação do solo para atividades agropecuárias, expansão mineral e degradação dos recursos naturais, reduziu a área nativa do Cerrado para 50,84% do território original (1.036.877 km²) (MMA/IBAMA, 2011).

Várias formações florestais do Cerrado, até então preservadas, foram alvos de interesse econômico, incluindo as formações florestais das matas ripárias. As matas ripárias são definidas como formações florestais com particularidade florística, em função das cheias periódicas, variáveis em intensidade, duração e frequência e da flutuação do lençol freático (MANTOVANI, 1989).

A mata ripária pode ser entendida como as matas que margeiam os cursos d'água e suas cabeceiras, incluindo a mata ciliar e a mata de galeria. A mata ciliar é a vegetação florestal que acompanha as margens dos rios de médio a grande porte (ALBUQUERQUE et al., 2010). A mata de galeria difere da mata ciliar pela composição florística e pela deciduidade, apresentando a mata ciliar diferentes graus de caducifolia na estação seca; enquanto a mata de galeria é predominantemente perenifolia (RIBEIRO; WALTER, 2001).

Esta vegetação do ponto de vista ecológico e hidrológico possui grande importância, visto que contribui para a manutenção da saúde ambiental e da resiliência da microbacia hidrográfica (NAIMAN; D'ECAMPS, 1997). Todavia, as matas ripárias no Cerrado e em outros biomas representam, para muitos agropecuaristas, um obstáculo ao livre acesso do gado à água e à expansão agrícola (ALBUQUERQUE et al., 2010), levando à degradação e à perda da capacidade de recuperação após o distúrbio.

A degradação da mata ripária pode ser atribuída a vários fatores, em especial: corte seletivo de madeira, mineração e pastagem (ATTANASIO et al., 2012). Sua preservação e restauração são necessárias para a sustentabilidade do local, visando proteção das funções hidrológicas e ecológicas (ALBUQUERQUE et al., 2010). A

restauração de matas ripárias é recomendada como a melhor opção para a proteção dos recursos hídricos e para a recuperação da biodiversidade (GÊNOVA et al., 2007).

Na recomposição de uma área são usados alguns termos: restauração, recuperação e reabilitação. Restauração é o restabelecimento da estrutura, produtividade e diversidade de espécies da flora original. Recuperação é o restabelecimento da estrutura e da produtividade em uma área degradada, usando espécies arbóreas nativas e exóticas (LAMB; GILMOUR, 2003). Na reabilitação é dada ênfase à recuperação de processos e funções do ecossistema para aumentar o fluxo de serviços e benefícios às pessoas, mas sem que haja uma intenção explícita em se restabelecer a composição e estrutura originais do ecossistema (SER, 2004; CLEWELL, 2009).

De maneira ampla, a restauração difere da recuperação e da reabilitação. A restauração ecológica busca gerar estabilidade e integridade biológica aos ecossistemas naturais (ENGEL; PARROTA, 2003), visando proporcionar o reestabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes nos sistemas naturais (DIAS; GRIFFITH, 1998; BARBOSA, 2003).

Para inferência das condições ambientais da restauração ecológica devem ser utilizadas ferramentas de avaliação denominadas indicadores (RODRIGUES et al., 2009). O uso desses indicadores deve possuir forte relação com os objetivos do projeto (MANOLIADIS, 2002), bem como transmitir ganhos ambientais em áreas em restauração (RODRIGUES; GANDOLFI, 1998).

A partir de parâmetros selecionados como indicadores de restauração, com base em critérios que reflitam a viabilidade e estabilidade do ecossistema, em longo prazo, (MUMMEY et al., 2002) é possível a obtenção de dados que reflitam a situação em vários momentos do monitoramento da área em estudo. Portanto, o uso de indicadores pode ser considerado ferramenta importante para a avaliação dos projetos de restauração.

1.2 INDICADORES DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

A escolha da ação de restauração mais adequada requer a identificação correta e precisa de conceitos relacionados à dinâmica do ecossistema degradado (MORAES, 2010). Muito utilizados para a avaliação de condições ambientais, o uso de indicadores ecológicos representa uma análise científica, com a categorização numérica ou descritiva de dados

ambientais, e é frequentemente baseado em informações parciais que refletem o status de extensos ecossistemas (VAN STRAALLEN, 1998; MANOLIADIS 2002).

Os indicadores de restauração são ferramentas capazes de inferir condições de determinado critério utilizado no ambiente, relacionando os processos sucessionais naturais com as metas estabelecidas em projetos de restauração ecológica (RODRIGUES et al. 2009). Ou seja, os indicadores de restauração levam à percepção do sucesso ou não das metas estabelecidas no projeto, ou à viabilidade da metodologia aplicada.

Através de avaliações periódicas, é possível identificar e corrigir as falhas de planejamento e execução do projeto, em vista de obter resultados satisfatórios. Os indicadores devem ser de fácil mensuração e capazes de responder a impactos de forma previsível (ANDREASEN et al. 2001; DALE; BEYELER, 2001). Na seleção dos indicadores é necessária a predefinição dos critérios de avaliação, bem como priorizar indicadores de baixo custo (SEMA, 2009).

É importante ressaltar que, de acordo com Rodrigues et al. (2009), o processo histórico da degradação e da restauração foi essencial para definir, progressivamente com o avanço do conhecimento, as ferramentas de monitoramento hoje utilizadas. Desse modo, os indicadores atualmente utilizados expressam resultados interpretáveis, independente da ferramenta que se estiver utilizando, de modo a indicar a eficiência de projetos de restauração.

1.2.1 Restauração ecológica: histórico e conceitos de indicadores

O processo histórico de ocupação de terras revestiu-se de caráter predatório que resultou na destruição de grande parte das formações vegetais originais (RODRIGUES et al., 2010). Desde o século XVII, há um arcabouço jurídico de regulamentos que visa à proteção e recomposição da vegetação nativa. Trabalho pioneiro de restauração foi realizado na cidade do Rio de Janeiro, durante o Brasil Colônia e Império, quando houve a desapropriação das terras das bacias hidrográficas dos rios que abasteciam a cidade para recompor a vegetação degradada (KAGEYAMA; CASTRO, 1989), não havendo, naquele momento, um protocolo para se medir a eficiência deste projeto de recomposição. Em 1862 foi realizado outro trabalho, também pioneiro na época, de restauração na Floresta Nacional da Tijuca, município do Rio de Janeiro (CÉZAR; OLIVEIRA, 1992). No ano de 1954, teve início a restauração do Parque Nacional de Itatiaia (KAGEYAMA; CASTRO, 1989), no estado do Rio de Janeiro.

Outro trabalho de grande importância iniciou-se no município de Cosmópolis no estado de São Paulo, em 1955, às margens do Rio Jaguari, utilizando-se 71 espécies arbustivo-arbóreas, a maioria nativas, sem espaçamento definido entre as mudas plantadas (RODRIGUES et al., 2009). Esse reflorestamento foi finalizado em 1960, sendo que esse mesmo autor afirma que as espécies foram distribuídas de forma a não se constituir grupos homogêneos, com o objetivo de reconstruir a fisionomia da mata original e fornecer alimento à ictiofauna.

O marco do processo atual de recuperação ambiental no Brasil, de acordo com Griffith (2002), foi o protesto público realizado em Belo Horizonte em 1977, contra a mineração na Serra do Curral – MG. A partir desse evento, segundo Souza (2005), várias iniciativas surgiram nas Universidades e Centros de Pesquisa, como em 1978, com a elaboração de relatórios sobre recuperação de áreas degradadas, pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Em 1980, a Sociedade de Investigação Florestal da UFV publicou boletim técnico sobre recuperação de áreas degradadas (GRIFFITH, 2002), com procedimentos e técnicas, com o intuito de auxiliar técnicos e produtores rurais na recuperação de tais áreas.

Em 1987, iniciaram-se as pesquisas no Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPAB/EMBRAPA) sobre espécies fixadoras de nitrogênio para revegetar áreas degradadas. Em 1989, por meio do Decreto nº 97.632/89, passou a ser exigida a elaboração do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para áreas de mineração (GRIFFITH, 2002). Em 1990, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) publicou o manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração. Em 1992, aconteceu o I Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas (RAD), em Curitiba – PR; e, em 1997, foi fundada a Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas (SOBRADE) (GRIFFITH, 2002).

O avanço dos estudos de recuperação de áreas degradadas veio com a delimitação de áreas de inteira conservação, a partir da regulamentação da legislação. A legislação brasileira conceituou no Código Florestal (Lei nº 4.771/1965) a definição de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Reserva Legal (ARL), bem como limitou a forma de uso das diversas formações vegetacionais, dependendo da sua localização e outras características ecológicas (GRIFFITH, 2002). Esta lei estabeleceu restrições para o uso da terra, principalmente em APPs, bem como determinou a necessidade da recuperação dessas áreas, quando degradadas.

Em 2001, a Medida Provisória 2166-67 alterou o Código Florestal dando um novo conceito às APPs, demonstrando a importância da vegetação nativa. Esta vegetação possui a função ambiental de preservar os recursos hídricos, paisagem, estabilidade geológica, biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora; proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, visando a restauração do ecossistema original, de acordo com critérios técnicos gerais.

Em 2012, a Lei nº 12.651/2012 trouxe novas mudanças ao Código Florestal brasileiro, de forma que a Lei não dispensa de recuperação ou de proteção as APPs ou ARLs desmatadas irregularmente muito antes de 22 de julho de 2008, porém, houve diminuição das faixas de áreas de preservação. É perceptível que foi a partir da década de 1980, com o desenvolvimento da ecologia de ecossistemas e com a consolidação da ecologia da restauração como ciência, que se passou a incorporar os conceitos e paradigmas da ecologia, subsidiando conceitualmente as metodologias de restauração (BARBOSA, 2003; ENGEL; PARROTTA, 2003; RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

Antes da década de noventa, as metodologias de recomposição eram incipientes e a sistematização de regras era controversa, além de insuficiente, devido ao reduzido conhecimento do comportamento biológico das espécies nativas e à forma de utilizá-las em plantios heterogêneos para recuperação de áreas degradadas (BARBOSA, 2006). Esse mesmo autor afirmou que outro problema era a inexistência de resultados que permitissem avaliar a eficiência dos projetos.

Com a incipiência de metodologias de recomposição, realizou-se, com objetivo de integrar conceitos na restauração da Mata Atlântica, o referencial teórico sobre restauração, visando à conservação da biodiversidade, à geração de renda de trabalho e à manutenção de serviços ambientais (RODRIGUES et al., 2009). Este referencial teórico, conhecido como Pacto da Mata Atlântica, traz as principais iniciativas de restauração ecológica, bem como a evolução dos conceitos e dos métodos aplicados.

De acordo com Rodrigues et al. (2009), existem algumas fases que demonstram a evolução dos conhecimentos adquiridos em projetos de restauração chegando aos dias atuais:

- Fase 1: falta de conhecimento técnico-científico sobre o assunto e pautada no plantio de árvores de espécies nativas e exóticas de crescimento rápido. As metodologias de restauração eram incipientes, pois representavam apenas o plantio aleatório de árvores e a sistematização de estratégias de restauração era controversa.

Objetivo principal – revegetação para conter processos erosivos, proteção de recursos hídricos e estéticos.

- Fase 2: percepção de que o uso de espécies exóticas trouxe problemas de desequilíbrio ecológico; desta forma, foi incentivado o plantio de árvores nativas, seguindo conceitos de sucessão florestal (espécies pioneiras, clímax inicial e clímax tardia), sem a preocupação com a diversidade de espécies. Além disso, os custos de restauração eram elevados.

- Fase 3: teve como meta criar modelos de projetos de restauração florestal que resultassem, num curto período de tempo, em florestas consolidadas, com elevada diversidade e com suas interações e funções ecológicas reestabelecidas por meio da reprodução da composição florística e da estrutura da vegetação de remanescentes florestais bem conservados (áreas de referência).

- Fase 4: mudança de paradigma nos processos de recuperação e introdução dos conceitos de restauração ecológica no restabelecimento de processos ecológicos. Ações que visem restabelecer a forma e a função da vegetação degradada.

- Fase 5: fase atual, novos desafios a serem incorporados, por exemplo, seleção de espécies com base nos grupos funcionais (formas de vida), uso de espécies facilitadoras, diversidade genética, sustentabilidade econômica do ecossistema em processo de recuperação.

Destaca-se que a restauração ecológica tem como principais objetivos iniciar e acelerar a recuperação do ecossistema em relação à sua estabilidade, integridade e sustentabilidade; para tanto, reporta as condições históricas naturais da área como o ponto de partida ideal para planejar a restauração (SER, 2004). No planejamento da restauração deve-se incluir metas a serem alcançadas a longo prazo, baseadas na recriação de um ecossistema auto-sustentável, estável e resiliente (ENGEL; PARROTA, 2003), com o objetivo de aumentar as chances da sucessão natural se expressar, possibilitando condições para se ter alta biodiversidade e com estrutura mais próxima possível das comunidades naturais (REIS et al., 2007).

Para alcançar os objetivos da restauração ecológica é imprescindível a elaboração de protocolos que facilitem a aplicação de metodologias e monitoramentos de projetos de restauração. Os protocolos são provenientes das ações de pesquisa da comunidade científica que subsidiam a elaboração de políticas públicas, como as cartilhas elaboradas

pela Secretaria do Meio Ambiente/SP (SEMA/SP), as normativas SMA/SP nº 08/2012 e SMA/SP nº 58/2012.

Atualmente há grande lacuna referente ao estabelecimento de parâmetros de avaliação e monitoramento capazes de verificar a qualidade dos projetos de restauração ecológica, bem como indicar a capacidade de resiliência em áreas implantadas (BARBOSA, 2000; RODRIGUES; GANDOLFI, 2000). A continuidade dos estudos sobre restauração ecológica nos trópicos e o monitoramento das áreas já restauradas têm demonstrado que alguns avanços ainda são necessários na recuperação de integridade ecológica (BARBOSA, 2006), sobretudo quanto às questões de diversidade genética na restauração da rede de interações, dos grupos funcionais, dos ciclos biogeoquímicos e até da sustentabilidade econômica dessas iniciativas de restauração (RODRIGUES et al., 2009).

A avaliação e o monitoramento da ação de restauração ecológica, segundo Souza e Batista (2004), são fundamentais para o melhoramento de tais técnicas. Dessa forma, para se avaliar sistemas em restauração ou monitoramento de ecossistemas, utilizam-se os indicadores ecológicos. Os indicadores ecológicos são ferramentas utilizadas para inferir sobre condição de um determinado critério utilizado na avaliação de um ambiente (RODRIGUES et al., 2009), o que auxilia na identificação do modo como as metas estabelecidas relacionam-se com os processos sucessionais naturais (HOBBS; HARRIS, 2001).

O processo histórico de ocupação de terras dentro do caráter predatório resultou na destruição de grande parte das formações vegetais originais. Dentro deste contexto, o processo da ação da restauração no Brasil passou por várias fases, até o estabelecimento de protocolos e ferramentas (indicadores) capazes de restaurar e avaliar a ação da restauração (RODRIGUES et al., 2009; SEMA, 2009).

1.2.2 Importância dos indicadores de restauração ecológica

Os indicadores de restauração, de modo geral, devem ter forte relação com os objetivos do projeto e os problemas ambientais avaliados (MANOLIADIS, 2002). Estes indicadores devem ser variáveis perfeitamente identificáveis, fáceis de medir, de fácil compreensão e que representem, de fato, o que se quer avaliar, de modo que mostrem

claramente a situação em cada momento, evitando confusões no seu desenvolvimento (SEMA, 2009).

Os indicadores conseguem avaliar não só a recuperação visual da paisagem de uma área degradada, mas também a reconstrução dos processos ecológicos mantenedores da dinâmica vegetal (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004). Desta forma, áreas em processo de restauração ecológica terão pelo uso de indicadores, referenciais quanto à sustentabilidade no tempo e, assim, cumprir seu papel na conservação da biodiversidade local.

Algumas tomadas de decisões nas ações conservacionistas e de restauração, como o planejamento ambiental, manejo e tomada de decisões, são dados inseparáveis em avaliações de ecossistemas (ENGEL; PARROTA, 2003). Como os sistemas ecológicos são heterogêneos, no espaço e no tempo, é exigido enfoque dinâmico desses e de suas características, que devem ser avaliadas para determinar o sucesso da restauração (PARKER, 1997). Nesse contexto, devem-se estabelecer os indicadores em qualquer planejamento de restauração, sendo recomendado que sejam indicados ecossistemas que sirvam como referência para comparação (SER, 2004), podendo estar relacionados com vários aspectos, como os principais: climáticos, edáficos, ecológicos, fenológicos e fisiológicos, que uma vez registrados e devidamente organizados ao longo do tempo, permitem estabelecer relações claras de causa/efeito entre a produção de fitomassa e os fatores físicos, químicos e bióticos do ambiente circundante (POGGIANE et al., 1998).

Podem ser utilizados inúmeros parâmetros como indicadores, porém o maior desafio é desenvolver ou adaptar critérios válidos para monitorar e avaliar a funcionalidade da área, bem como discriminar os indicadores que forneçam as informações desejadas com exatidão e a custos aceitáveis (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001). Na condução de projeto de restauração, algumas características do monitoramento podem fazer prévio diagnóstico do meio, baseado em informações topográficas, relevo, umidade do solo, além do fator antrópico da área degradada (GANDOLFI, 2006).

O uso de indicadores previamente definidos e estabelecidos permite efetiva comparação entre projetos e maior segurança na recomendação de técnicas, dependendo da situação a ser recuperada e dos objetivos propostos (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001). Também vale ressaltar sua importância na relação com algumas etapas nos projetos de restauração, como custos e quantidade de mão-de-obra. Dessa forma, o monitoramento dos indicadores é essencial para o sucesso de projeto de restauração.

Com a finalidade de melhorar sistemas de monitoramento de áreas em processo de restauração ecológica, aconteceu em dezembro de 2010, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), o “workshop” sobre o assunto. Este “workshop” contou com 79 especialistas em restauração de 33 diferentes organizações, do qual se originou o caderno de monitoramento de áreas em recuperação, para informar sobre estudos de casos, bem como indicar metodologias de monitoramento e indicadores (SEMA, 2009). Outro marco no protocolo de monitoramento de indicadores ecológicos foi a publicação do Pacto da Mata Atlântica e de seus referenciais teóricos utilizados para a organização deste documento para o referido bioma (RODRIGUES et al., 2007; 2009; 2010).

Para avaliar o sucesso em projeto de restauração é importante que os indicadores ecológicos apresentem as seguintes características:

- Possuir capacidade de detectar alterações no ambiente (SEGIP, 1995; METZGER, 2002);
- Ser compreendido e interpretado (SEGIP, 1995; METZGER, 2002);
- Indicar tendências e alterações do ambiente (SEGIP, 1995; METZGER, 2002);
- Apresentar valores claros (SEGIP, 1995; METZGER, 2002);
- Permitir a formulação de referências para outras áreas (SEGIP, 1995; METZGER, 2002);
- Detectar as mudanças ambientais em estágios iniciais (VAN STRALEN, 1998);
- Avaliar a eficiência de medidas tomadas para melhorar a qualidade ambiental (VAN STRALEN, 1998);
- Possibilitar monitorar diferentes níveis de cadeias tróficas (DALE; BEYELER, 2001);
- Relacionar metas estabelecidas no projeto de restauração com os processos sucessionais naturais (HOBBS; HARRIS, 2001);
- Transmitir ganhos ambientais dos projetos de restauração (SIQUEIRA; MESQUITA, 2007);
- Avaliar diversas técnicas de restauração ecológica (SEMA, 2009); e
- Auxiliar no processo de planejamento ambiental, manejo e tomada de decisões (SEMA, 2009).

Com o pressuposto de que há necessidade de um planejamento para a tomada de decisão, visto obter ganho ambiental nos projetos de restauração, a seleção do melhor indicador ecológico é essencial na etapa de implantação do projeto. A confirmação do estabelecimento dos processos ecológicos nas áreas restauradas a partir da avaliação e do monitoramento da área restaurada em diferentes períodos de tempo (RODRIGUES et al., 2009) auxilia de fato nos processos de planejamento ambiental futuro.

Entretanto, ainda há muitas lacunas de conhecimento acerca do desenvolvimento e da sustentabilidade dos plantios de restauração florestal. Com a ausência da prática de monitoramento sistemático dessas áreas restauradas, perde-se a oportunidade única de aumentar o conhecimento sobre os inúmeros processos e fatores envolvidos na recolonização e restabelecimento de comunidades vegetais e animais (SIQUEIRA; MESQUITA, 2007). Tendo em vista que as áreas restauradas são verdadeiros laboratórios para estudos de ecologia (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004), as áreas em processo de restauração também possuem similaridade em ganhos científicos quando estudadas.

Assim sendo, uma das grandes dificuldades da prática de monitoramento sistemático refere-se à falta de consenso na literatura científica em relação aos indicadores mais adequados para a avaliação dos projetos de restauração florestal (RODRIGUES et al., 2009), sendo para a Mata Atlântica o maior número de pesquisas para realização de monitoramentos sistemáticos.

1.2.3 Critérios de escolha dos indicadores de restauração ecológica

As atividades de restauração variam muito entre projetos, dependendo da extensão, duração, finalidade, das perturbações passadas, das condições culturais que têm transformado a paisagem e das oportunidades, objetivos e limitações atuais (SER, 2004). A escolha de parâmetros que possam funcionar como indicadores ecológicos de avaliação estão baseados na comparação entre sítios onde houve distúrbios e outros mais bem conservados que possam funcionar como referências para estudos comparativos (GROFFMAN et al., 2001). Os indicadores avaliam a eficiência de projetos de restauração ecológica, para que assim se aumente a chance de sucesso, tanto na elaboração quanto na execução (RODRIGUES et al., 2009).

Dentro desse contexto, há alguns critérios para a seleção de indicadores ecológicos (ANDREASEN et al., 2001; DALE; BEYELER, 2001):

- Ser de fácil mensuração;
- Ser possível de responder aos impactos de forma previsível;
- Mitigar impactos negativos;
- Possuir respostas conhecidas quando da ocorrência de impactos naturais ou mesmo antrópicos; e ter respostas a impactos naturais de baixa variabilidade.

Desta forma, Manoliadis (2002) explicou que os potenciais indicadores devem, de modo geral:

- Ter relação definida com os objetivos do projeto e com os problemas ambientais abordados;
- Ser parte de um pequeno conjunto, visando a uma abordagem eficiente, dentro de um grande contexto de paisagem;
- Ser claramente definidos, a fim de evitar problemas no seu desenvolvimento ou interpretação;
- Ser práticos e realistas, levando em consideração o seu custo de coleta;
- Ser de alta qualidade e confiabilidade; e
- Ser usados nas escalas espacial e temporal desejadas.

Os indicadores considerados pela SEMA (2009) como os mais pertinentes para monitoramento simples e objetivo de ecossistemas florestais em recuperação são:

- Cobertura de solo: devem-se estabelecer linhas onde será avaliada a cobertura do solo por espécies lenhosas nativas ou a ausência de cobertura. Ela pode ser mensurada em uma linha transversal;
- Estratificação: avaliação visual dos estratos presentes. Identifica-se a presença de dois estratos pela descontinuidade na distribuição vertical das copas e apenas um estrato quando as plantas apresentam altura das copas aproximadamente uniforme;
- Fitofisionomia: o arranjo das espécies presentes na comunidade, levando em consideração o número de indivíduos e padrões de distribuição que apresentem etapa do ciclo de vida, fenofases, arquitetura de copas etc; e
- Presença de espécies lenhosas invasoras como indicador de função ecológica: verificação das espécies invasoras presentes por meio de amostragem, sendo necessária a lista oficial de espécies invasoras.

Os indicadores acima listados são comumente selecionados para monitoramento de projetos de restauração da Mata Atlântica. O mesmo ainda não pode ser afirmado para o Cerrado, pois carece de experimentos e informações consolidadas na formulação de

escolha de indicadores confiáveis para o uso neste bioma. Embora não se tenha um protocolo de indicadores para o Cerrado, vários autores trabalham com diversos indicadores; como, por exemplo, chuva de sementes e desenvolvimento das mudas (PACHÊCO, 2014; ROCHA, 2013; RESENDE, 2013; CORTES, 2012; FREITAS, 2012; ANTEZANA, 2008; SILVA, 2007; BORDINI, 2007; OLIVEIRA, 2006; OLIVEIRA, 2005; MUNDIM, 2004; BORDINI, 2007). Todavia, dada à diversidade de situações e ambientes que deverão ser recuperados, parece pouco provável o estabelecimento de critérios ou indicadores de uso universal (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001).

Em síntese, a escolha desse conjunto de ferramentas, independente do bioma, representa parâmetros importantes e indica a qualidade da área em restauração, independente da técnica ou estratégia a ser utilizada para a recuperação. Nesse contexto, os indicadores de restauração devem possuir a capacidade de detectar alterações no ambiente, ser compreendidos, interpretados e indicar tendências e alterações no ambiente através de valores claros (RODRIGUES et al., 2009; SEMA, 2009)

1.2.4 Utilização dos indicadores de restauração ecológica

Diversos projetos de restauração ecológica citados na literatura relatam o uso de indicadores ecológicos na avaliação da eficiência da restauração, os quais fizeram uso da presença dos microrganismos, juntamente com as propriedades físico-químicas do solo na Inglaterra (BENTHAM et al., 1992), estrutura da comunidade de invertebrados (JANSEN, 1997), densidade de minhocas em área de regeneração em Porto Rico (ZOU; GONZALEZ, 1997), meso e macrofauna edáfica na Mata Atlântica (SAUTTER, 1998) e parâmetros vegetacionais (altura e diâmetro) (RODRIGUES; GANDOLFI, 1998; MANTOVANI, 1998) também na Mata Atlântica. No Cerrado podem ser enfatizados: sobrevivência e desenvolvimento de mudas nativas (BOTELHO et al., 1996), utilização de gramíneas nativas do Cerrado (CARMONA et al., 1998) e indução da regeneração natural (DURIGAN et al., 1998).

A partir de 2000, as iniciativas de restauração começaram a se concentrar na avaliação e dinâmica da comunidade vegetal na Mata Atlântica com fragmentos de Cerrado por Souza (2000). Nos Estados Unidos, por Leopold et al. (2001) e por Siqueira (2002) na Mata Atlântica, descrevendo que os processos de restauração estão intrinsecamente relacionados com a vegetação (YOUNG, 2000).

Os indicadores ecológicos, mesmo sendo utilizados para o monitoramento de projetos de restauração em todo o país, têm o maior número de informações técnicas científicas disponíveis para a Mata Atlântica (RODRIGUES et al., 2009). Uma série de documentos sobre indicadores ecológicos já foram publicados no sudeste do país. Destacam-se:

- Artigos científicos (POGGIANI et al., 1998; FERRAZ et al., 2009; RODRIGUES et al., 2009; MORAES et al., 2009);
- Manual de recuperação de áreas degradadas – matas ciliares do interior de São Paulo (SEMA, 2006);
- Cartilha de monitoramento da Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo (SEMA, 2009); e
- Pacto da Mata Atlântica (www.pactomataatlantica.org.br) e seus referenciais teóricos (RODRIGUES et al., 2007; 2009; 2010).

Embora outros estudos estejam sendo realizados no Cerrado (ASSIS, 1999), através de artigos científicos e documentos técnicos (ALBUQUERQUE et al., 2010; 2011; AQUINO et al., 2008; 2009; BARREIRA et al., 2002), há iniciativas em outros biomas, como no sul do país (BECHARA, 2006; MORAES, 2011) e na Amazônia (NUNES, 2006).

Com o avanço dos estudos de indicadores ecológicos será possível o estabelecimento de normas para a utilização e a viabilidade de aplicação. Alguns indicadores são mais práticos de aplicação no campo, enquanto outros são mais difíceis, necessitando maior dispêndio e rigor no uso. Portanto, a falta de consenso na literatura científica em relação aos indicadores mais adequados para a avaliação do sucesso da restauração ecológica e dos ganhos ambientais gera grandes dificuldades no monitoramento (SIQUEIRA; MESQUITA, 2007). Dessa forma, destacam-se alguns indicadores que podem ser utilizados como ferramentas na restauração:

- Banco e chuva de sementes (TRES, 2006; GONÇALVES et al., 2008).
- Mortalidade das mudas (SEMA, 2009; RODRIGUES et al., 2009);
- Riqueza ou diversidade de espécies (SEMA, 2009);
- Avaliação de parâmetros quanto à altura e ao diâmetro dos indivíduos plantados (RODRIGUES et al., 2009; SEMA, 2009);
- Retorno da fauna nativa (RODRIGUES et al., 2009);
- Densidade de indivíduos de menor porte (RODRIGUES et al., 2010);

- Densidade de indivíduos de maior porte (RODRIGUES et al., 2010);
- Altura da vegetação para a avaliação da estrutura da vegetação (RODRIGUES et al., 2010);
- Número de espécies vegetais por projeto de restauração (RODRIGUES et al., 2010);
- Número total de espécies e morfoespécies regionais e não regionais, para descrição quantitativa e qualitativa das espécies que compõem a comunidade vegetal em restauração (RODRIGUES et al., 2010); e
- Presença e frequência de espécies invasoras (SEMA, 2009; RODRIGUES et al., 2009; 2011).

Destaca-se que o retorno da fauna nativa é de extrema importância, mas de difícil avaliação, pois depende mais de atributos da paisagem do que das ações de restauração em si (RODRIGUES et al., 2009). Além disso, há atributos da vegetação, como tipo de fitofisionomia, época, intensidade e duração da floração, por exemplo, que se relacionam com a abundância e diversidade de alguns grupos da fauna (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005).

A grande dificuldade do monitoramento sistemático refere-se à falta do consenso na literatura científica em relação à divisão de indicadores técnicos e científicos. Podem ser considerados alguns indicadores científicos:

- Características dos microrganismos, juntamente com as propriedades físicas e químicas do solo (BENTHAM et al., 1992);
- Estrutura da comunidade de invertebrados (JANSEN, 1997);
- Densidade de minhocas em área de regeneração (ZOU; GONZALEZ, 1997);
- Comunidade de fauna edáfica (CORREIA, 2002); e
- Avaliação de solo-substrato (RODRIGUES et al., 2009).

Os indicadores de avaliação e monitoramento de formações naturais são, na maioria, referentes às características da comunidade, como a riqueza, a diversidade e a equabilidade vegetal, a fisionomia vegetal e as características estruturais dos estratos ou grupos ecológicos (RODRIGUES; GANDOLFI, 1998). Da mesma forma, utilizam-se indicadores para avaliar o grau de conservação de um determinado ecossistema e/ou de alterações causadas pela mudança do uso do solo, como: composição, diversidade e estrutura de espécies. Esses mesmos podem também ser um forte indicador do processo de

restauração ecológica (COUSINS; LINDBORG, 2004; GRAY; AZUMA, 2005; MILLER; WARDROP, 2005).

Dessa forma, os indicadores ecológicos podem ter inúmeros parâmetros que podem ser utilizados no monitoramento de projetos de restauração em todo país:

- Na região norte do país, Pará – PA, Nunes (2011) utilizou estimativas de biomassa e carbono para restauração de florestas secundárias como indicadores ecológicos, não se enquadrando no critério proposto por Andreasen et al. (2001) de possuir fácil mensuração.

- Na região sudeste do país, vários autores utilizaram o banco e chuva de sementes como indicador ecológico de restauração na Mata Atlântica (ARAÚJO, 2002; SOARES, 2009; NETO, 2011). Esses indicadores têm alta sensibilidade e são importantes para mostrarem a evolução do processo de restauração ecológica na área, evidenciando o tempo zero de implantação e o aumento gradual de sementes de espécies nativas ao longo do tempo (PACHECO, 2014). Ignácio (2007) realizou o monitoramento de plantios de restauração de matas ciliares com base na mortalidade de mudas e Souza (2006) utilizou banco de sementes contido na serapilheira.

- Na região sul do país, em Santa Catarina, Bechara (2006) utilizou o monitoramento da sobrevivência/crescimento de mudas e da semeadura direta de espécies nucleadoras, poleiros artificiais, tipo “torre de cipó”, anelamento de Pinus e “cabo aéreo”, enleiramento de galharia residual, cobertura com gramínea anual e transposição de solo.

- No Cerrado, Oliveira (2006) testou o plantio de mudas nativas do bioma Cerrado juntamente com o uso de poleiros artificiais, tendo como indicador o desenvolvimento e a mortalidade das mudas. Outros autores no Cerrado também avaliaram o desenvolvimento/crescimento de mudas (ROCHA, 2013; RESENDE, 2013; CORTES, 2012; FREITAS, 2012; ANTEZANA, 2008; SILVA, 2007; BORDINI, 2007; OLIVEIRA, 2006; OLIVEIRA, 2005; MUNDIM, 2004). Bordini (2007) realizou monitoramento da regeneração natural em área de pastagem do Cerrado, como indicador da eficiência ecológica.

Os indicadores, ao avaliarem a eficiência de projetos de restauração ecológica, conseguem sinalizar respostas dos impactos acontecidos, bem como das ações da restauração. Para tal, devem-se ter critérios claros na escolha dos indicadores e que sejam coerentes com os objetivos do projeto, para que assim se aumentem as chances de sucesso dos experimentos de restauração ecológica (RODRIGUES et al., 2009).

1.2.5 Monitoramento de indicadores de restauração ecológica

Monitoramento da área em restauração pode ser definido como o acompanhamento temporal dos parâmetros estabelecidos para avaliação da evolução da restauração ecológica, isto é, verificação de quando a área atingirá o estado esperado e pré-definido no projeto (GANDOLFI, 2006). Assim, a avaliação e o monitoramento da vegetação implantada são fundamentais para aprimorar as técnicas de restauração (SOUZA; BATISTA, 2004). Porém, é necessária a escolha de indicadores ecológicos de restauração que possibilitem avaliar e monitorar os métodos propostos e utilizados, a fim de verificar se os objetivos estabelecidos na restauração estão sendo alcançados (BARBOSA, 2000).

No monitoramento da restauração há dois horizontes temporais importantes: o acompanhamento dos parâmetros estabelecidos para avaliação do projeto e o acompanhamento em longo prazo do processo ecológico da restauração em determinada área (SEMA, 2009). Também é importante avaliar com o monitoramento se o desenho experimental do projeto está contribuindo para o aumento da conectividade da paisagem e no controle da erosão.

Os parâmetros a serem monitorados para a avaliação do sucesso de projeto de restauração são uma das maiores questões levantadas por Barbosa (2006). Para Gandolfi (2006), as bases para a discussão devem ser a formação vegetal original, a visão atual sobre o processo de sucessão ecológica e a regeneração vegetal de cada bioma considerado, ou ainda, de áreas restauradas da mesma fitofisionomia.

Os indicadores de monitoramento de processos de restauração podem se subdividir em três grupos (RODRIGUES et al., 2009):

- Fase de implantação (1 – 12 meses);
- Fase de pós-implantação (1 – 3 anos); e
- Fase de vegetação restaurada (4 ou mais anos).

No monitoramento da fase de implantação, que adota ações de restauração como condução da regeneração natural, plantio em área total, dentre outros, os indicadores de avaliação, de acordo com Rodrigues et al. (2009) são:

- Avaliação de solo-substrato: ocorrência de processos erosivos e de conservação;
- Avaliação de toda cobertura vegetal;

- Avaliação da cobertura da área por gramíneas exóticas agressivas:
 - identificação da espécie predominante
 - avaliação da porcentagem de cobertura
 - altura média da cobertura de gramíneas
- Profundidade da cova, se houver plantio;
- Avaliação dos indivíduos plantados e dos regenerantes naturais:
 - altura e cobertura dos indivíduos – 6 e 12 meses após ações de restauração
 - identificação taxonômica
 - espécies quanto à origem, grupos sucessionais e síndromes de dispersão.
- Taxa de sobrevivência no plantio;
- Ataque de formigas cortadeiras;
- Densidade de indivíduos plantados e presença de regenerantes; e
- Riqueza de espécies (número de espécies por área).

Esta primeira etapa abrange as ações de restauração que correspondem ao estágio inicial de desenvolvimento da regeneração natural e/ou das mudas, no caso de plantios. Sugere-se um total de seis avaliações nessa etapa, sendo as três primeiras mensais (um, dois e três meses), já que essa fase exige rápida tomada de decisão; e as demais, trimestrais (seis, nove e 12 meses) (RODRIGUES et al., 2009). Esses autores afirmam que, em casos de plantio, todos os indivíduos plantados deverão ser identificados, ter sua altura medida e sua cobertura avaliada pela medição do maior e do menor diâmetro de projeção vertical da copa. Ao passo que na avaliação da cobertura de gramíneas exóticas agressivas, deve ser obtida a porcentagem da área coberta por essas plantas, utilizando-se para isso sub-parcelas de amostragem. Os valores de porcentagem e cobertura podem ser estimados visualmente.

A contabilização da mortalidade de mudas pode ser aferida indiretamente através do indicador cobertura de área (SEMA, 2009) ou contabilizada do conjunto plantado na área experimental.

No monitoramento da fase de pós-implantação, que adota ações de restauração como condução da regeneração natural, plantio total, dentre outros, os indicadores de avaliação, de acordo com Rodrigues et al. (2009) são:

- Avaliação dos indivíduos plantados ou das áreas em condução da regeneração natural:
 - identificação taxonômica
 - altura do indivíduo e cobertura da copa

- espécies quanto à origem, grupos sucessionais e síndromes de dispersão
- fenologia – floração e frutificação
- taxa de sobrevivência no plantio
- ataque de formigas predadoras (cortadeiras)
- densidade de indivíduos plantados e regenerantes
- riqueza de espécies (número de espécies por área)

A contabilização da mortalidade de mudas pode ser aferida indiretamente através do indicador cobertura de área (SEMA, 2009). Esses mesmos autores sugerem que o monitoramento seja realizado por meio da contagem de espécies, devendo-se estabelecer altura e diâmetro dessas espécies para contagem na área desejada. Nessa fase, sugere-se que as avaliações sejam semestrais, representando duas avaliações por ano e seis avaliações no total.

Para a avaliação da disponibilidade de recursos utilizados pela fauna ao longo dos meses, são necessários dados de fenologia de todas as espécies amostradas. Estas questões são de extrema importância, uma vez que a disponibilidade de recursos para a fauna que interage com a vegetação pode ser a chave do sucesso na restauração desses ambientes (RODRIGUES et al., 2009).

- Avaliação da regeneração natural:
 - identificação taxonômica de todos os indivíduos regenerantes, incluindo os não arbustivos ou arbóreos
 - altura dos indivíduos regenerantes
 - densidade dos indivíduos regenerantes
- classificação das espécies quanto à origem, grupos sucessionais e síndromes de dispersão
 - distribuição da vegetação
 - avaliação dos processos de dispersão: regeneração alóctone (regenerantes vindos de espécies do entorno, não presentes no plantio) ou autóctone (regenerantes de espécies presentes no plantio e possivelmente dos indivíduos plantados)
 - riqueza de espécies (número de espécies na área)

Para a avaliação da regeneração natural nas áreas em processo de restauração, Rodrigues et al. (2009) sugeriram que as avaliações sejam anuais, representando três avaliações no total da fase pós-implantação. Esses indivíduos devem ser identificados, medidos (altura e diâmetro) e classificados em grupos sucessionais, síndromes de dispersão, etc (RODRIGUES et al., 2009; SEMA, 2009). A diversidade da regeneração natural dentro das áreas em processos de restauração certamente é um dos descritores mais

eficientes da avaliação do sucesso de iniciativas de restauração, além de um excelente indicador das ações de manejo necessárias para garantir a sustentabilidade das áreas restauradas (RODRIGUES et. al., 2009).

- Avaliação da cobertura de gramíneas:

Com esta avaliação, é possível perceber a influência de gramíneas agressivas no processo de restauração no desenvolvimento das espécies plantadas e no processo de regeneração na área (RODRIGUES et al., 2009).

Com os dados já descritos na fase anterior, poderão ser obtidos novos valores na fase de pós-plantio. Rodrigues et al. (2009) afirmam que nesta fase há um maior conhecimento das ações de restauração.

No monitoramento da fase de pós-implantação, que adota ações de restauração como condução da regeneração natural, plantio total, dentre outros, os indicadores de avaliação, de acordo com Rodrigues et al. (2009) são:

- Continuidade da avaliação dos indivíduos plantados ou das áreas com condução da regeneração, conforme descrito na fase de pós-implantação (1 – 3 anos).

- Aspectos fisionômicos da vegetação restaurada – estratificação:

- presença ou não de estratos da floresta restaurada

- indivíduos do sub-bosque (indivíduos de até 3 m de altura)

- indivíduos do sub-dossel (indivíduos de 3 – 5 m)

- indivíduos do dossel (indivíduos adultos não maiores que o estrato contínuo da floresta restaurada, variável para cada área, mas, com no mínimo, 5 m de altura).

- indivíduos emergentes (indivíduos maiores que a altura do dossel contínuo, variável para cada área)

- Avaliação da chegada de outras formas de vida:

- levantamento florístico das espécies não arbóreas e seus hábitos de vida

- Avaliação da regeneração natural:

- continuidade à metodologia usada na fase anterior, principalmente nesta fase em que os plantios devem estar mais consolidados e deverão apresentar estrato regenerante mais expressivo, podendo-se gerar análises mais esclarecedoras do sucesso da restauração.

- Avaliação da cobertura de gramíneas:

- continuidade da metodologia usada nas demais fases, principalmente nesta fase em que não há mais manutenções dos plantios.

- Avaliação da fauna:

- além da restauração da diversidade vegetal, é importante monitorar a fauna nativa do local, principalmente aquela com grande interação com a vegetação (polinizadores e dispersores de sementes).

Dessa forma, após quatro anos ou mais, o monitoramento dos indicadores possibilitará avaliar o sucesso ou não do processo de restauração. Também poderá ser determinada a necessidade de continuar ou não a avaliação periódica na área, para se alcançar os objetivos propostos (RODRIGUES et al., 2009).

1.2.6 Indicadores de restauração e sustentabilidade

A degradação de ecossistemas e dos serviços ambientais fornecidos pelas florestas compromete a qualidade necessária da sustentabilidade destes ambientes. Pode-se afirmar que a restauração dos ecossistemas degradados tenta recriar comunidades ecologicamente viáveis, além de tentar resgatar uma relação mais sustentável entre o homem e a natureza (ENGEL; PARROTA, 2003).

O conceito de sustentabilidade apoia-se em uma consideração crítica sobre perpetuação dos recursos naturais, que são os elementos da natureza necessários ao homem em seu estado natural e que, tecnologicamente, podem ser aproveitados (POGGIANE, 1998). Assim, o desenvolvimento sustentável pode ser definido como a administração dos recursos naturais que possam assegurar e aumentar a capacidade de produção em longo prazo de recursos básicos (SCHULTINK, 1992). Segundo Poggiane (1998), seu objetivo é encontrar um nível ótimo de interação entre três sistemas: o sistema ambiental dos recursos naturais e biológicos, o sistema produtivo e o sistema social.

Para que haja interações entre esses três sistemas, é fundamental o reconhecimento da importância da conservação da biodiversidade e do novo modelo de desenvolvimento sustentável (BARBOSA, 2006). Desse modo, é notória a urgência da ampliação das áreas de conservação e de medidas compatíveis com a manutenção da biodiversidade e dos recursos naturais, para que populações de vegetais e animais persistam em longo prazo (PARRON et al., 2008).

A partir do avanço do conhecimento da conservação da biodiversidade, proposto pelo desenvolvimento sustentável, Rodrigues et al. (2009) afirmam que há, ainda, muitas lacunas de conhecimento acerca do desenvolvimento e da sustentabilidade nos plantios de restauração florestal. Parron et al. (2008) afirmam que a restauração está intimamente ligada à biodiversidade, sendo preocupação de comunidades e governos.

Partindo da premissa de que existem lacunas para o desenvolvimento sustentável na restauração ecológica, é possível afirmar que o uso de indicadores pode identificar o grau de sustentabilidade no ambiente em estudo. A partir desse diagnóstico, é possível definir as melhores medidas para superar algumas deficiências, considerando principalmente a sustentabilidade dessas ações no tempo (RODRIGUES et al., 2009).

O uso de indicadores para a avaliação de projetos de restauração e ecossistemas vem se tornando mais frequente nos últimos anos para se quantificar o desenvolvimento sustentável desses locais. Com a popularização do conceito de sustentabilidade e a necessidade de ferramentas para sua mensuração e monitoramento, segundo os princípios de desenvolvimento "limpo" e processos de certificação ambiental (FERRAZ, 2009), faz-se necessário o uso de indicadores capazes de avaliar o grau de desenvolvimento de áreas em restauração.

Os indicadores na aferição de sustentabilidade podem ser divididos como qualitativos e quantitativos. Van Bellen (2006) afirma que os indicadores mais adequados nessa situação são os qualitativos, em função das limitações explícitas ou implícitas que existem em relação a indicadores simplesmente numéricos. Dessa forma, restaurando um ecossistema utilizando indicadores, se permite a avaliação de um ecossistema que provavelmente aumentou sua sustentabilidade local.

Os indicadores de restauração devem avaliar não somente a paisagem, mas também a reconstrução dos processos ecológicos mantenedores da dinâmica vegetal (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004). Esses mesmos autores afirmam que, desse modo, áreas restauradas sejam sustentáveis no tempo e cumpram seu papel na conservação da biodiversidade remanescente (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

A partir da restauração dos recursos naturais, que são bens para a sustentabilidade e para o desenvolvimento da humanidade, Lederman e Maloney (2007) afirmam que a manutenção desses recursos depende da manutenção de políticas sensatas e realistas. Fazer o uso de indicadores de restauração na aferição se os recursos naturais estão aumentando na área em restauração leva, de forma concreta, à informação do aumento da sustentabilidade do local em estudo.

Portanto, os indicadores são partes inseparáveis em qualquer projeto de restauração em que se deseje, ao final, buscar a sustentabilidade dos recursos naturais. Com a perda da percepção da sustentabilidade local, faz-se necessário buscar alternativas para reverter os processos de degradação, cabendo a cada cidadão zelar pela preservação dos recursos naturais e maneja-los de forma sustentável (FELFILI et al., 2008).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência de indicadores da restauração ecológica (fase de implantação) em mata ripária do bioma Cerrado no Distrito Federal.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o percentual de sobrevivência das mudas de espécies nativas em experimentos de restauração (fase de implantação) de mata ripária do bioma Cerrado, no Distrito Federal, no período de 12 meses (Capítulo 1);
- Avaliar o crescimento inicial em altura das mudas de espécies nativas de mata ripária do Cerrado, no Distrito Federal, no período de 12 meses (Capítulo 2); e
- Determinar a taxa de cobertura de regenerantes nos diferentes tratamentos de restauração ecológica em mata ripária do Cerrado, no Distrito Federal, no período de 12 meses (Capítulo 3).

3. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

3.1. PROJETO DE RESTAURAÇÃO – AQUARIPÁRIA

Esta dissertação foi desenvolvida dentro do projeto de restauração “Aquaripária: restauração ecológica de ambientes ripários sob influência de atividades agrícolas e urbanas em mananciais de três bacias hidrográficas”, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), nº 26/2010 e coordenado pela Dra. Lidiamar Barbosa de Albuquerque, pesquisadora da Embrapa Cerrados. O projeto Aquaripária possui como principal objetivo iniciar o processo de restauração ecológica das Matas Ripárias ao longo das Bacias hidrográficas Brasileiras.

3.1.1 Caracterização da área de estudo

A área do experimento (Figura 1) está localizada às margens do córrego Ponte Alta, no Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira (CTZL) da Embrapa Cerrados, no Núcleo Rural Ponte Alta, Gama – DF, entre as coordenadas 15°56'57.27" de latitude sul e 48°07'28.24" de longitude oeste. A área total do CTZL corresponde a 194 hectares e a área experimental possui 2,56 ha, limitada por pastagem de bovinos e por fragmentos de vegetação remanescentes do Cerrado. A área do experimento trata-se de mata ripária degradada, dominada pela gramínea exótica *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster (braquiária), lianas e remanescentes de espécies nativas do Cerrado.

A Fazenda experimental do CTZL é parte integral da Embrapa Cerrados há mais 30 anos. Antes da implantação do projeto Aquaripária, a área experimental era destinada ao plantio de milho e à pastagem bovina a cada interlúdio de dois anos. Dessa maneira, foi realizada a adubação de fertilizante NPK 4-14-8 em todos os anos de cultivo de milho ou pastagem. A dose aplicada foi de 10 kg de N/ha, 40 kg de P₂O₅/ha e 30 kg de K₂O/ha. Parte da água do córrego Ponte Alta era desviada para uma represa de captação e utilizada para irrigação de culturas anuais na fazenda. Em 1999 houve rompimento da represa o que causou a deformação de alguns pontos das margens do leito do rio e o depósito de sedimentos.

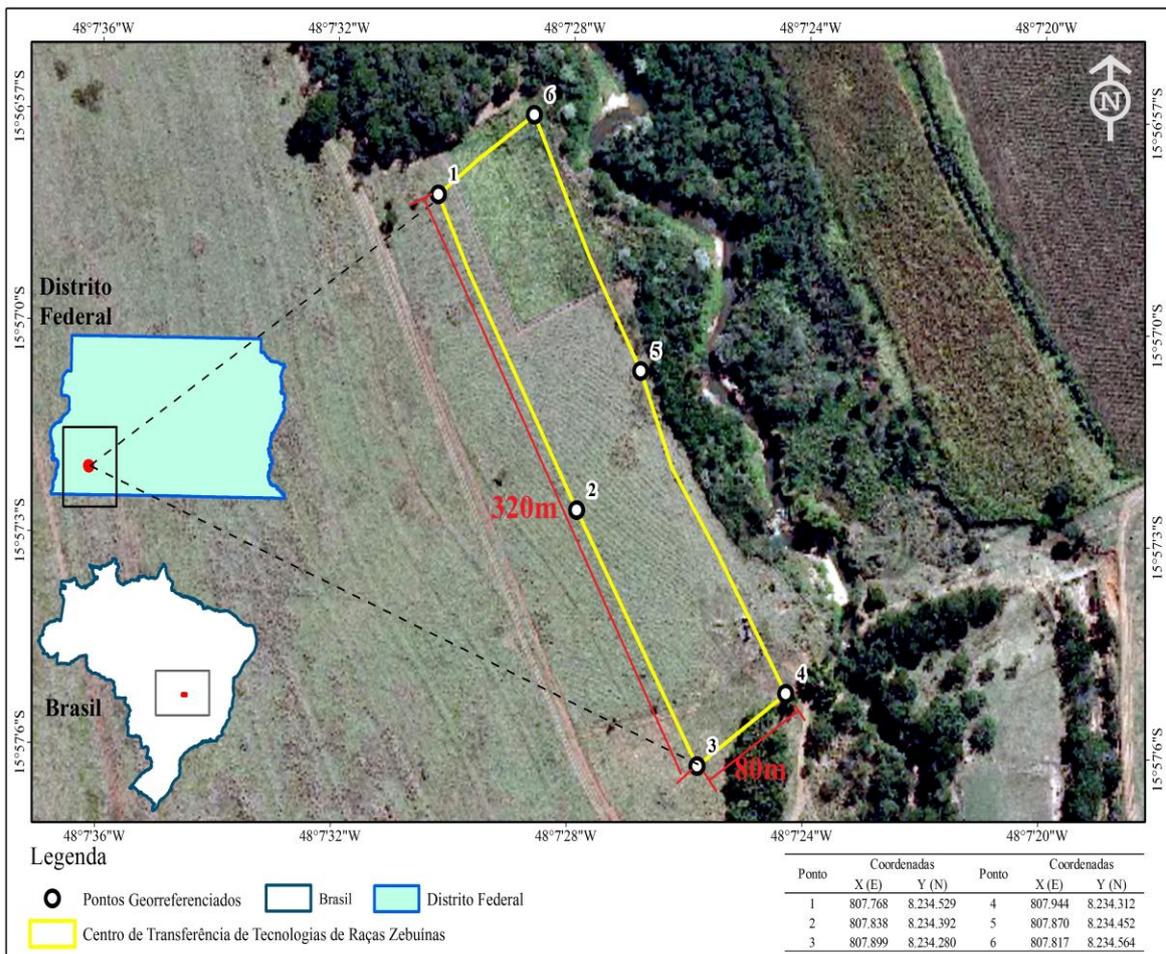


Figura 1 – Localização do experimento de restauração ecológica de matas ripárias no Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira (CTZL) da Embrapa Cerrados, Núcleo Rural Ponte Alta, Gama – DF, 2014.

O solo na área experimental não possui uniformidade. Reatto (2013), ao caracterizar a área do CTZL, concluiu que na área ocorrem Latossolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo, ambos de textura argilosa, e o Cambissolo distrófico lítico com textura média (Figura 2).

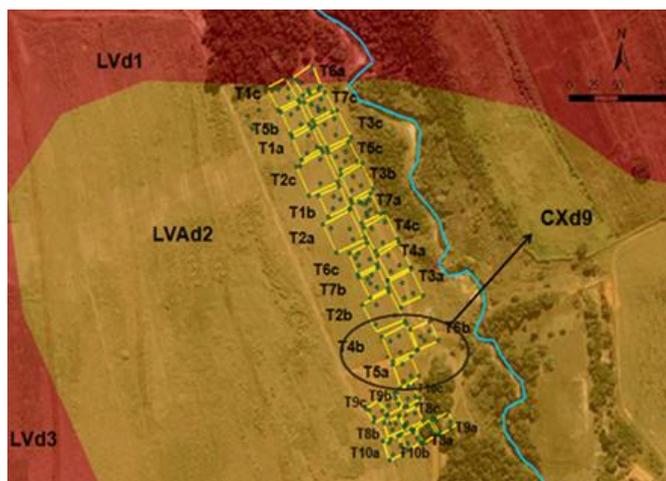


Figura 2 – Mapa pedológico na escala 1:100.000 e detalhamento cartográfico em campo do experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013. As legendas das classes de solos são: LVd1 – Latossolo Vermelho distrófico, LVAd2 – Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico ambos de textura argilosa e CXd9 – Cambissolo distrófico lítico, textura média. Fonte: Reatto (2013).

Com o intuito de caracterização das propriedades físico-químicas do solo, foram coletadas quatro amostras compostas de solo por tratamento, nas profundidades de 0-10, 10–20, 20–40 e 40–60 cm, respectivamente. Para cada amostra composta, foram coletadas 20 amostras simples, aleatoriamente, em cada tratamento, com auxílio de trado tipo holandês (Figura 3). Após a coleta, o solo foi homogeneizado e dele retirado cerca de 300g de amostragem para as determinações das propriedades físico-químicas em laboratório.



Figura 3 – Coleta do solo com trado holandês, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013. Foto: Pedro Augusto Fonseca Lima.

A temperatura média do Distrito Federal de janeiro de 2012 a janeiro de 2013 foi de 20 °C, sendo os meses mais quentes setembro (23,11 °C) e outubro de 2012 (22,91 °C); e os meses mais frios, maio (19,01 °C) e julho (19,04 °C), (Figura 4). Os meses mais chuvosos nesse período foram: janeiro, fevereiro, março e novembro de 2012 e janeiro de 2013; e os mais secos, junho, julho e agosto de 2012 (INMET, 2014).

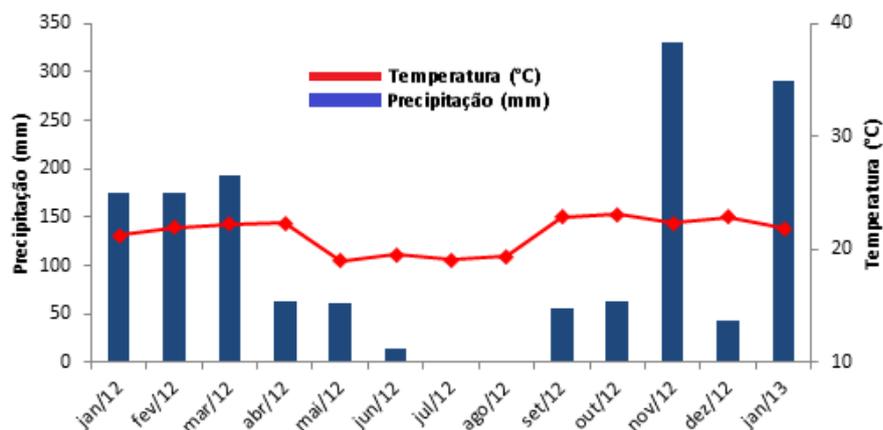


Figura 4 – Precipitação e temperatura média de janeiro de 2012 a janeiro de 2013, no Distrito Federal. Fonte: Dados do INMET (2014).

3.1.2 Experimento de restauração ecológica

Com o objetivo de testar métodos de restauração ecológica mais viáveis econômica e ecologicamente, o projeto Aquaripária implantou diferentes técnicas de restauração na área experimental: plantio em linhas (método de linhas de recobrimento e linhas de diversidade) e nucleação (modelo de Anderson e poleiro artificial).

O plantio das mudas em linhas de recobrimento e em linhas de diversidade foi adaptado do modelo proposto por Rodrigues et al. (2009). Essa técnica propõe linhas de recobrimento, com a utilização de espécies nativas de rápido crescimento e com boa cobertura de copa, alternadas com linhas de diversidade, tanto de espécies arbóreas e arbustivas, como também, pelo uso de outros tipos de espécies nativas que não necessariamente apresentem rápido crescimento, mas que proporcionem uma aceleração dos processos ecológicos com a atração de animais.

A nucleação consiste na formação de núcleos adensados de espécies ou de elementos que auxiliem na recuperação do local. Quando utilizadas espécies que são fontes de alimento, é importante ressaltar a importância de animais dispersores de sementes

nativas, que ao usufruir da fonte de alimento, podem ser associados com elementos nucleadores, assim como os poleiros artificiais, levando à aceleração da regeneração natural no local (REIS et al., 2003).

A implantação do modelo de Anderson foi a partir da adaptação do método proposto por Anderson (1953). Com a principal função de formar núcleos adensados, foram utilizadas cinco mudas por núcleo em formato de cruz, sendo que as mudas laterais utilizadas foram arbustivas e/ou arbóreas; e a do centro, arbórea com espaçamentos de 1m entre mudas e 5 m entre núcleos (Figura 5). As mudas arbustivas de rápido crescimento foram utilizadas com o objetivo de atrair fauna e sombrear as mudas centrais, e, conseqüentemente, auxiliar no desenvolvimento das mudas arbóreas. A estabilidade do núcleo ao longo do tempo irá servir de atrativo para animais, como fonte de alimento e abrigo e também como controle de plantas invasoras, pela redução de luminosidade causada pelo crescimento das plantas sombreando o solo e, conseqüentemente, redução da germinação de sementes de plantas invasoras.



Figura 5 – Implantação dos núcleos adensados, em formato de cruz, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013. Foto: Aline Cristina da Silva Alves de Sousa.

A implantação de poleiros artificiais é sugerida por Reis et al. (2003) para atrair aves e morcegos e incrementar a chuva de sementes. A implantação desta técnica nucleadora em campo foi a partir de poleiros secos, formados por estacas de eucalipto, conforme o esquema da Figura 6.

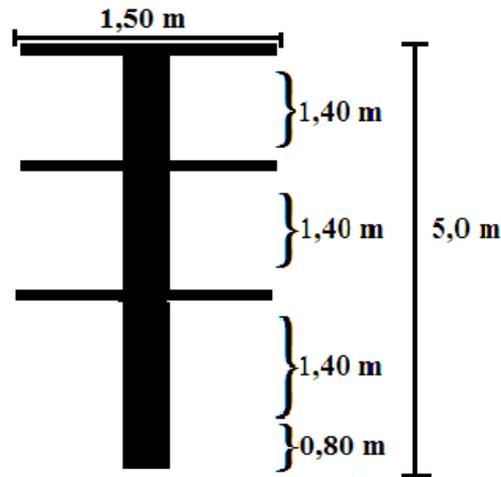


Figura 6 – Esquema do poleiro implantado em campo do experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados da Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2012.

Com cinco metros de altura e 15 cm de diâmetro, com três estacas de 1,50 m de comprimento por 15 cm de diâmetro fixadas transversalmente a partir do topo e distanciadas a 1,40 m entre si os poleiros foram firmados a 0,80 m de profundidade. Também foi possível apresentar uma vista parcial da área após a implantação dos poleiros (Figura7).

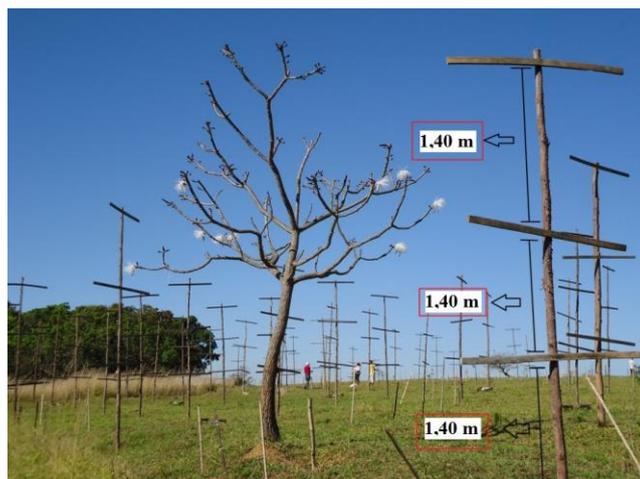


Figura 7 – Vista geral da área com poleiros artificiais implantados no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013. Foto: Aline Cristina da Silva Alves de Sousa.

Desta forma, sendo área até então destinada para a pastagem de gado bovino ou para agricultura, o preparo da área para a implantação das técnicas utilizadas no projeto de restauração consistiu na demarcação da área experimental, constituída por 18 parcelas com os seis tratamentos e três repetições. A demarcação das parcelas ocorreu em dezembro de 2011. No interior das parcelas foram demarcadas as covas (berços) de acordo com a disposição padronizada em cada método (núcleos, linhas e/ou poleiros). As covas foram abertas com 30 cm de diâmetro e 40 cm de profundidade, por meio de perfuratriz. Para a fixação dos poleiros, as covas foram de 40 cm de diâmetro e 80 cm de profundidade. Após o plantio das mudas, em dezembro de 2011 a janeiro de 2013, foi realizado o coroamento manual das mudas para diminuir a competição com a braquiária. O controle de formigas cortadeiras foi realizado em 2011 e no primeiro semestre de 2012 pelo CTZL. O controle realizado no período seco de 2012 foi a partir da aplicação de formicidas: pó seco nos olheiros e iscas granuladas dentro da área experimental.

3.1.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi composto por seis tratamentos, com três repetições, distribuídos aleatoriamente em 18 parcelas independentes, distanciadas entre si em três metros (Figura 8).

Os tratamentos implantados foram:

T1 = Nucleação: modelo de Anderson

Neste tratamento, foi utilizada a adaptação do método de Anderson (1953), com espaçamento de cinco metros entre núcleos adensados, com parcela de 30 x 30 m. Foram alocados 25 núcleos com 125 mudas.

T2 = Nucleação: modelo de Anderson + poleiros artificiais

Utilização do modelo adaptado de Anderson associado com poleiros artificiais presentes em parcelas de 26 x 26 m. O espaçamento utilizado foi de cinco metros entre núcleos e poleiros, com distribuição alternada, perfazendo um total de 13 núcleos com 65 mudas, intercalando com 12 poleiros.

T3 = Nucleação: poleiros artificiais

Instalação de poleiros artificiais secos a partir de estacas de eucalipto de cinco metros de altura e 15 cm de diâmetro, com três estacas fixadas transversalmente a 1,40 m

entre si, distribuindo-se assim, 36 poleiros com espaçamento de cinco metros, em parcelas de 29 x 29 m.

T4 = Linha de recobrimento e linha de diversidade

Plantio em linhas alternadas e obedecendo ao espaçamento de 3 x 3 m entre as mudas, adaptado do modelo proposto por Rodrigues et al. (2009). As três parcelas de 21 x 21 m apresentaram sete linhas, sendo quatro linhas de recobrimento, iniciando-se nas bordas e alternando-se com três linhas de diversidade, com sete mudas cada linha.

T5 = Controle

Tratamento controle sem qualquer tipo de manejo e tratos silviculturas, em três parcelas de 21 x 21 m, em área dominada por braquiária.

T6 = Supressão sem braquiária

Tratamento sem braquiária em três parcelas de 21 x 21 m. Neste tratamento a braquiária foi controlada por meio de capina mecânica nas três repetições durante a implantação do experimento.

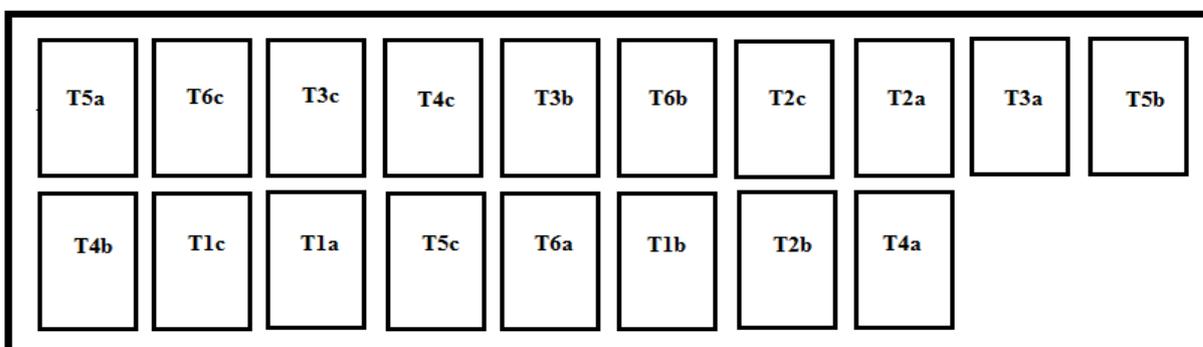


Figura 8 – Esquema representativo da distribuição dos tratamentos (T1 a T6) e respectivas repetições (a, b e c) na área experimental de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2012.

3.1.4 Escolha das espécies

A seleção de espécies arbóreas foi realizada com base nos princípios ecológicos e critérios exigidos em cada método utilizado no experimento, levando em consideração também a adaptabilidade de cada espécie às condições ambientais da mata ripária, seu habitat e sua categoria sucessional (RIBEIRO, 1998; FELFILI et al., 2000; RIBEIRO et al., 2001; SANO et al., 2008) (Tabela 1).

Tabela 1 – Ocorrência, categoria sucessional e habitat de espécies nativas do Cerrado utilizadas no experimento de restauração ecológica de matas ripárias, no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2012.

Nome científico	Nome comum	Ocorrência fitofisionomia	Categoria sucessional	Habitat
<i>Alibertia macrophylla</i> (Schum)	Marmelada-de-cachorro	Mata de galeria, Mata seca, Cerradão, Cerrado (lato sensu) ²	ST ¹	Não inundável ¹
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	Bacupari-da-mata	Mata ciliar, Mata de galeria, Mata seca ²	ST ³	Não inundável ²
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Mirindiba	Mata ciliar, Mata de galeria, Mata seca, Cerradão, Cerrado (lato sensu) ²	CL ⁴	Não inundável ²
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Jequitibá	Mata ciliar, Mata de galeria, Mata seca semidecídua ²	ST ¹	Não inundável ¹
<i>Calophyllum brasiliensis</i> Cambess	Guanandi	Mata ciliar, Mata de galeria ²	ST ¹	Inundável ²
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desff.	Copaíba	Mata ciliar, Mata de galeria, Cerradão, Cerrado (stricto sensu) ²	P ¹	Não inundável ¹
<i>Croton urucurana</i> Baill	Sangra d'água	Mata ciliar, Mata de galeria, Margem de córrego ²	P ³	Inundável ²
<i>Cybistax antisyphillitica</i> (Mart.) Mart.	Ipê verde	Cerradão, Cerrado (stricto sensu), Campo sujo, Savanas amazônicas ²	P ⁴	Não inundável ²
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Mata Ciliar, Mata de galeria, Cerradão ²	ST ¹	Não inundável ¹
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	Mata ciliar, Mata seca (semidecídua, decídua) ²	P ¹	Indiferente ¹
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	Ipê-amarelo	Mata de galeria, Mata seca, Cerrado (lato sensu), Savanas amazônicas ²	ST ¹	Inundável ¹
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingá da mata	Mata de galeria ²	ST ³	Não inundável ²
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Don ex Steud.	Amoreira	Matas de galeria; Mata ciliar ⁹	P ⁵	Inundável ⁸
<i>Miconia ibaguensis</i> (Bonpl.) Triana	Quaresmeirinha	Borda de mata de galeria, Cerrado (lato sensu), Cerradão, Campo rupestre (lato sensu) ²	P ⁴	Inundável ²
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Pororoca	Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca, Cerrado (lato sensu), Vereda, Campo com Murunduns, Campo rupestre (lato sensu) ²	P ¹	Indiferente ¹
<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem	Guatambu-da-mata	Mata (seca decídua), copoeira ²	P ⁶	Indiferente ²
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pau-pombo	Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca semidecídua, Cerradão, Cerrado denso, Vereda, Savanas amazônicas ²	SI ³	Indiferente ²
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn	Quaresmeira	Mata de galeria, Cerradão, Cerrado (stricto sensu), Campo rupestre (lato sensu) ²	P ⁷	Inundável ²

ST: Secundária tardia; CL: Clímax; P: Pioneira; SI: Secundária inicial.

¹Felfili et al. (2000); ²Adaptado de Sano et al. (2008); ³Vale et al. (2008); ⁴Franczak et al. (2009); ⁵Hardt et al. (2006); ⁶Costa et al. (2011); ⁷Dias-Neto et al. (2009); ⁸Backes, P. e Irgang, (2004); ⁹Battilani et al. (2006).

Para as espécies arbustivas a seleção foi feita com base em critérios de atração de fauna estabelecidos por Albuquerque et al. (2013). A partir desses critérios, assim como da disponibilidade de sementes e mudas, foram selecionadas 18 espécies de plantas nativas do bioma Cerrado (Tabela 2).

Tabela 2 – Espécies nativas do Cerrado distribuídas em três tratamentos no experimento de restauração ecológica de mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2012.

Nome científico	Nome comum	T1	T2	T4	Total
<i>Alibertia macrophylla</i> (Schum)	Marmelada-de-cachorro	6	-	6	12
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	Bacupari-da-mata	6	-	-	6
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Mirindiba	6	6	15	27
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Jequitibá	9	9	9	27
<i>Calophyllum brasiliensis</i> Cambess	Guanandi	9	6	6	21
<i>Copaifera langsdorfii</i> Desff.	Copaíba	-	-	3	3
<i>Croton urucurana</i> Baill	Sangra d'água	6	-	18	24
<i>Cybistax antisyphillitica</i> (Mart.) Mart.	Ipê verde	9	-	6	15
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	-	6	-	6
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	9	-	6	15
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	Ipê-amarelo	9	6	6	21
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingá da mata	-	-	18	18
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Don ex Steud.	Amoreira	-	6	-	6
<i>Miconia ibaguensis</i> (Bonpl.) Triana	Quaresmeirinha	150	78	9	237
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) O. Kuntze	Pororoca	-	78	6	84
<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem	Guatambu-da-mata	-	-	6	6
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pau-pombo	6	-	18	24
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn	Quaresmeira	150	-	15	165
Total					717

T1 = Nucleação método de Anderson; T2 = Nucleação método de Anderson + poleiros artificiais e T4 = linha de recobrimento e linha de diversidade.

3.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Os três indicadores para a fase de implantação da restauração foram selecionados com base em Rodrigues et al. (2009) que são: sobrevivência, crescimento em altura e regenerantes.

3.2.1 Indicador sobrevivência

O monitoramento da sobrevivência das mudas foi realizado cinco vezes no período de janeiro de 2012 a janeiro de 2013 aos dois, três, quatro, seis e 12 meses após o plantio. Para todo o experimento não foi considerada a influência dos tratamentos por estar ainda no período de implantação do projeto. A partir desses dados, calculou-se a taxa de mortalidade de cada espécie, conforme proposto por Scolforo, (1998):

$$T(\%) = \frac{TF}{TI} \times 100$$

Onde:

T = taxa de mortalidade (%)

TI = total de indivíduos no início do período avaliado

TF = total de indivíduos sobreviventes no final do período avaliado

3.2.2 Indicador crescimento em altura

Para a avaliação do crescimento em altura das mudas, foram realizadas medidas semestrais durante os 12 meses após o plantio. O primeiro monitoramento foi em janeiro de 2012, sendo esse o marco zero (i0). A partir desta data, foram realizadas duas tomadas de dados, após seis e 12 meses do plantio. As medidas foram realizadas com trena métrica (m), medindo a partir do colo até a gema apical das mudas (Figura 9).

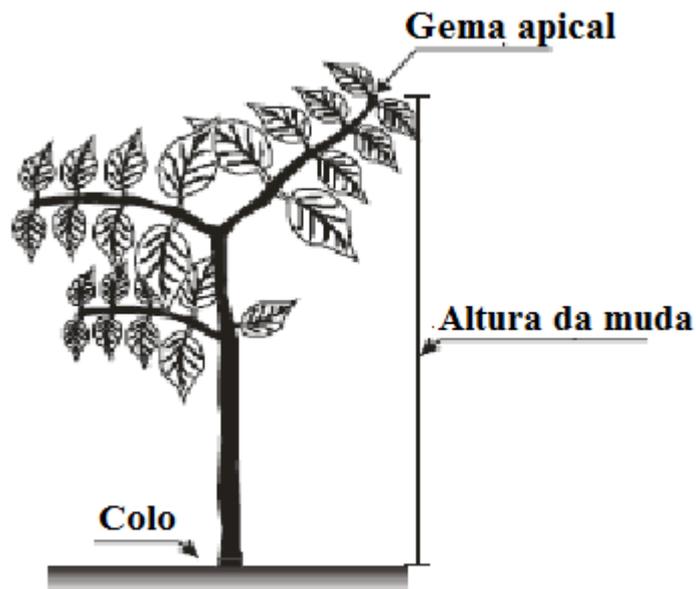


Figura 9 – Esquema representativo da medição da altura (cm) das mudas de espécies nativas a partir do colo até a gema apical, no experimento de restauração ecológica em mata ripária, no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF. Fonte: Adaptado de Silva (2007).

Os dados de crescimento entre as medições realizadas foram utilizados para determinar o incremento em altura aos 12 meses. Os resultados encontrados geraram porcentagens de incremento para cada espécie. Todos os indivíduos que apresentaram valores menores que as medições anteriores foram excluídos, a fim de evitar valores de incremento negativo.

Para analisar o padrão de crescimento de cada espécie foram calculadas as médias da altura, com a finalidade de gerar modelos de regressão linear. Assim, foi possível obter através de modelo de equação linear ($y = a + b.x$) as equações de crescimento para cada espécie em cm/dias. Para o cálculo do índice anual o valor da variável dependente (x) foi multiplicado por 365 dias (cm/ano).

Onde:

y = variável dependente

a = intercepto

b = coeficiente angular

x = variável independente (representa dias)

Utilizou-se o coeficiente da determinação (R^2) para medir a proporção de verificação de y , que é “explicada” pela regressão. Utilizou-se o teste T para se verificar a significância estatística dos coeficientes estimados para as variáveis independentes ao nível de significância de 5%. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para verificação da existência do modelo de regressão linear (DOBSON, 1990). Os modelos foram comparados pelo teste da razão de verossimilhança, com aproximação dada pela estatística F, através do SAS-Statistical Analysis System (1999).

3.2.3 Indicador regenerantes

3.2.3.1 Representatividade da densidade de regenerantes

O monitoramento dos regenerantes foi realizado em três ocasiões, entre janeiro de 2012 e janeiro de 2013, para a verificação do aumento da densidade média dos indivíduos regenerantes em todas as parcelas experimentais instaladas no CTZL da Embrapa Cerrados. A densidade média dos regenerantes também foi levantada nas diagonais de todas as parcelas, com área da diagonal proporcional ao tamanho da parcela de cada tratamento (Tabela 3). A diagonal foi traçada partindo do canto superior direito ao canto superior esquerdo, com três metros de largura, na finalidade de medir a representatividade da densidade média entre diagonal e parcela (Figura 10).

Tabela 3 – Áreas das parcelas e respectivas áreas amostrais das diagonais dos seis tratamentos no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF.

Tratamentos	Área da parcela/m²	Área diagonal/m²
Nucleação: modelo de Anderson (T1)	900	171
Nucleação: modelo de Anderson + poleiros artificiais (T2)	625	141
Nucleação: poleiros artificiais (T3)	676	147
Linha de recobrimento e linha de diversidade (T4)	441	117
Controle (T5)	441	117
Supressão sem braquiária (T6)	441	117

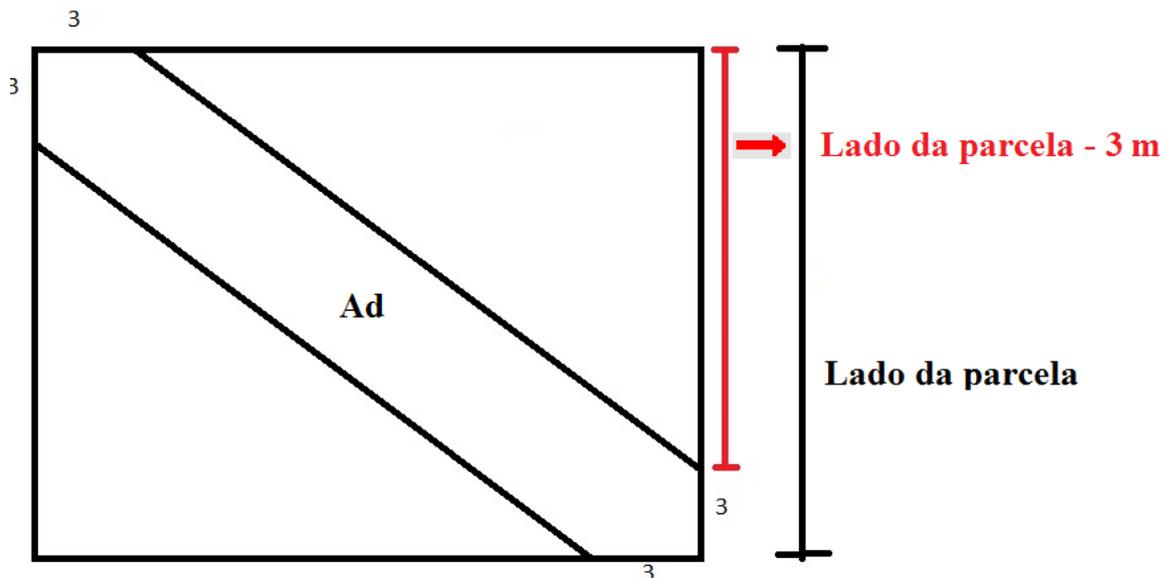


Figura 10 – Esquema representativo da parcela amostral com a diagonal traçada nos seis tratamentos do experimento de restauração ecológica de mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF. Ad = Área da diagonal.

As avaliações da densidade média nas parcelas e nas diagonais foram realizadas aos seis e 12 meses após implantação do experimento. Na ocasião de janeiro de 2012, foram avaliadas as primeiras densidades médias dos tratamentos (parcela/diagonal); a partir desta data, foram realizadas duas coletas de dados, após seis e 12 meses.

Na avaliação da representatividade parcela/diagonal, realizou-se o levantamento do número de regenerantes dentro de toda a parcela e dos indivíduos presentes somente na diagonal. Com esta coleta de dados, foi possível avaliar a representatividade da diagonal, através da análise de equação linear ($y = a + b \cdot x$), dos dados de cada monitoramento, onde:

y = variável dependente (representa a densidade média de regenerantes da diagonal)

a = intercepto

b = coeficiente angular

x = variável independente (representa a densidade média de regenerantes da parcela)

Através da estatística descritiva e do coeficiente de correlação de Pearson, conforme descrito Shimakura (2006), foi possível avaliar esta correlação. Essa mesma autora afirma que quanto mais a variável independente (x) se aproximar de 1, mais representativo ele é considerado.

3.2.3.2 Comparação da cobertura de regenerantes entre tratamentos

O monitoramento da cobertura dos regenerantes foi realizado em três ocasiões, entre janeiro de 2012 e janeiro de 2013, para a análise do incremento anual. A cobertura dos regenerantes foi obtida a partir do método de Braun-Blanquet (1979), assim como das demais variáveis (graminóides, remanescentes, solo exposto e lianas). O incremento médio da cobertura foi realizado a partir da diferença da cobertura final e inicial, multiplicada por 100% e dividido pela cobertura inicial, conforme metodologia aplicável para o método de Braun-Blanquet (1979):

$$\text{Im}(\%) = \frac{(\text{CF} - \text{CI})}{\text{CI}}$$

Onde:

Im = Incremento médio (%)

CF = Cobertura final

CI = Cobertura inicial

3.2.4 Incidência de fatores bióticos

Os fatores bióticos analisados, que podem ter influência na qualidade das mudas e no seu desenvolvimento, foram: herbivoria foliar, herbivoria caulinar, ausência de folhas, brotos e rebrotas caulinares. A incidência desses fatores foi estimada no período de janeiro de 2012 a janeiro de 2013. Em janeiro de 2012 foram realizadas as primeiras avaliações do estado das mudas, sendo esse o marco inicial igual a zero (i_0). A partir desta data, foram realizadas duas coletas de dados, após seis e 12 meses do plantio. Foi considerada como broto a parte visível em estágios iniciais de desenvolvimento de caule, acima do colo da muda. Rebrotas foram consideradas como a brotação inicial de desenvolvimento de caule, abaixo do coleto da planta.

A porcentagem de incidências dos fatores foi obtida a partir das médias de frequência dos três monitoramentos. Dessa forma, foi realizada a análise de agrupamento a partir do método Ward (WARD, 1963), para o indicador sobrevivência e para o desenvolvimento em altura com os fatores bióticos avaliados. As distâncias euclidianas quadradas e os grupos foram extraídos utilizando-se como critério de definição os gráficos

das distâncias de ligação nos sucessivos passos da análise de agrupamento. Após a identificação do conjunto de grupos para a sobrevivência e para o desenvolvimento em altura, os resultados dos fatores foram submetidos ao Teste T de comparação de médias ($p < 0,05$) para os dois grupos da sobrevivência, e teste ANOVA ($p < 0,05$) para os três grupos de desenvolvimento. A análise estatística foi realizada no software SPSS versão 19.0 (SPSS, 2001).

3.2.6 Eficiência dos indicadores de restauração

O potencial dos indicadores de restauração foi avaliado a partir da adaptação do método utilizado por Segip (1995) e Metzger (2002). Para avaliar os aspectos e descritores propostos neste método, utilizou-se a escala Likert de cinco níveis, do menos eficiente (0) ao mais eficiente (5) (Tabela 4).

Tabela 4 – Aspectos e descritores atribuídos aos indicadores ecológicos para determinar sua eficiência em avaliar o estado de uma área e monitorar tendências. Adaptado de Segip (1995) e Metzger (2002).

Aspectos	Descritores
Sensibilidade	Capaz de detectar alterações no ambiente e diferenças entre eles.
Resultabilidade	Produz resultados mensuráveis.
Custo	Baixo custo na sua aplicação.
Compreensão e interpretação	Capaz de ser compreendido e interpretado sem dificuldade.
Previsibilidade ou tendência	Indicam claramente tendências em resposta a alterações no ambiente ao longo do tempo, permitindo a avaliação e monitoramento.
Escala	Apresentam valores e parâmetros claros que podem ser aplicados como referência para avaliar o estado de cada área e suas alterações.
Síntese	Permite a formulação de critérios que reúnem vários atributos do ecossistema ou área, possibilitando uma análise única de várias características ou estados das áreas foco.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, L.B.; AQUINO, F.G.; COSTA, L.C.; MIRANDA, Z. J.G.; SOUSA, S.R. Espécies de Melastomataceae Juss. com potencial para restauração ecológica em área em regeneração natural para uso potencial na restauração ecológica de mata ripária no bioma Cerrado. **Polibotânica**, v. 35, p.1-19, 2013.

ALBUQUERQUE, L.B.; SOUSA, A.C.S.A.; SOUSA, S.R.; AQUINO, F.G. Germinación de especies clave de Melastomataceae Juss. para fines de restauración del ecosistema ripario de la Sabana Brasileña. **In: SER 2011: World Conference on Ecological Restoration**, 2011, Mérida, México. **Anais... SER 2011: World Conference on Ecological Restoration**. Mérida, México: SER 2011: World Conference on Ecological Restoration, p. 221-221, 2011.

ALBUQUERQUE, L.B.; COSTA, MIRANDA, L.C; MIRANDA, Z.J.G.; SOUSA, S.R. Melastomataceae Juss. em área em regeneração natural para uso potencial na restauração ecológica de Mata Ripária no Bioma Cerrado. **In: X Congresso Latinoamericano de Botânica**, 2010, La Serena. **Anais... Congreso Latinoamericano de Botânica**. La Serena, p. 1-13, 2010.

ANDERSON, M.L. Plantación en grupos espaciados. **Unasyuva**, v.7, n.2, p. 61-70, 1953.

ANDREASEN, J.K.; O'NEILL, R.V.; NOSS, R.; SLOSSER, N.C. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. **Ecological Indicators**, v.1, p. 21-35, 2001.

ATTANASIO, C.M.; GANDOLFI, S.; ZAKIA, M.J.B.; JUNIOR, J.C.T.V.; LIMA, W.P. A importância das áreas ripárias para o sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. **Bragantia**, v.71, p.1-9, 2012.

ANTEZANA, F.L. **Crescimento inicial de 15 espécies nativas do Bioma Cerrado sob diferentes condições de adubação e roçagem em Planaltina-DF**. (Dissertação em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. 84p. 2008.

AQUINO, F.G.; AGUIAR, L.M.S.; CAMARGO, A.J.A.; DUBOC, E.; OLIVEIRA-FILHO, E.C; PARRON, L.M. Sustentabilidade no bioma Cerrado: visão geral e desafios. **In: PARRON, L.M. AGUIAR, L.M.S.; DUBOC, E.; OLIVEIRA-FILHO, E.C.; CAMARGO, A.J.A.; AQUINO, F.G. (Eds.). Cerrado: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p.23-32, 2008.

AQUINO, F.G.; OLIVEIRA, M.C.; RIBEIRO, J.F.; PASSOS, F.B. **Módulos para recuperação de Cerrado com espécies nativas de uso múltiplo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, (Embrapa Cerrados. Série Documentos, 250), p.1-47, 2009.

ARAUJO, R.S. **Chuva de sementes e deposição de serrapilheira em três sistemas de revegetação de áreas degradadas na reserva biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ**. (Dissertação Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 102p. 2002.

ASSIS, M.A. **Florística e caracterização das comunidades vegetais da planície costeira de Pinguaba, Ubatuba-SP.** (Tese Doutorado em Ciências, Área de Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 254p. 1999.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata Atlântica: as árvores e a paisagem.** Porto Alegre: Paisagem do Sul, 396p. 2004.

BARBOSA, L.M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. **In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO, H.F. (Eds.). Matas Ciliares: Conservação e Recuperação.** São Paulo, EDUSP: FAPESP, p.289-312, 2000.

BARBOSA, L.M.; MANTOVANI, W. Degradação ambiental: conceituação e bases para o repovoamento vegetal. **In: Recuperação de áreas degradadas da serra do mar e formações florestais litorâneas. Anais...** São Paulo: SMA, p.33-40. 2000.

BARBOSA, L.M. Inovação na geração e aplicação do conhecimento sobre a biodiversidade para o desenvolvimento sustentado em São Paulo. **In: Seminário Temático sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Anais...** São Paulo, p.13-20, 2003.

BARBOSA, L.M. Manual Para Recuperação De Áreas Degradadas Do Estado De São Paulo: **Matas Ciliares do Interior Paulista.** São Paulo: Instituto de Botânica, 128p, 2006.

BARREIRA, S.; BOTELHO, S.A.; SCOLFORO, J.R.; MELLO, J.M. Efeito de Diferentes Intensidades de Corte Seletivo sobre a Regeneração Natural de Cerrado. **Cerne**, v.6, n.1, p.40-51, 2000.

BATTILANI, J.L.; SANTIAGO, E.F.; SOUZA, A.L. Morfologia de frutos, sementes e desenvolvimento de plântulas e plantas jovens de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don. Ex Stued. (Moraceae). **Acta Botânica Brasilica**, v.20, p.581-589, 2006.

BECHARA, F.C. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras:** Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. (Tese Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 249p. 2006.

BETHAM, H; HARRIS, J.A.; BIRCH, P; SHORT, K.C. Habitat classification and the soil restoration assessment using analysis of soil microbiological and physicochemical characteristic. **Journal Applied Ecology**, v.29, p.711-718, 1992.

BOTELHO, A.A.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios, na região sul de Minas Gerais. **Revista Cerne**, v.2, p.4-13, 1996.

BORDINI, M.C.P. **Manejo da regeneração natural de vegetação de cerrado, em áreas de pastagens, como estratégia de restauração na Fazenda Santa Maria do Jauru, município de Porto Esperidião, MT.** (Dissertação Mestrado em Recursos Naturais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 96p. 2007.

BRAUN-BLANQUET, J. 1928-1964. Fitosociologia; bases para el estudio de las comunidades vegetales. (Eds). **Blume**, Madrid, p.1-820, 1979.

CARMONA, R.; MARTINS, C.R.; FÁVERO, A.P. Fatores que afetam a germinação de sementes de gramíneas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, p.16-22, 1998.

CÉZAR, P.B.; OLIVEIRA, R.R. A Floresta da Tijuca e a cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: **Nova Fronteira**, 172p. 1992.

CLEWELL, A.F. Guidelines for reference model preparation. **Ecological Restoration**, v.27, p.244-246, 2009.

CORREIA, M.E.F. Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos-chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas. (**Série Documentos 23**), 23p, 2002.

CORREIA, M.E.F. Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexo sobre estabilidade dos ecossistemas. Documentos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia, (Embrapa-CNPAB), **Seropédica**. 33p. 2002.

CORTES, J. M. **Desenvolvimento de espécies nativas do Cerrado a partir do plantio de mudas e da regeneração natural em uma área em processo de recuperação, Planaltina-DF**. (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. 89p. 2012.

COSTA, J.T, ESTEVAN, D.A, BIANCHINI, E.;FONSECA, I.C.B. Composição florística das espécies vasculares e caráter sucessional da flora arbórea de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.34, p.411-422, 2011.

COUSINS, S.A.O.; LINDBORG, R. Assessing changes in plant distribution patterns – indicator species versus plant functional types. **Ecological Indicators**, v.4, p.17-27, 2004.

DALE, V.H.; BEYELER, S.C. Challenges in the development and use of ecological indicators. **Ecological Indicators**, v.1, p.3-10, 2001.

DIAS, L.E.; GRIFFITH, J.J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. **In: Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, Viçosa, MG. Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.1-7, 1998.

DIAS-NETO, O.; SCHIAVINI, I.; LOPES, S.F.; VALE, V.S.; GUSSON, A.E.; OLIVEIRA, A.P. Estrutura fitossociológica e grupos ecológicos em fragmento de floresta estacional semidecidual, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v.60, p.1087-1100, 2009.

DOBSON, A.J. An Introduction to Generalized Linear Models. Great Britain, **T. J. Press**. Limitado, 174p. 1990.

DURIGAN, G.; CONTIERI, W.A.; FRANCO, G.A.D.C.; GARRIDO, M.A.O. Indução de regeneração de vegetação de Cerrado em áreas de pastagem, Assis, SP. **Acta Botânica**, v.12, p.421-429, 1998.

DURIGAN, G.; MELO, A.C.G.M.; MAX, J.C.M.; VILAS BÔAS, O.; CONTIERI, W.A. Manual para recuperação de matas ciliares do oeste paulista. São Paulo: **Páginas e Letras**, 16p. 2001.

ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. **In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D. de; ENGEL, V.L. e GANDARA, F.B. (Eds.). Restauração ecológica de ecossistema naturais.** Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, São Paulo. p.3-22, 2003.

FAO. Land resource potential and constraints at regional and country scales. **World Soil Resource Report**, 90. Roma. 122p. 2000.

FRANCZAK, D.D.; **Mudança na comunidade lenhosa de um Cerradão e uma Cerrado stricto sensu no parque do Bacaba, Nova Xavantina – MT.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Faculdade de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Mato Grosso, 96p. 2009.

FELFILI, J.M.; RIBEIRO, F.J.; FAGG, C.W.; MACHADO, J.W. **Recuperação de Matas de Galeria.** Brasília: Embrapa Cerrados/MMA. (Série Documentos, 21), 45p. 2000.

FERRAZ, S.F.B.; PAULA, F.R.; VETTORAZZI, C.A. Incorporação de indicadores de sustentabilidade na priorização de áreas para restauração florestal na bacia do rio Corumbataí, SP. **Revista Árvore**, v.33, n.5, p.937-947, 2009.

FREITAS, V. L. O. **Restauração de áreas degradadas pela extração de Ardósia, utilizando seus rejeitos no município de Papagaio, Minas Gerais.** (Tese Doutorado em Ciências Biológicas). Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 116p. 2012.

GANDOLFI, S. Indicadores de avaliação e monitoramento de áreas em recuperação. **In: Recuperação de áreas degradadas em matas ciliares: modelos alternativos para recuperação de áreas degradadas em matas ciliares no estado de São Paulo. Anais...** São Paulo, p.44-52, 2006.

GÊNOVA, K. B.; HONDA, E. A.; DURIGAN, G. Processos hidrológicos em diferentes modelos de plantio de restauração de mata ciliar em região de cerrado. **Revista do Instituto Florestal**, v.19, p.189-200, 2007.

GRAY, A.N.; AZUMA, D.L. Repeatability and implementation of a forest vegetation indicator. **Ecological Indicators**, v.5, p.57-71, 2005.

GRIFFITH, J.J. **Recuperação ambiental: uma abordagem sistêmica.** Viçosa: UFV - Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa, 40p. 2002.

GROFFMAN, P.M.; McDOWELL, W.H.; MYERS, J.C.; MERRIAM, J.L. Soil microbial biomass and activity in tropical riparian forests. **Soil Biology & Biochemistry**, v.33, p.1339-1348, 2001.

HARDT, E.; PEREIRA-SILVA, E.F.L.; ZAKIA, M.J.B.; LIMA, W.P. Plantios de restauração de matas ciliares em minerações de areia da Bacia do Rio Corumbataí: eficácia na recuperação da biodiversidade. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.70, p.107-123, 2006.

HOBBS, R.J.; HARRIS, J.A. Restoration Ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. **Restoration Ecology**, v.9, n.2, p.239-246, 2001.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA, 96p. 1990.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA Climatologia. [online]. <www.inmet.gov.br/climato/mapclima.html>. Acesso 13 de janeiro de 2014.

JANSEN, A. Territorial on vertebrate community structure as an indicator of success of a tropical rain forest restoration project. **Restoration Ecology**, v.5, n.2, p.115-124, 1997.

KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantação de espécies arbóreas nativas. **IPEF**. Piracicaba, v. 41/42, p.83-93, 1989.

KAGEYAMA, P.Y. Reflexos e potenciais da resolução SMA-21 de 21/11/2001 na conservação da biodiversidade específica e genética. **In: Seminário Temático sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Avanços obtidos e perspectivas futuras. Anais...** São Paulo, p.7-12, 2003.

LAMB, D; GILMOUR, D. **Rehabilitation and restoration of degraded forests**. Issues in Forest Conservation. IUCN, Gland, Switzerland, 122p. 2003.

LEWINSOHN, T.M.; PRADO, P.I. Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento. São Paulo: **Contexto**, 176p. 2002.

MATSON, P.A.; PARTON, W.J.; POWER, A.G.; SWIFT, M.J. Agriculture intensification and ecosystem properties. **Science**, v.277, p.504-509, 1997.

MANOLIADIS, O.G. Development of ecological indicators - a methodological framework using compromise programming. **Ecological Indicators**, v.2, p.169-176, 2002.

MANTOVANI, W. Conceituação e fatores condicionantes. **In: Simpósio sobre Mata Ciliar. Anais...** Campinas, p.11-19, 1989.

MANTOVANI, W. Recuperação e monitoramento de ecossistemas: escalas de abordagem. **In: IV. Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, Águas de Lindoia. Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, v.4, p.288-294, 1998.

METZGER, J.P.; Bases biológicas para definição de Reservas Legais. **Ciência Hoje**, v.31, p.183-184, 2002.

MILLER, S.J.; WARDROP, D.H. Adapting the floristic quality assessment index to indicate anthropogenic disturbance in central Pennsylvania wetlands. **Ecological Indicators**, v.6, p.313-326, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/ INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, Relatório de monitoramento do desmatamento dos biomas brasileiros por satélite – **Monitoramento do bioma Cerrado Ano: 2009-2010**. p.1-65, 2011.

MORAES, A.S.; TOMICH, T.R.; ABREU, U.G.P.; RACHEL, R.C., Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias da Embrapa Pantanal: 1. técnicas de produção aplicadas ao sistema de produção extensivo de gado de corte do Pantanal. Embrapa Pantanal (**Serie Documentos, 250**), 25p. 2011.

MUMMEY, D.L.; STAHL, P.D.; BUYER, J.S. Microbial biomarkers as an indicator of ecosystem recovery following surface mine reclamation. **Applied Soil Ecology**, v.21, p.251-25, 2002.

MUNDIM, T.G. **Avaliação de espécies nativas usadas na regeneração de áreas degradadas no Cerrado**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal), Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 100p. 2004.

NAIMAN, R.J.; D'ECAMPS, H. THE ECOLOGY OF INTERFACES: Riparian Zones. **Ecology. System**, v.28, p.621–58, 1997.

NETO, A.M. **Avaliação do componente arbóreo da regeneração natural e do banco de sementes de uma floresta restaurada com 40 anos**, Viçosa, MG, (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 159p. 2011.

NUNES, S.S.S. **Estimativas de biomassa e carbono e indicadores para restauração de florestas secundárias em Paragominas, Pará**. (Dissertação Mestrado em Ciências Naturais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 126p. 2011.

LIVEIRA, F.F.; RIBEIRO, J.F.; Sobrevivência e crescimento de espécies de Cerrado e de floresta em área de Cerrado degradado em Brasília, DF. In: 56º Congresso Nacional de Botânica, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1p. 2005.

OLIVEIRA, F. F. **Plantio de espécies nativas e uso de poleiros artificiais na restauração de uma área perturbada de Cerrado sentido restrito em ambiente urbano no Distrito Federal, Brasil**. (Dissertação Mestrado em Ecologia) – Departamento de ecologia, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 125p. 2006.

PACHÊCO, B.S. **Chuva de sementes como indicador de restauração ecológica em matas ripárias do Distrito Federal**. (Dissertação Mestrado em Ciências Biológicas) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 75p. 2014.

PARKER, V.T. The scale of successional models and restoration objectives. **Restoration Ecology**, v.5, p.301-306, 1997.

POGGIANE, F.; STAPE, J.L.; GONÇALVES, J.L.M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. **Série Técnica IPEF**, v.12, n.31, p.33-44, 1998.

RATTER, J.A.; RIBEIRO, J.R.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v.80, p.223-230. 1997.

REATTO, A. Caracterização de solos em três áreas de matas ripárias em processo de restauração ecológica no Distrito Federal. Relatório da Embrapa Cerrados, 13p. 2013.

REIS, A.; BECHARA, F.C.; ESPÍNDOLA, M.B.; VIEIRA, N.K.; SOUZA, L.L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v.1, n.1, p.28-36, 85-92, 2003.

REIS, A.; TRES, D.R.; SCARIOT, E.C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.55, p.67-73, 2007.

RESENDE, L.A.; PINTO, L.V.A. Emergência e desenvolvimento de espécies nativas em área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.5, p.37-48, 2013.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As matas de galeria no contexto do bioma Cerrado. **In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.; SOUSA-SILVA, J.C. (Eds.). Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de galeria.** Planaltina - DF: Embrapa Cerrados. p.27-47, 2001.

ROCHA, F.B. **Avaliação do desenvolvimento inicial de espécies nativas do cerrado submetidas a quatro tipos de adubação na recuperação de área degradada na APA Gama e Cabeça de Veado, DF.** (Monografia Bacharelado em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 57p. 2013.

RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal.** LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, São Paulo. 264p. 2009.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. **In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Eds.). Matas Ciliares Conservação e Recuperação.** São Paulo. EDUSP, v.1, p.235-247, 2004.

RODRIGUES, R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. **In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.R. (Eds.). Matas ciliares: conservação e recuperação.** (Eds.). São Paulo. EDUSP, p.235-247, 2001.

RODRIGUES, R.R.; GALDOLFI, S. Conceitos, Tendências e Ações para a Recuperação de Florestas Ciliares. **In: Matas Ciliares: Conservação e Recuperação.** São Paulo: Universidade de São Paulo: FAPESP, 320p. 2000.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. **In:** DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de áreas degradadas, p.203-215, 1998.

RUIZ-JAEN, M.C.; AIDE, M. Restoration success: how is it being measured? **Restoration Ecology**, n.13, p.569-577, 2005.

SANO, S.M., ALMEIDA, S.P., RIBEIRO, J.F. **Cerrado: Ecologia e Flora**, Embrapa, Brasília v.1, 1279p. 2008.

SAS. SAS Software. Version 9.1. Cary, North Carolina: **SAS** Institute Inc., 1999

SAUTTER, K.D. Meso (Acari e Collembola) e macrofauna (Oligochaeta) na recuperação de solos degradados **In:** Dias, L.E.; Melo, J.W.V. (Eds.) Recuperação de áreas degradadas. UFV, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p.197-202, 1998.

SIQUEIRA, L.P. **Monitoramento de áreas restauradas no interior do Estado de São Paulo**, Brasil. Piracicaba. (Dissertação Mestrado em Ciências Biológicas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 116p. 2002.

SCOLFORO, J.R.S. **Biometria Florestal: medição e volumetria de árvores**. Lavras: UFLA/FAEPE, 310p. 1998.

SCHULTINK, G. Evaluation of Sustainable Development Alternatives: Relevant concept, Resource Assessment, Approaches and Comparative Spatial Indicators. **International Journal of Environmental**,v.41, p. 20-30, 1992.

SEGIP - The State Environmental Goals and Indicators Project. Evaluation criteria. **In:** BERGQUIST, G. et al. Prospective indicators for state use in performance agreements. Florida: SEGIP/Florida Center for Public. **Management**, p.6-7, 1995.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS (SEMA), Cadernos da Mata Ciliar, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. N. 1, 2009. São Paulo. Disponível em http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_4_Monitoramento.pdf. Acesso em 18/12/2012.

SHIMAKURA, S.E. Correlação. **In:** CE003 - **Estatística II**. Paraná: Dep. de Estatística da Universidade Federal do Paraná, p.71-78, 2006.

SILVA, J.C.S. **Desenvolvimento inicial de espécies lenhosas, nativas e de uso múltiplo na recuperação de áreas degradadas de cerrado sentido restrito no Distrito Federal**. (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 120p. 2007.

SIQUEIRA, L.P.; MESQUITA, C.A.B. Meu pé de Mata Atlântica: experiências de recomposição florestal em propriedades particulares no Corredor Central. (Eds.). Rio de Janeiro: **Instituto BioAtlântica**, 188p. 2007.

SOARES, S.M.P.S. **Técnicas de restauração de áreas degradadas, MG**. Programa de pós-graduação em ecologia aplicada ao manejo e conservação dos recursos naturais, Universidade de Juiz de Fora, Minas Gerais, 9p. 2009.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL (SER). Science and Policy Working Group. The SER International primer on ecological restoration. www.ser.org & Society for Ecological Restoration International, Tucson, 2004.

SOUZA, F.M. **Estrutura e dinâmica do estrato arbóreo e regeneração natural em áreas restauradas**. Piracicaba, (Dissertação Mestrado em Ciências Biológicas), Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 69p. 2000.

SOUZA, F.M.; BATISTA, J.L.F. Restoration of seasonal semideciduous forest in Brasil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, v.191, p.185-200, 2004.

SCHULTINK, G. Evaluation of Sustainable Development Alternatives: Relevant concept, Resource Assessment, Approaches and Comparative Spatial Indicators. **International Journal of Environmental Studies**. v.41, p.203-224, 1992

TRES, D.R. Tendências da restauração ecológica baseada na nucleação. **In**: MARIATH, J. E.A.; SANTOS, R.P (Orgs.). Os avanços da botânica no início do século XXI: morfologia, fisiologia, taxonomia, ecologia e genética. Curitiba, PR. **Conferências Plenárias e Simpósios do 57º Congresso Nacional de Botânica. Sociedade Botânica do Brasil**, p.404-408, 2006.

VALE, V.S.; MENDES, S.; NETO, O.C.D.; OLIVEIRA, A.P.; LOPES, S.F.; GUSSON, A.E.; SCHIAVINI. Estrutura fitossociológica e grupos ecológicos em mata de galeria do bioma Cerrado. **In**: II Simpósio Nacional do Cerrado. **Anais...** Brasília, 1p.2008.

VAN STRAALLEN, N.M. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, v.9, p.429-437, 1998.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de Sustentabilidade: Uma Análise Comparativa. (Eds.). Rio de Janeiro, FGV, 30p. 2006.

YOUNG, T.P. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation**, v.92, p.73-83, 2000.

WARD, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, p.236 – 244, 1963.

ZOU, X.; GONZALES, G. Changes in Earthworm density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures. **Soil Biology & Biochemistry**, v.29, n.3/4, p.:627-629, 1997.

CAPÍTULO 1: SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO COMO INDICADOR DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM MATAS RIPÁRIAS, CERRADO, DISTRITO FEDERAL

RESUMO

O objetivo foi avaliar a sobrevivência das mudas de 18 espécies nativas do Cerrado, durante 12 meses após o plantio, como indicador de restauração ecológica em área de mata ripária, no Cerrado, Distrito Federal. O desenvolvimento da pesquisa foi realizado em área localizada no Centro de Transferência de Tecnologia de Raças Zebuínas (CTZL) da Embrapa Cerrados, no Núcleo Ruaral Ponte Alta, Gama – DF. O experimento de restauração Aquariparia/CNPq, com dimensões de 320 x 80 m, possui 6 tratamentos com três repetições cada, sendo: T1 = Nucleação (5 x 5 m); T2 = Nucleação (5 x 5 m) + Poleiros; T3 = Poleiros; T4 = Linha de Recobrimento e Linha de diversidade; T5 = Controle com brachiaria; T6 = Supressão de braquiária, com o total de 18 parcelas amostrais. A coleta de dados do indicador sobrevivência ocorreu em cinco momentos, de janeiro/2012 a janeiro/2013 (dois, três, quatro, seis e doze meses), por meio do percentual de cada momento da mortalidade das 717 mudas plantadas provenientes de 18 espécies: *Alibertia macrophylla*, *Aspidosperma parvifolium*, *Buchenavia tomentosa*, *Cariniana estrellensis*, *Calophyllum brasiliensis*, *Copaifera langsdorfii*, *Croton urucurana*, *Cybistax antisyphillitica*, *Genipa americana*, *Inga laurina*, *Maclura tinctoria*, *Miconia ibaguensis*, *Pilocarpus pennatifolius*, *Myrsine guianensis*, *Handroanthus impetiginosus*, *Handroanthus serratifolius*, *Tapirira guianensis*, *Tibouchina stenocarpa*. A avaliação da sobrevivência como indicador de restauração, no final de 90 dias, foi de 93,7% e ao longo do ano foi diminuindo gradualmente, chegando a 73,6% no final da avaliação do experimento, podendo ser considerada como boa taxa de sobrevivência. Alguns fatores podem ter influenciado a mortalidade de 26,4% das mudas, como fatores edáficos, climáticos e bióticos (herbivorias). Pode-se afirmar que a sobrevivência pode ser considerada como um bom indicador de restauração porque se enquadrou adequadamente nos aspectos: sensibilidade, resultabilidade, custo, compreensão, interpretação e previsibilidade, demonstrando possuir potencial na aplicação como indicador de restauração.

Palavras chave: mortalidade; espécies nativas; cerrado; indicador de restauração ecológica; mata ripária.

CHAPTER 1: SURVIVAL OF NATIVE SPECIES OF CERRADO AS INDICATOR OF ECOLOGICAL RESTORATION IN RIPARIAN FOREST, CERRADO, FEDERAL DISTRICT

ABSTRACT

This chapter aims to evaluate the survival of seedlings of 18 species native to the Cerrado, for 12 months after planting, as indicator of ecological restoration in riparian forest in the Cerrado, Federal District. The development of the research was conducted in area located in Centro de Transferência de Tecnologia de Raças Zebuínas (CTZL) of Embrapa Cerrados in Núcleo Rural Ponte Alta, Gama - DF. The experiment of restoration Aquariparia/CNPq, with dimensions of 320 x 80m, has 6 treatments with three replicates each: T1 = Nucleation (5 x 5 m); Nucleation T2 = (5 x 5 m) + Perches; T3 = Perches; T4 = Line Coating and Line diversity; T5 = Control; T6 = Suppression of brachiaria, with a total of 18 sample plots. The data collection for the indicator survival occurred in five moments of January/2012 to January/2013 (two, three, four, six and twelve months), by the percentage of each moment of mortality of 717 seedlings planted from 18 species: *Alibertia macrophylla*, *Aspidosperma parvifolium*, *Buchenavia tomentosa*, *Cariniana estrellensis*, *Calophyllum brasiliensis*, *Copaifera langsdorfii*, *Croton urucurana*, *Cybistax antisyphillitica*, *Genipa americana*, *Inga laurina*, *Maclura tinctoria*, *Miconia ibaguensis*, *Pilocarpus pennatifolius*, *Myrsine guianensis*, *Handroanthus impetiginosus*, *Handroanthus serratifolius*, *Tapirira guianensis*, *Tibouchina stenocarpa*. Evaluation of survival and restoration indicator at the end of 90 days was 93,7 %, and over the years has decreased gradually reaching 73,6%. Demonstrating the application has potential as an indicator of restoration, some factors may have influenced the mortality of 26,4 % as edaphic, climatic and biotic (herbivories) factors. It can be stated that there were environmental planning in assessing survival as an indicator of restoration as well as you can that fit into various aspects such as sensitivity, resultability, cost, understanding, interpretation and predictability. Thus, it can be concluded that the survival rate showed good overall survival, fitting in most respects efficiency indicator restoration and can be considered a good indicator.

Keywords: mortality; native species; cerrado; indicator of ecological restoration; riparian forest.

1. INTRODUÇÃO

A restauração ecológica é a atividade que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema em respeito à sua integridade e sustentabilidade (SER, 2004). Dentro desse contexto, de acordo com esse autor, na restauração ecológica é necessário que se tenha conhecimento das condições históricas das ações de restauração tomadas pelos primeiros projetos.

Os primeiros projetos de restauração implantados eram insipientes em termos de técnicas de implantação e de monitoramento, devido ao reduzido conhecimento do comportamento biológico das espécies nativas (BARBOSA, 2006). Dessa forma, surgiram os indicadores ecológicos como parâmetros a serem utilizados nas metodologias, de forma a avaliar a viabilidade de determinado critério utilizado na avaliação da restauração (RODRIGUES et al., 2011).

Os indicadores ecológicos, de modo geral, devem ter forte relação com os objetivos do projeto de restauração e dos problemas ambientais a serem avaliados (MANOLIADIS, 2002), de forma a considerar não só a recuperação visual da paisagem, mas também a reconstrução dos processos ecológicos mantenedores da dinâmica vegetal (RODRIGUES et al., 2009). Portanto, a fim de que a área restaurada seja sustentável no tempo e cumpra seu papel ambiental, o uso de indicadores previamente definidos pode indicar tendências e alterações do ambiente (SEGIP, 1995; METZGER, 2002).

A partir de critérios de escolhas dos indicadores de ser claramente definidos, práticos e realistas (ANDREASEN et al., 2001; DALE; BEYLER, 2001; MANOLIADIS, 2002), Siqueria e Mesquita (2007) afirmam que alguns potenciais indicadores utilizados em monitoramentos da restauração transmitem ganhos ambientais nos projetos.

Os indicadores recomendados na fase de implantação por Rodrigues et al. (2009) e SEMA (2009) são: avaliação de parâmetros quanto altura e diâmetro de indivíduos plantados, presença e frequência de espécies invasoras, densidade de indivíduos de maior e menor porte e sobrevivência de mudas plantadas.

Alguns trabalhos de restauração ecológica no Cerrado evidenciam a utilização desses indicadores, bem como, pode ser destacado o uso da sobrevivência de espécies nativas em monitoramentos de restauração (MUNDIM, 2004; OLIVEIRA, 2005; OLIVEIRA, 2006; BORDINI, 2007; SILVA, 2007; ANTEZANA, 2008; CORTES, 2012; FREITAS, 2012; ROCHA, 2013; RESENDE, 2013). Na Mata Atlântica, por Rodrigues et al., (2004; 2009; 2011), nas matas ripárias (DURIGAN; SILVEIRA, 1999), DUBOC;

GUERRINI, 2007), LIMA, 2009; LACERDA, 2009) e na Amazônia (KNOWLES; PARROTA, 1995; SOARES, 2013). Assim sendo, identificar espécies capazes de se estabelecer e desenvolver em áreas degradadas é considerado um importante passo para a obtenção de sucesso na restauração, a partir de critérios econômicos e ecológicos (CORRÊA; CARDOSO, 1998; MELO et al., 2006).

O sucesso da sobrevivência depende primeiramente da qualidade das mudas, levando em consideração características morfológicas e fisiológicas (MATTSSON, 1996; WARD et al., 2000; DAVIS; JACOBS, 2005). Este grau de qualidade é necessário para que haja altos níveis de sobrevivência (MACLAREN, 1993), sendo essencial para o sucesso no plantio.

Para se atingir altos níveis de sobrevivência recomenda-se o uso matrizes de espécies nativas (VANAUSKAS et al., 2007) que possuam certa variabilidade genética e resistência aos fatores decorrentes das mudanças globais e fatores edafoclimáticos (RODRIGUES et al., 2009), competição das mudas plantadas com gramíneas exóticas (FERREIRA et al., 2010), escassez de água (ALMEIDA; SANCHEZ, 2005), época correta de plantio das mudas (DUBOC, 2005), presença de animais herbívoros na área (FREITAS, 1994; ROGLIN, 2012) e ações de manejo silviculturais antes e após o plantio (DURIGAN; RAMOS, 2013).

A taxa de sobrevivência sofre grande influência da intensidade da degradação da área (MELO, 2006), como em áreas dominadas por espécies exóticas, com ausência de espécies nativas e ausência de fauna (REIS et al., 2007; RODRIGUES et al., 2009; ALBUQUERQUE et al., 2013). Estudos realizados por Melo (2006) confirmam que a sobrevivência de mudas plantadas em áreas degradadas é proporcional ao distúrbio ou às condições edáficas, ou seja, solos de elevada acidez e de baixa fertilidade levam dificuldades para a sobrevivência de mudas.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a sobrevivência das mudas de 18 espécies nativas do Cerrado, durante 12 meses após o plantio, como indicador de restauração ecológica em área de mata ripária, no Cerrado, Distrito Federal.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A descrição dos materiais e métodos utilizados neste capítulo está inserida no item “2. MATERIAL E MÉTODOS GERAL”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar a taxa geral de sobrevivência das 717 mudas plantadas pertencentes às 18 espécies arbustivo-arbóreas, verificou-se que a sobrevivência após 90 dias foi de 93,7%, e ao longo do ano foi diminuindo gradualmente, chegando a 73,6% 12 meses após o plantio (Tabela 5). Do total de 717 mudas plantadas, 528 estavam vivas na época da 5ª avaliação (janeiro 2103). Segundo Knowles e Parrota (1995), em plantios de recuperação de áreas degradadas, valores de sobrevivência iguais ou superiores a 75% são considerados altos. Segundo Elliott et al. (2003), podem ser consideradas excelentes taxas de sobrevivência de espécies arbóreas nativas acima de 70%. Em estudos realizados no Cerrado considera-se que baixa taxa de sobrevivência é quando os valores são menores que 60%, mediana de 61 a 80% e alta acima de 81%, em fases iniciais da recuperação (CORRÊA; CARDOSO, 1988; DURIGAN; SILVEIRA 1999).

Em área de recuperação de áreas degradadas no Distrito Federal, Silva (2007) utilizando espécies nativas do Cerrado, verificou valores de sobrevivência de 60% em 22 meses de acompanhamento. Souto (2013), avaliando o desenvolvimento inicial de 15 espécies florestais nativas na região do Distrito Federal, registrou sobrevivência de 55,11% em área de extração do solo aos 72 meses de acompanhamento do plantio. A sobrevivência registrada no presente trabalho pode ser considerada alta nos primeiros 90 dias de implantação e, no final de 12 meses, satisfatória, estando dentro do previsto para experimentos de restauração ecológica na fase de implantação.

Tabela 5 – Sobrevivência das espécies utilizadas no plantio de mudas realizado de janeiro 2012 a janeiro 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Nome científico	TI	2 meses		3 meses		4 meses		6 meses		12 meses	
		N	Sob. (%)								
<i>Alibertia macrophylla</i> (Schum).	12	12	100	12	100	12	100	11	91,7	11	91,7
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	6	6	100	6	100	6	100	6	100	6	100
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	27	26	96,3	26	96,3	26	96,3	25	92,6	24	88,9
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	27	26	96,3	26	96,3	26	96,3	25	92,6	24	88,9
<i>Calophyllum brasiliensis</i> . Cambess	21	19	90,5	19	90,5	19	90,5	14	66,7	12	57,1
<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf.	3	3	100	3	100	3	100	2	66,7	2	66,7
<i>Croton urucurana</i> Baill	24	24	100	24	100	23	95,8	23	95,8	23	95,8
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	15	15	100	15	100	15	100	8	53,3	8	53,3
<i>Genipa americana</i> L.	6	6	100	6	100	6	100	5	83,3	5	83,3
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	18	16	88,9	16	88,9	15	83,3	15	83,3	13	72,2
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	15	15	100	15	100	15	100	15	100	15	100
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	21	21	100	21	100	21	100	21	100	21	100
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Don ex Steud.	6	6	100	6	100	6	100	6	100	6	100
<i>Miconia ibaguensis</i> (Bonpl.) Triana	237	215	90,7	215	90,7	207	87,3	144	60,8	139	58,6
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) O. Kuntze	84	84	100	84	100	82	97,6	61	72,6	60	71,4
<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem	6	6	100	6	100	6	100	4	66,7	4	66,7
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	24	24	100	24	100	23	95,8	20	83,3	19	79,2
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn	165	148	89,7	148	89,7	137	83	137	83	136	82,4
Total	717	672	93,7	672	93,7	648	90,4	542	75,6	528	73,6

TI: total de indivíduos; N: número de indivíduos; Sob.: sobrevivência.

As condições edáficas, de acordo com Rodrigues et al. (2009) afetam o estabelecimento de plantas em áreas degradadas, podendo influenciar nas taxas de sobrevivência. De acordo com Haridasan (2005), a restrição nutricional de uma área é considerada uma das principais barreiras ao estabelecimento de espécies vegetais em ambientes naturais. No que se refere à textura do solo, a área apresentou solo de textura argilosa (acima de 400 g/kg de argila) em todas as camadas analisadas (Tabela 6). A textura do solo e a disponibilidade de água influenciam na fertilidade, pois as disponibilidades desses recursos dependem da natureza, qualidade e quantidade da argila do solo (BRADY; WEIL, 1996).

Quanto ao percentual de matéria orgânica encontrada, foi de 2,0 a 3,0 dag/kg em todas as profundidades (Tabela 6), sendo que, segundo Reatto et al. (2001), os valores esperados para as matas de galeria do Distrito Federal estão entre 4,0 a 5,0 dag/kg. Porém, de acordo com estudos de Alvarez et al. (1999), os teores encontrados no solo do CTZL estão enquadrados como médios em todas as profundidades (2,01 a 4,00 dag/kg). Isso pode ser explicado, pois a área experimental passou por várias correções no solo para plantio de monoculturas e pastagens.

Vale ressaltar que na área de estudo houve roçadas frequentes para controle da braquiária e, segundo Aquino et al. (2012), este resíduo de biomassa vegetal, deixado no local sobre o solo, fornece matéria orgânica, protegendo o solo contra o aumento da temperatura, erosão e perda da umidade.

A fertilidade de solos sob matas de galeria varia muito e não são conhecidos teores nutricionais adequados para as espécies nativas desta fitofisionomia (HARIDASAN, 1998). O solo do CTZL apresentou acidez média, de acordo com teores propostos por Alvarez et al. (1999). Ribeiro et al. (2008) afirmam que é característico a ocorrência de solos ácidos no Cerrado. Os elementos nutricionais responsáveis por essa característica (pH, Al^{3+} , H+Al e saturação de alumínio) mostraram ser críticos para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas, como observados nos teores de pH (acidez média de 5,1 à 6,0), Al^{3+} (baixos teores $\leq 0,20$ cmol/dm³), H+Al (potencial médio de se tornar ácido 2,51 à 5,0 cmol/dm³) e saturação de alumínio (baixos $\leq 30,0\%$), conforme estudos de Alvarez et al. (1999).

Os valores encontrados para o P, em todas as profundidades foram menores que 2,0 mg/dm³. Valor similar foi encontrado por Haridasan (1998), com 1,1 mg/dm³ na camada superficial do solo em mata de galeria no Distrito Federal. Sorreano et al. (2012) descrevem que a deficiência de P no solo afeta o estabelecimento e o crescimento vegetal (ocorre mais lentamente). A deficiência de P afeta o crescimento de algumas espécies, como as dos gêneros *Aspidosperma* e *Myracrodruon* (MUNIZ; SILVA, 1995; MENDONÇA et al., 1999).

Também é possível afirmar que o Ca^{2+} e o Mg^{2+} estão enquadrados em teores médios em relação à fertilidade do solo, conforme proposta de Alvarez et al. (1999). Em estudos em matas ripárias, Haridasan (1998) encontrou teores variando de 1,1 a 238,6 cmol/dm^3 de Ca^{2+} , e teores variando de 1,1 a 9,3 cmol/dm^3 em três matas ripárias do Distrito Federal, comprovando a grande variação dos teores nutricionais em solos de matas ripárias.

Tabela 6 – Características físico-químicas do solo em quatro profundidades, no experimento de restauração ecológica de mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Características	Prof. (cm)			
	0-10	10-20	20-40	40-60
Composição granulométrica (g/kg)				
Argila	465	525	500	515
Areia	310	312,5	300	290
Silte	215	162,5	190	185
Complexo sortivo				
pH (H ₂ O)	5,78	5,75	5,66	5,76
P disponível (mg/dm ³)*	1,16	0,90	0,66	0,68
K (mg/dm ³)	67,34	56,80	18,20	8,85
Ca^{2+} (cmol/dm ³)	1,18	1,05	0,84	0,66
Mg^{2+} (cmol/dm ³)	0,46	0,45	0,36	0,32
Na^+ (cmol/dm ³)	0,05	0,05	0,05	0,04
Al^{3+} (cmol/dm ³)	0,08	0,20	0,24	0,34
Acidez (H+Al) (cmol/dm ³)	3,10	3,70	3,40	3,70
Soma de bases (cmol/dm ³)	1,95	1,80	1,51	1,30
CTC (cmol/dm ³)	5,05	5,50	4,91	5,00
Saturação por bases - V (%)	38,80	33,00	31,60	26,40
Saturação por alumínio - m (%)	4,06	10,65	13,92	22,18
Saturação com sódio - ISNa (%)	2,56	3,30	3,12	3,22
Matéria orgânica (dag/kg)	2,10	2,80	2,18	2,36

*P: determinação pelo método de Mehlich -1.

Portanto, as condições edáficas podem ter influenciado as taxas de sobrevivência de algumas espécies, sendo que não há padrões de enquadramento de fertilidade para espécies do Cerrado. Os valores obtidos no solo do CTZL sugerem que esse possui média a baixa fertilidade. De acordo com Felfili et al. (2000) a *Genipa Americana* é frequente em solos sem restrições quanto ao nível de fertilidade. De acordo com esses mesmos autores, a *Calophyllum brasiliensis*, *Inga laurina*, *Myrsine guianensis* e a *Tibouchina stenocarpa* são frequentes em solos de baixa

fertilidade. Essa característica pode ser encontrada na área experimental do CTZL. A *Alibertia macrophylla*, *Copaifera langsdorfii*, *Handroanthus impetiginosus* e a *Tapirira guianensis* possuem indiferença quanto à fertilidade do solo (FELFILI et al., 2000).

Além das condições edáficas, Rodrigues et al. (2009) afirmam que o estabelecimento de plantas em áreas degradadas também pode ser influenciado por condições microclimáticas. No presente trabalho, verificou-se que a maior taxa de mortalidade ocorreu no intervalo de quatro a seis meses de monitoramento, que marcou meses sem precipitação (junho e junho, ver Figura 4), quando 14,8% dos indivíduos monitorados morreram. Em janeiro de 2013, após seis meses do último monitoramento, o experimento apresentou taxa de mortalidade menor (2%), o que pode ser explicado pela alta precipitação pluviométrica favorável ao crescimento das plantas.

Além das condições edáficas e climáticas, a mortalidade pode ser influenciada pela complexa interação de atributos morfológicos e fisiológicos em condições naturais (VIANI; RODRIGUES, 2007) como interações entre animais e plantas. Dentro desse contexto, foi realizada a análise de agrupamento ou análise de cluster (Figura 11) para a taxa de sobrevivência das espécies, associada com os parâmetros bióticos levantados (Tabela 7): herbivoria caulinar, sem folhas, herbivoria foliar, brotos caulinares, rebrotas caulinares. A análise comparativa da taxa de sobrevivência com os parâmetros bióticos obtidos a partir das médias das avaliações da sanidade das mudas formou dois grupos (Tabela 7), apresentando diferença significativa entre as variáveis sobrevivências, broto e rebrota.

O grupo 1 teve a maior média de sobrevivência (94,18%). Nesse grupo, houve as maiores médias de brotos (29,78%) e rebrotas caulinares (10,88%). As espécies que estão nesse grupo são: *Handroanthus serratifolius*, *Handroanthus impetiginosus*, *Aspidosperma parvifolium*, *Alibertia macrophylla*, *Tibouchina stenocarpa*, *Buchenavia tomentosa*, *Croton urucurana*, *Cariniana estrellensis* e *Maclura tinctoria*. Como consequência do ataque de formigas cortadeiras, algumas plantas podem possuir mecanismos de respostas a eles (CRAWLEY, 1997), como por exemplo, rebrotas e brotos caulinares, correspondendo a herbivorias caulinares na planta.

Este grupo possui baixa média de herbivoria foliar (18,97%) e baixa média de herbivoria caulinar (7,83%) (Tabela 7). Viani e Rodrigues (2007) afirmaram que algumas variações como área foliar, taxas fotossintéticas, e eficiência no uso da água podem influenciar nas taxas de sobrevivência de cada espécie, dependendo da intensidade do dano. Espécies com altos percentuais de rebrotas podem ser caracterizadas como plantas que investem energia no sistema radicular na fase inicial de crescimento (DUBOC; GUERRINI, 2007), podendo ser considerado que a rebrota auxilia as plantas na reocupação de áreas perturbadas (MELO;

DURIGAN, 2007). Isso pode ser ótimo suporte para sobrevivência das plantas. No presente trabalho, a média de rebrota e broto pode ter sido resposta da incidência de 7,83% de herbivoria caulinar que esse grupo sofreu durante os 12 meses de monitoramento.

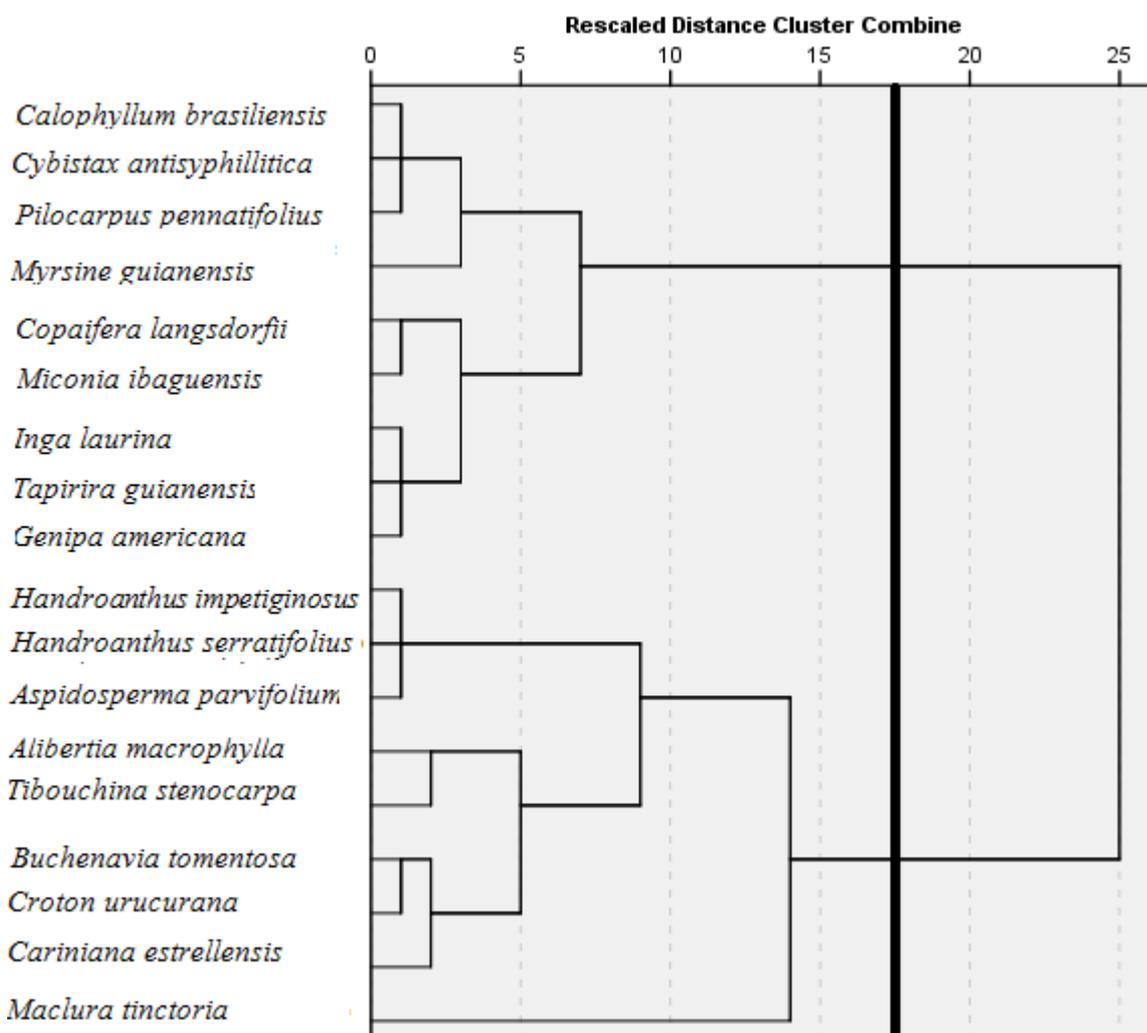


Figura 11 – Dendrograma do percentual de sobrevivência das espécies em relação aos parâmetros bióticos classificados pela análise de agrupamento no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

O grupo 2 teve menor média de sobrevivência (67,61%). Nesse mesmo grupo foi possível obter médias de herbivoria foliar de 19,11% (Tabela 7). As espécies que estão nesse grupo são: *Calophyllum brasiliensis*, *Cybistax antispyhillitica*, *Pilocarpus pennatifolius*, *Myrsine guianensis*, *Copaifera langsdorfii*, *Miconia ibaguensis*, *Inga laurina*, *Tapirira guianensis* e *Genipa Americana*. As espécies do grupo 2, na sua maioria, são classificadas como pioneiras e secundárias tardias, com exceção da *Calophyllum brasiliensis*, *Genipa Americana* e *Inga laurina*, que são classificadas como secundárias tardias, necessitando de sombra para o seu estabelecimento e desenvolvimento. Também foi possível avaliar que as espécies do grupo 2

apresentaram menores médias significativas quanto aos parâmetros brotos (12,71%) e rebrota (2,82 %), confirmando estudos de Melo e Durigan (2007) que estes parâmetros podem influenciar na sobrevivência de algumas espécies.

Tabela 7 – Comparação entre as médias de parâmetros bióticos dos grupos extraídos na análise de cluster no experimento de restauração ecológica em mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Parâmetros (%)	Grupo 1 (n = 9)	Grupo 2 (n = 9)	p valor
Herbivoria caulinar	7,83 ± 3,91	7,03 ± 6,67	0,761
Ausência de folhas	6,27 ± 4,23	3,91 ± 3,71	0,227
Herbivoria foliar	18,97 ± 11,97	19,11 ± 12,58	0,981
Broto	29,78 ± 22,43	12,71 ± 5,35	0,041*
Rebrota	10,88 ± 8,92	2,82 ± 3,79	0,024*
Sobrevivência	94,18 ± 6,50	67,61 ± 10,08	0*

*Diferença significativa entre as médias dos grupos pelo Teste T ($p < 0,05$).

As espécies *Miconia ibaguensis* e *Calophyllum brasiliensis* são espécies frequentes de solos de matas de galeria inundáveis (SANO et al., 2008), possuindo as menores taxas de sobrevivência (58,6 e 57,1%, respectivamente). Como esta situação não ocorre na área experimental esta característica pode ter levado essas espécies a baixas taxas de sobrevivência e consequentemente agrupado estas espécies em associação com as médias dos fatores bióticos listados.

Estas espécies do grupo 2 possuem média de herbivoria foliar (19,11%). A herbivoria foliar desempenha um importante papel na dinâmica populacional de plantas, provocando um incremento na taxa de mortalidade das espécies (EHRLÉN, 1995), pois a pressão intensa de herbivoria foliar pode consumir uma elevada proporção de tecidos fotossintéticos (BOVENDORP, 2009) afetando o crescimento, desenvolvimento e recrutamento das plantas (DEL-CLARO; OLIVEIRA 2002).

Desse modo, as herbivorias foliares podem ter levado à baixa sobrevivência de algumas espécies do grupo 2. De acordo com Coelho et al. (2009), a sobrevivência das espécies é dependente de três elementos essenciais: o carbono, hidrogênio e oxigênio e mais alguns sais minerais que são essenciais para o processo da fotossíntese, sendo que esses elementos são ligados entre si, formando os açúcares, que são fonte de energia para planta e indispensáveis para sua sobrevivência.

Outros fatores podem ter influenciado o aumento da mortalidade de algumas espécies, como tratamentos silviculturais específicos, competição de mudas com plantas invasoras,

disponibilidade de luz, água e condições edafoclimáticas (FELFILI et al., 2008; FERREIRA et al., 2010). O bom desempenho da porcentagem de sobrevivência confirma a teoria de estabelecimento e desenvolvimento de plantas nativas em áreas degradadas do mesmo bioma de frequência das espécies implantadas (FELFILI et al., 2005).

A taxa de sobrevivência obtida nesta pesquisa (76,3%) indica que a ação inicial da restauração está satisfatória. A maioria das espécies teve boa taxa de sobrevivência, o que poderá acelerar o processo de restauração.

Como as taxas do indicador sobrevivência foram variáveis, perfeitamente identificáveis e compreendidas quanto a sua ação na restauração, e os fatores bióticos e abióticos tiveram interação previsível nas taxas de sobrevivência, foi possível afirmar que o planejamento da fase inicial da restauração foi adequado. Também foi possível detectar mudanças no ambiente em estágios iniciais, como por exemplo, o aumento da taxa de mortalidade de algumas espécies, em certo período do primeiro ano, conforme proposta de Van Stralen (1998), o qual afirma que um potencial indicador consegue refletir as mudanças no ambiente em que está avaliando nos primeiros anos dessa avaliação. A partir destes dados de sobrevivência será possível o manejo e tomada de decisões nas próximas fases da restauração.

Dentro deste contexto, foi analisada a eficiência da empregabilidade do potencial indicador sobrevivência. Os indicadores possuem alguns aspectos para a atribuição da sua eficiência de aplicação. Para quantificar essa viabilidade foram utilizados alguns aspectos e descritores propostos por Segip (1995) e Metzger (2002): sensibilidade, resultabilidade, custo, compreensão e interpretação, previsibilidade e tendência, escala e síntese (Tabela 8).

A sobrevivência como indicador demonstrou ser sensível quanto às alterações abióticas (solo e clima) e bióticas (herbivórias e brotações). Deste modo, as espécies plantadas no ambiente degradado possuíram, em geral, alta sobrevivência.

Tabela 8 – Eficiência da sobrevivência como indicador de restauração ecológica através da escala de Likert (cinco níveis), conforme proposto por Segip (1995) e Metzger (2002), em experimento de restauração ecológica em mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Aspectos	Nota (0-5)
Sensibilidade	4
Resultabilidade	5
Custo	5
Compreensão	5
Interpretação	5
Previsibilidade	5
Escala	3
Síntese	3
Total	35

A taxa de sobrevivência na ação da restauração foi facilmente mensurada e interpretada. A análise dos valores obtidos provenientes das 717 mudas plantadas partiu do princípio das que morreram ao longo dos 12 meses, resultando em dados compreensíveis e sensíveis aos fatores envolvidos. O baixo custo do indicador sobrevivência advém do rápido monitoramento em campo das mudas, acarretando em uma pequena equipe com baixo custo para o monitoramento e implantação do projeto, uma vez que as mudas foram cedidas pela Embrapa Cerrados.

Outros aspectos positivos do indicador foram as respostas capazes de indicar tendências das alterações no ambiente ao longo dos 12 meses, como fatores climáticos e do solo. Dessa forma, com a produção desses valores, estes dados poderão ser utilizados como referências em outras situações que visam à análise da ação da restauração através do indicador sobrevivência, porém, com cautela, pois o experimento foi de curta duração (12 meses).

Os pontos medianos da análise da eficiência dos indicadores foram a partir dos aspectos escala e síntese (Tabela 8). Apesar de apresentarem valores que podem ser aplicados como referências em outras áreas, os valores são iniciais, necessitando de maior tempo de estudo para a melhor avaliação deste aspecto, uma vez que pode ocorrer redução da sobrevivência com avanço do tempo. Do mesmo modo, o aspecto síntese de formulação de critérios que reúnam vários atributos possibilitou a formulação de uma única análise de todos os atributos envolvidos, porém, ainda é cedo para conseguir concretizar tais dados. Sendo assim, dentro da análise da eficiência do indicador, espera-se que com o desenvolvimento das espécies nativas plantadas seja acelerado o processo de restauração.

4. CONCLUSÕES

- A sobrevivência das mudas de 18 espécies nativas do Cerrado, durante 12 meses após o plantio, mostrou-se viável e eficiente como indicador e de restauração ecológica em área de mata ripária, no Cerrado.
- O percentual do indicador sobrevivência demonstrou ser satisfatória no experimento de restauração de mata ripária, no Distrito Federal.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L.B.; AQUINO, F.G.; COSTA, L.C.; MIRANDA, Z.J.G.; SOUSA, S.R. Espécies de Melastomataceae Juss. com potencial para restauração ecológica em área em regeneração natural para uso potencial na restauração ecológica de mata ripária no bioma Cerrado. **Polibotânica**, v. 35, p.1-19, 2013.
- ALMEIDA, R.O.P.O.; SANCHEZ, L.E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, Viçosa–MG, v.29, p.47-54, 2005.
- ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, 359p. 1999.
- ANDERSON, M.L. Plantación en grupos espaciados. **Unasyuva**, v.7, n.2, p. 61-70, 1953.
- ANDREASEN, J.K.; O'NEILL, R.V.; NOSS, R.; SLOSSER, N.C. Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity. **Ecological Indicators**, v.1, p:21-35, 2001.
- ANTEZANA, F.L. **Crescimento inicial de 15 espécies nativas do Bioma Cerrado sob diferentes condições de adubação e roçagem em Planaltina - DF**. (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 84p. 2008.
- AQUINO, F.G.; ALBUQUERQUE, L.B.; ALONSO, A.M.; LIMA, J.E.F.W.; SOUSA, E.S. **Cerrado: Restauração de Matas de Galeria e Ciliares**. Embrapa Cerrados, Brasília. 40p. 2012.
- BARBOSA, L.M. Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: **Matas Ciliares do Interior Paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, 128p. 2006.
- BORDINI, M. C. P. **Manejo da regeneração natural de vegetação de cerrado, em áreas de pastagem, como estratégia de restauração na Fazenda Santa Maria do Jauru, município de Porto Esperidião, MT**. (Dissertação Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 92p. 2007.
- BOVENDORP, R.S. Herbivoria foliar em *Hibiscus pernambucensis* (Malvaceae), uma planta com Nectários Extrafl orais: Quanto vale um recruta zero? In: Machado, G.; PRADO, P.I.; OLIVEIRA, A.A. (Eds.). Livro do curso de campo "**Ecologia da Mata Atlântica**". São Paulo, Universidade de São Paulo. p.1-3, 2009.
- CORRÊA, R. S.; CARDOSO, E.S. Espécies testadas na revegetação de áreas degradadas. In: CORRÊA, R. S.; MELO FILHO, B. (Orgs.). **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado**. Paralelo 15, Brasília – DF, p.101-116, 1998.
- CORTES, J. M.; **Desenvolvimento de espécies nativas do Cerrado a partir do plantio de mudas e da regeneração natural em uma área em processo de recuperação, Planaltina-DF**. (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 89p. 2012.

DALE, V.H.; BEYELER, S.C. Challenges in the development and use of ecological indicators. **Ecological Indicators**, v.1, p.3-10, 2001.

DAVIS, A.S.; JACOBS, D.F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests**, Dordrecht, v. 30, p.295-311, 2005.

DEL-CLARO, K.; OLIVEIRA P.S. Conditional outcomes in a neotropical treehopper-ant association: temporal and species-specific variation in ant protection and homopteran fecundity. **Oecologia**, v.124, p.156-165, 2000.

DUBOC, E.; GUERRINI, I.A. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de Matas de Galeria no domínio do Cerrado em resposta a fertilização. **Energia Agrícola**. Botucatu, v.22, n.1, p.42-60, 2007.

DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização em plantios de recuperação de áreas de cerrado degradado**. (Tese Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômica. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 151p. 2005.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E.R. Recomposição de mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, n.56, p.135-144, 1999.

DURIGAN, G.; RAMOS, V.S.; Manejo Adaptativo: primeiras experiências na Restauração de Ecossistemas. **Páginas & Letras** (Eds.). São Paulo. 49p. 2013.

ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D. de; ENGEL, V.L. e GANDARA, F.B. (Eds.). **Restauração ecológica de ecossistema naturais**. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, São Paulo. p.3-22, 2003.

EHRLÉN, J. Demography of the perennial herb *Lathyrus vernus*. Herbivory and individual performance. **Journal of Ecology**, v.83, p.287-295, 1995.

ELLIOTT, S.; NAVAKITBUMRUNG, P.; KUARAK, C.; ZANGKUM, S.; ANUSARNSUNTHORN, V. B.; LAKESLEY, D. Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. **Forest Ecology and Management**, v.184, p.177-191, 2003.

FELFILI, J.M.; RIBEIRO, J.F.; FAGG, C.W.; MACHADO, J.W.B. **Recuperação de matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 45p. 2000

FELFILI, J.M.; SOUSA-SILVA, J.C.; SCARIOT, A. Biodiversidade ecologia e conservação do Cerrado: avanços no conhecimento. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.; FELFILI, J.M. **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 25-44, 2005.

FELFILI, J.M.; FAGG, C.W.; PINTO, J.R.R. Recuperação de Áreas degradadas no cerrado com espécies nativas do bioma e de uso múltiplo para formação de corredores ecológicos e uso sustentável da reserva legal. **In:** FELFILI, M.J.; SAMPAIO, J.C.; CORREIA, C.R.M.A. **Bases para a Recuperação de Áreas Degradadas da Bacia do São Francisco. Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD)**, 216p. 2008.

FERREIRA, W.C.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R.; FERREIRA, D.F. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da usina hidrelétrica de Camargos. **Revista Árvore**, v.34, n.4, p.651-660, 2010.

FREITAS, S.; BERTI FILHO, E. Efeito do desfolhamento no crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden (Myrtaceae). **Circular Técnica do IPEF**, Piracicaba, v.47, p.36-43, 1994.

FREITAS, V.L.O. **Restauração de áreas degradadas pela extração de Ardósia, utilizando seus rejeitos no município de Papagaio, Minas Gerais.** (Tese Doutorado em Ciências Biológicas). Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 116p. 2012.

HARIDASAN, M. Solos de mata de galeria e nutrição mineral de espécies em condições naturais. **In:** RIBEIRO, J.F. (Ed.). **Cerrado: matas de galeria.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 164p. 1998.

HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. **In:** SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.; FELFILI, J.M. **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 167-178, 2005.

HOBBS, R.J.; HARRIS, J.A. Restoration Ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. **Restoration Ecology**, v.9, n.2, p.239-246, 2001.

KNOWLES, O.H.; PARROTTA, J.A. Amazonian forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and field performance indices. **Commonw. Forest Review**, v.3, p.230-243, 1995.

LACERDA, D.M.A.; FIGUEIREDO, P.S.; Restauração de matas ciliares do rio Mearim no município de Barra do Corda-MA: seleção de espécies e comparação de metodologias de reflorestamento. **Acta Amazonica**, v.39, p.295-304, 2009.

LIMA, J.A.; SANTANA, D.G.; NAPPO, M.E. Comportamento inicial de espécies na revegetação da mata de galeria na Fazenda Mandaguari, em Indianópolis, MG. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.685-694, 2009.

MACLAREN, J.P. New Zealand: New Zealand Forest Research Institute, Radiata pine growers' manual. **FRI Bulletin**, v.184, 140p. 1993.

MATTSSON, A. Predicting field performance using seedling quality assessment. **New Forests**, Dordrecht, v.13, p.223-248, 1996.

MANOLIADIS, O.G. Development of ecological indicators - a methodological framework using compromise programming. **Ecological Indicators**, v.2, p.169-176, 2002.

MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. Efeito de borda sobre o banco de sementes em faixa de borda de Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v.21, p.927-935, 2007.

MELO, V.G. **Uso de espécies nativas do bioma Cerrado na recuperação de área degradada de Cerrado sentido restrito, utilizando lodo de esgoto e adubação química.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. 96p. 2006

MENDONÇA, A.V.R.; NOGUEIRA, F.D.; VENTURIN, N.; SOUSA, J.S. Exigências nutricionais de *Myracroduon urundeuva* Fr. All. (aroeira-do-sertão). **Cerne**, Lavras, v.5, p.65-75, 1999.

METZGER, J.P.; Bases biológicas para definição de Reservas Legais. **Ciência Hoje**, v.31, p.183-184, 2002.

MUNDIM, T.G. **Avaliação de espécies nativas usadas na revegetação de áreas degradadas no Cerrado.** Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 100p. 2004.

MUNIZ, A.S.; SILVA, M.A.G. Exigências nutricionais de mudas de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) em solução nutritiva. **Revista Arvore**, v.19, p. 263-271, 1995.

OLIVEIRA, F.F.; **Plantio de espécies nativas e uso de poleiros artificiais na restauração de uma área perturbada de Cerrado sentido restrito em ambiente urbano no Distrito Federal, Brasil.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais), Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 124p. 2006.

OLIVEIRA, F.F.; RIBEIRO, J.F.; Sobrevivência e crescimento de espécies de Cerrado e de floresta em área de Cerrado degradado em Brasília, DF. **In: 56º Congresso Nacional de Botânica**, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2005.

OLIVEIRA, P.S., A.V.L. FREITAS.; K. DEL-CLARO. Ant foraging on plant foliage: contrasting effects on the behavioral ecology of insect herbivores,. **In: The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna** (P.S. OLIVEIRA; R.J. MARQUIS) (Eds.). New York: Columbia University Press. p.287-305, 2002.

REATTO, A.; SPERA, S.T.; CORREIA, J.R.; MARTINS, F.S.; MILHOMEM, A. Solos de ocorrência em duas áreas sob mata de galeria no Distrito Federal: aspectos pedológicos, amoedagem química e físico-hídrica. **In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.; SOUZA-SILVA, J.C. (Eds.). Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria.** Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, p.115-133, 2001.

REIS, A.; TRES, D.R.; SCARIOT, E.C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 55, p.67-73, 2007.

RESENDE, L.A.; PINTO, L.V.A. Emergência e desenvolvimento de espécies nativas em área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.5, p. 37-48, 2013.

ROCHA, F.B. **Avaliação do desenvolvimento inicial de espécies nativas do cerrado submetidas a quatro tipos de adubação na recuperação de área degradada na APA Gama e Cabeça de Veado, DF.** (Bacharel em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 57p. 2013.

RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica:** referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. LERF/Esalq: Instituto BioAtlântica, São Paulo. 264p. 2009.

RODRIGUES, R.R. Large-scale ecological restoration of high diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.261, p.1605-1613, 2011.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Eds.) **Matas Ciliares Conservação e Recuperação.** EDUSP, v.1, p.235-247, 2004.

SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado: Ecologia e Flora,** Embrapa, Brasília v.2, 1279p. 2008.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS (SEMA), Cadernos da Mata Ciliar, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. v1, 2009. São Paulo. Disponível em http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_4_Monitoramento.pdf. Acesso em 18/12/2012.

SIQUEIRA, L.P.; MESQUITA, C.A.B. Meu pé de Mata Atlântica: experiências de recomposição florestal em propriedades particulares no Corredor Central. (Eds.). Rio de Janeiro: **Instituto BioAtlântica**, 188p. 2007.

SILVA, J.C.S. **Desenvolvimento inicial de espécies lenhosas, nativas e de uso múltiplo na recuperação de áreas degradadas de cerrado sentido restrito no Distrito Federal.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais), Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 120p. 2007.

SOUTO, M.L.S. **Desenvolvimento inicial de 15 espécies florestais nativas, plantadas ao final do período chuvoso, em uma área degradada por extração e compactação de solo no Distrito Federal.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais), Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 89p. 2013.

SEGIP - The State Environmental Goals and Indicators Project. Evaluation criteria. In: BERGQUIST, G. et al. Prospective indicators for state use in performance agreements. Florida: SEGIP/Florida Center for Public. **Management**, p.6-7, 1995.

SOARES, A.S.; LUZ, M.G.G.; LIMA, E.G. MEDEIROS, E.; ARAÚJO, R.N.; Projeto de recuperação de uma cascalheira no município de Conceição do Araguaia/PA. In: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador. **Anais...** 2013.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL – SER. **The SER primer on ecological restoration.** Society for Ecological Restoration International, Science and Policy Working Group, 2004.

SORREANO, M.C.M.; RODRIGUES, R.R.; BOARETTO, A.E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. São Paulo (Eds.), v.1, 256p. 2012.

IVANAUSKAS, N.M.; RODRIGUES, R.R.; SOUZA, V.C. The importance of the regional floristic diversity for the forest restoration successfulness. **In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S.V.; GANDOLFI, S. (Eds.). High diversity forest restoration in degraded areas**. New York: **Nova Science Publishers**, p.63-76, 2007.

VAN STRAALLEN, N.M. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, v.9, p.429-437, 1998.

VIANI, R.A.G.; RODRIGUES, R.R. Sobrevivência em viveiro de mudas de espécies nativas retiradas da regeneração natural de remanescente florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.42, p.1067-1075, 2007.

WARD, J.S.; GENT, M.P.N.; STEPHENS, G.R. Effects of planting stock quality and browse protection-type on height growth of northern red oak and eastern white pine. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 127, p. 205-216, 2000.

CAPÍTULO 2: CRESCIMENTO EM ALTURA DE MUDAS DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO COMO INDICADOR DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM MATA RIPÁRIA

RESUMO

O objetivo deste capítulo foi avaliar o crescimento em altura das mudas de espécies nativas do Cerrado, como indicador de restauração ecológica, em área de mata ripária em processo de restauração, no Cerrado, Distrito Federal. A área de estudo foi no Centro de Transferência de Tecnologia de Raças Zebuínas (CTZL) da Embrapa Cerrados, no Núcleo Ruaral Ponte Alta, Gama – DF. O experimento de restauração Aquariparia/CNPq, com dimensões de 320 x 80 m, constituiu de seis tratamentos com três repetições cada, sendo: T1 = Nucleação (5 x 5 m); T2 = Nucleação (5 x 5 m) + Poleiros; T3 = Poleiros; T4 = Linha de recobrimento e Linha de diversidade; T5 = Controle com brachiaria; T6 = Supressão de brachiaria, com o total de 18 parcelas amostrais. A coleta de dados do indicador crescimento em altura ocorreu três vezes no período de janeiro/2012 a janeiro/2013. A análise do crescimento foi realizada a partir das mudas sobreviventes no final de 12 meses e que apresentaram aumento de altura. A partir da análise de regressão, foi possível gerar modelos para cada espécie e posteriormente compara-los pelo teste de razão de verossimilhança. Dentre as 18 espécies analisadas, cinco foram excluídas por não apresentarem aumento do incremento em altura. De modo geral, das 13 espécies, oito apresentaram aumento da altura em 50%, com os maiores aumentos em *Miconia ibaguensis* (154%), *Inga laurina* (117%), *Calophyllum brasiliensis* (81%) e *Tapirira guianensis* (75%), evidenciando viabilidade do crescimento em altura como indicador de restauração, a partir dos resultados obtidos ao longo do ano. Também foi possível obter equações lineares de crescimento para as espécies analisadas, bem como demonstrar diferença significativa entre cinco delas. Alguns fatores podem ter influenciado o crescimento, como fatores bióticos, o que pode ter atrapalhado na ação da restauração. Ao se avaliar crescimento em altura como indicador de restauração, a partir da escala de Likert em cinco níveis de eficiência, verificou-se que se obteve boa pontuação no aspecto sensibilidade, mas nos outros aspectos como resultabilidade, custo, compreensão, interpretação e previsibilidade, valores foram medianos. Como indicador de restauração ecológica, pode-se concluir que o crescimento em altura pode ser utilizado em projetos da fase inicial da restauração ecológica, porém com restrições.

Palavras chave: recuperação de áreas degradadas; sobrevivência; desenvolvimento; indicador de restauração ecológica; espécies nativas.

CHAPTER 2: GROWTH IN HEIGHT OF SEEDLINGS OF NATIVE SPECIES OF CERRADO AS INDICATOR OF ECOLOGICAL RESTORATION IN RIPARIAN FOREST

ABSTRACT

The purpose of this chapter was to evaluate the height growth of seedlings of native Cerrado species as indicator of ecological restoration in forest riparian in restoration process, in Cerrado, Federal District. The study area is located in Centro de Transferência de Tecnologia de Raças Zebuínas (CTZL) of Embrapa Cerrados, in Núcleo Rural Ponte Alta, Gama – DF. The restoration experiment Aquariparia/CNPq, with dimensions of 320 x 80 m, has six treatments with three replicates each: T1 = Nucleation (5 x 5 m); Nucleation T2 = (5 x 5 m) + Perches; T3 = Perches; T4 = Line of Coating and Line of diversity; T5 = Control; T6 = Suppression of brachiaria, with a total of 18 sample plots. The data collection window of height growth occurred three times in the period January/2012 to January/2013. The growth analysis was performed from surviving seedlings at the end of 12 months which showed an increase in height. From the regression analysis it was possible to generate models for each species and then compare them by likelihood ratio test. Among the 18 species examined, five were excluded for not having increased height increment. Overall, of 13 species, eight had increased the height by 50% with the largest increases for *Miconia ibaguensis* (154%), *Inga Laurina* (117%), *Calophyllum brasiliensis* (81%) and *Tapirira guianensis* (75%), indicating viability of height growth as indicator of restoration, from the results achieved during the year. It was also possible to obtain linear equations for growth in species, as well demonstrate significant differences among five of them. Some factors may have influenced the growth like biotic factors, which may have hindered the action of restoration. When assessing growth in height as indicator of restoration it was found that scored well in the aspect sensitivity but in other aspects as resultability, cost, understanding, interpretation and predictability, having median values from the Likert scale in five levels of efficiency. As an indicator of ecological restoration, it can be concluded that the growth in height can be used in projects from the initial stage of ecological restoration, but with certain restrictions.

Keywords: recovery of degraded areas; survival; growth; indicator of ecological restoration; native species.

1. INTRODUÇÃO

As matas ripárias são formações vegetacionais que acompanham corpos d'água, que possuem certas particularidades florísticas em função da regulação do fluxo de água, de sedimentos e de nutrientes entre os terrenos mais altos da bacia (GONÇALVES et al., 2005) e continuam sendo alvos do interesse econômico no Cerrado. Dentro deste contexto, é essencial a busca de informações referentes à restauração ecológica de áreas degradadas, garantindo a manutenção da biodiversidade deste bioma (FELFILI et al., 2000) e a proteção dos recursos hídricos (GÊNOVA et al., 2007).

A escolha adequada das espécies é um aspecto fundamental para acelerar o processo de restauração. Estas espécies podem servir de gatilhos ecológicos em toda a área, de forma a potencializar o fluxo gênico dos organismos entre habitats e, conseqüentemente, aumentar a conectividade da paisagem e a resiliência do ecossistema (REIS et al., 2007). Como exemplo, algumas espécies arbustivas da família Melastomataceae tem alto potencial de restaurabilidade, uma vez que florescem e frutificam precocemente, atraem polinizadores e dispersores de sementes para a área a ser restaurada, aumentando as chances de encontros interespecíficos, além de apresentarem desenvolvimento rápido, propiciando a ativação de processos ecológicos (ALBUQUERQUE et al., 2013).

Dentro deste contexto e da necessidade em se avaliar sistemas em restauração (PARKER, 1997), o uso de indicadores ecológicos permite a utilização de ferramentas metodológicas capazes de se analisar a eficiência dos critérios escolhidos para a restauração (RODRIGUES et al., 2010). A escolha de indicadores de restauração pré-definidos possibilita ter maior segurança na recomendação de técnicas, dependendo da situação a ser recuperada e dos objetivos propostos, bem como a comparação entre projetos (MANOLIADIS, 2002; RODRIGUES; GANDOLFI, 2001). Alguns dos indicadores de restauração recomendados por Rodrigues et al. (2009; 2010); SEMA (2009) para a fase de implantação são: taxa de mortalidade, presença e frequência de espécies invasoras, riqueza ou diversidade de espécies, densidade de indivíduos e avaliação do desenvolvimento das mudas plantadas quanto ao aumento da altura.

A análise do crescimento de espécies nativas tem sido realizada por diversos autores no Cerrado (MELO, 2006; DUBOC; GUERRINI, 2007; SILVA, 2007; ANTEZANA, 2008; MOURA, 2008; SILVA; CORRÊA, 2008; STARR, 2009; PORTO, 2012; CORTES, 2012). Algumas espécies como a *Simarouba versicolor* (ANTENANZA, 2008; CORTES, 2012), *Plathymenia reticulata* (DUBOC; GUERRINI, 2007; FELFILI et al., 2008; CORTES, 2012), *Tapirira guianensis* (FELFILI et al., 2000; DUBOC; GUERRINI, 2007; MOURA, 2008),

Genipa americana (STARR, 2009; PORTO, 2012) e *Copaifera langsdorffii* (PORTO, 2012) apresentaram boa resposta em crescimento em altura.

A variação de dados de crescimento em todas as espécies é consequência das características abióticas locais e/ou fatores genéticos de cada espécie, que são determinantes no crescimento das espécies em cada região (BOTELHO et al., 1996). Alguns fatores que afetam a sobrevivência e o desenvolvimento das mudas são: competição entre espécies nativas com gramíneas exóticas (FERREIRA et al., 2010), disponibilidade de água (ALMEIDA; SANCHEZ, 2005), período certo de plantio das mudas (período chuvoso) (DUBOC, 2005), herbivoria, sendo um dos fatores bióticos que mais podem causar numerosos efeitos negativos no desempenho de plantas, prejudicando a sua sobrevivência (ODUM, 1988; COLEY; BARONE, 1996), solos secos com baixa disponibilidade de nutrientes (GULLAN; CRANSTON, 2007), estresse hídrico (WHITE, 1984) e longos períodos secos (COLEY; BARONE, 1996). Outro fator extremamente importante na determinação da taxa de sobrevivência, logo em seu desenvolvimento é o grau de degradação da área (MELO, 2006).

Apesar desses fatores, Felfili et al. (2008) afirmaram que é esperado que espécies nativas tenham sucesso no plantio em áreas degradadas, independente da fitofisionomia, desde que seja introduzida em seu ambiente de frequência. Podendo haver variação no período de crescimento das plantas, o sucesso do crescimento aumenta a diversidade local (MUNDIM et al., 2006), ocupando o solo por suas raízes e posteriormente o espaço aéreo (PINTO et al., 2011).

Para a restauração ecológica ter sucesso é necessário reativar os processos ecológicos por meio de múltiplas interações bióticas e abióticas (ALBUQUERQUE et al., 2013). Assim, o uso do indicador desenvolvimento das mudas poderá auxiliar, periodicamente, na avaliação dos experimentos de restauração, ao se possibilitar analisar o desempenho das espécies com as características ou estado da área ao longo do tempo.

Neste contexto, o objetivo deste capítulo foi avaliar o crescimento em altura das mudas de espécies nativas do Cerrado, como indicador de restauração ecológica, em área de mata ripária em processo de restauração (fase de implantação), no Cerrado, Distrito Federal.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A descrição dos materiais e métodos utilizados neste capítulo está inserida no item “2. MATERIAL E MÉTODOS GERAL”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar o incremento em altura das espécies arbustivo-arbóreas a partir das 528 mudas sobreviventes na época da 3ª avaliação (janeiro 2013), 239 foram analisadas pelo critério de aumento da altura ao longo do ano, ou seja, após 12 meses desde o início do trabalho, a porcentagem geral de crescimento médio das espécies foi de 61,23% (Tabela 9). Também foi possível obter equações de crescimento para as espécies analisadas na fase inicial da restauração. Cinco espécies apresentaram diferença significativa nas equações lineares de crescimento em altura geradas ($p < 0,05$): *Calophyllum brasiliensis*, *Croton urucurana*, *Inga laurina*, *Myrsine guianensis* e *Tibouchina stenocarpa*. Também foram obtidos altos valores de coeficiente de determinação (R^2) para todas as espécies.

As espécies que tiveram os maiores percentuais de incremento foram, em ordem decrescente, *Miconia ibaguensis* (154%), *Inga laurina* (117%), *Calophyllum brasiliensis* (81%) e *Tapirira guianensis* (75%). O valor máximo, 154%, foi alcançado por *Miconia ibaguensis*, e o valor mínimo, 12%, foi alcançado pela *Cariniana estrellensis* (Tabela 9). Analisando as porcentagens do aumento em altura do plantio como um todo, verificou-se que 61,53% desses valores estão acima de 50%. Dentre as 18 espécies monitoradas, cinco não foram analisadas por não apresentarem aumento gradativo em altura.

O valor máximo refletiu também a amplitude dos dados, sendo que a porcentagem de aumento da altura variou de 12% a 154% nas espécies (Tabela 9). Cabe ressaltar que as espécies que apresentaram os maiores valores de aumento de porcentagem não necessariamente foram as que alcançaram maiores valores finais de altura. Numa avaliação de seis meses em um plantio de recuperação em área de Cerrado localizado no Distrito Federal, Venturoli et al. (2013) também registraram variação no aumento da altura, com o menor para *Copaifera langsdorffii* (35%) e maior para a *Dalbergia miscolobium* (116%). Em outro monitoramento com 18 meses de duração, Pereira; Rodrigues (2012) registraram variação no aumento da altura, com o menor valor para *Astronium fraxinifolium* (28,9%) e com maior para a *Albizia lebbek* (114,45%).

Tabela 9 – Crescimento em altura de espécies nativas do Cerrado no experimento de restauração ecológica de matas ripárias, no período de 348 dias, no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Nome científico	Equação de crescimento	R ²	F valor	P valor	Crescimento em altura (cm/ano)	Aumento da altura (%)
<i>Alibertia macrophylla</i> (Schum).	$y = 20,5 + 0,03 \cdot \text{dias}$	0,99	151,19	0,05	31,4	61
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	$y = 36,9 + 0,02 \cdot \text{dias}$	0,97	37,23	0,10	44,2	23
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	$y = 49,2 + 0,01 \cdot \text{dias}$	0,96	25,70	0,12	52,8	12
<i>Calophyllum brasiliensis</i> . Cambess	$y = 27,1 + 0,06 \cdot \text{dias}^*$	0,99	292,55	0,03*	49,0	81
<i>Croton urucurana</i> Baill	$y = 85,52 + 0,04 \cdot \text{dias}^*$	0,99	572,62	0,02*	100,1	19
<i>Genipa americana</i> L.	$y = 11,9 + 0,01 \cdot \text{dias}$	0,94	16,68	0,15	15,5	34
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	$y = 14,2 + 0,02 \cdot \text{dias}$	0,99	134,80	0,05	21,5	52
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	$y = 14,6 + 0,03 \cdot \text{dias}$	0,88	8,01	0,21	25,5	67
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	$y = 31,4 + 0,10 \cdot \text{dias}^*$	0,99	3553,59	0,01*	67,9	117
<i>Miconia ibaguensis</i> (Bonpl.) Triana	$y = 15,4 + 0,06 \cdot \text{dias}$	0,98	93,90	0,06	37,3	154
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) O. Kuntze	$y = 33,4 + 0,06 \cdot \text{dias}^*$	0,99	256,84	0,03*	55,3	65
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	$y = 32,2 + 0,07 \cdot \text{dias}$	0,95	20,13	0,13	57,7	75
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn	$y = 71,43 + 0,07 \cdot \text{dias}^*$	0,99	1173,63	0,01*	96,9	36

*Diferença significativa entre os ajustes da regressão pelo F ($p < 0,05$).

Das 13 espécies monitoradas, todas apresentaram aumento da altura. Oito espécies apresentaram aumento da altura acima de 50%, demonstrando potencial das espécies em recuperação de áreas degradadas, conforme sugestão de Hobbs e Harris (2001). Sendo a resultabilidade um dos aspectos necessários para sucesso do potencial indicador (SEGIP, 1995; RODRIGUES et al., 2009), o indicador desenvolvimento em altura das mudas demonstrou que a ação da restauração na fase inicial foi satisfatória, pois a maioria das espécies demonstraram aumento deste parâmetro, com enfoque nas espécies que possuíram valores acima de 50%.

A partir das análises das equações lineares das alturas das 13 espécies, foi possível avaliar que cinco apresentaram diferenças significativas com as demais (Tabela 9). Venturoli et al. (2013) afirmam que, havendo diferença no aumento da altura entre espécies, é um indício de que algumas podem possuir mecanismos funcionais para tolerar a estação seca da região. Carvalho (2009) sugere que os mecanismos de tolerância à estação seca vêm do acúmulo de água em estruturas como xilopódios e no tronco das plantas, sendo que a perda das folhas é uma forma de tolerar o déficit hídrico no solo.

Em estudo realizado no Cerrado do Distrito Federal, Venturoli et al. (2013) concluíram que as espécies de matas de galeria (ambientes úmidos e secos) e Cerrado sentido restrito e florestas estacionais (ambientes secos) apresentam mecanismos para evitar a seca. Carvalho (2009) afirma que as espécies desses ambientes não interrompem o seu desenvolvimento na estação seca, priorizando as estratégias as quais terão que superar neste período crítico. Isso pode ser um indício de que o clima não influenciou no desenvolvimento das mudas dessas espécies na área do experimento no CTZL. Haridasan (2005) cita que a restrição nutricional e hídrica de uma área é considerada uma das principais barreiras ao estabelecimento de espécies vegetais em ambientes naturais.

A área experimental apresentou restrições minerais no solo, identificando-se acidez média a partir de valores de pH, Al^{3+} , $H+Al$ e saturação de alumínio. A textura é argilosa em todas as profundidades, e o solo possui baixos valores de matéria orgânica, Ca^{2+} , Mg^{2+} e deficiência generalizada de fósforo (P). De acordo com Sorreano et al. (2002), a deficiência de P pode influenciar no estabelecimento e desenvolvimento de mudas. Haridasan (1998) afirma que há grande variação em termos de fertilidade em matas ripárias do Cerrado. Portanto, as condições edáficas podem ter influenciado no desenvolvimento de algumas espécies, já que não há padrões de enquadramento de fertilidade para espécies de matas ripárias do Cerrado. Os valores obtidos no solo do experimento no CTZL sugerem que o mesmo possui acidez média.

O bom desempenho de algumas espécies deste trabalho confirma a teoria de Felfili et al. (2005), que é esperar o bom estabelecimento e desenvolvimento de plantas nativas

introduzidas em áreas degradadas de ambientes similares aos das espécies utilizadas. Mesmo que seja esperado que as espécies possuam um bom desenvolvimento, Viani e Rodrigues (2007) afirmam que existem certas interações no ambiente que podem influenciar no desenvolvimento das plantas.

Para se analisar as possíveis interações do desenvolvimento com os fatores bióticos, foi aplicado o método de classificação conhecido como análise de agrupamento ou análise de cluster (Figura 12) para a porcentagem de crescimento em altura associada à herbivoria caular, herbivoria foliar e ausência de folhas, parâmetros que podem ter afetado no crescimento das espécies. Feita a análise comparativa do percentual de desenvolvimento com os parâmetros bióticos obtidos a partir das médias das avaliações da sanidade das mudas, três grupos foram extraídos pela análise de agrupamento, os quais tiveram médias de seus resultados comparados (Tabela 10). Os parâmetros analisados não apresentaram diferenças significativas entre as variáveis herbivoria caular, herbivoria foliar e ausência de folhas.

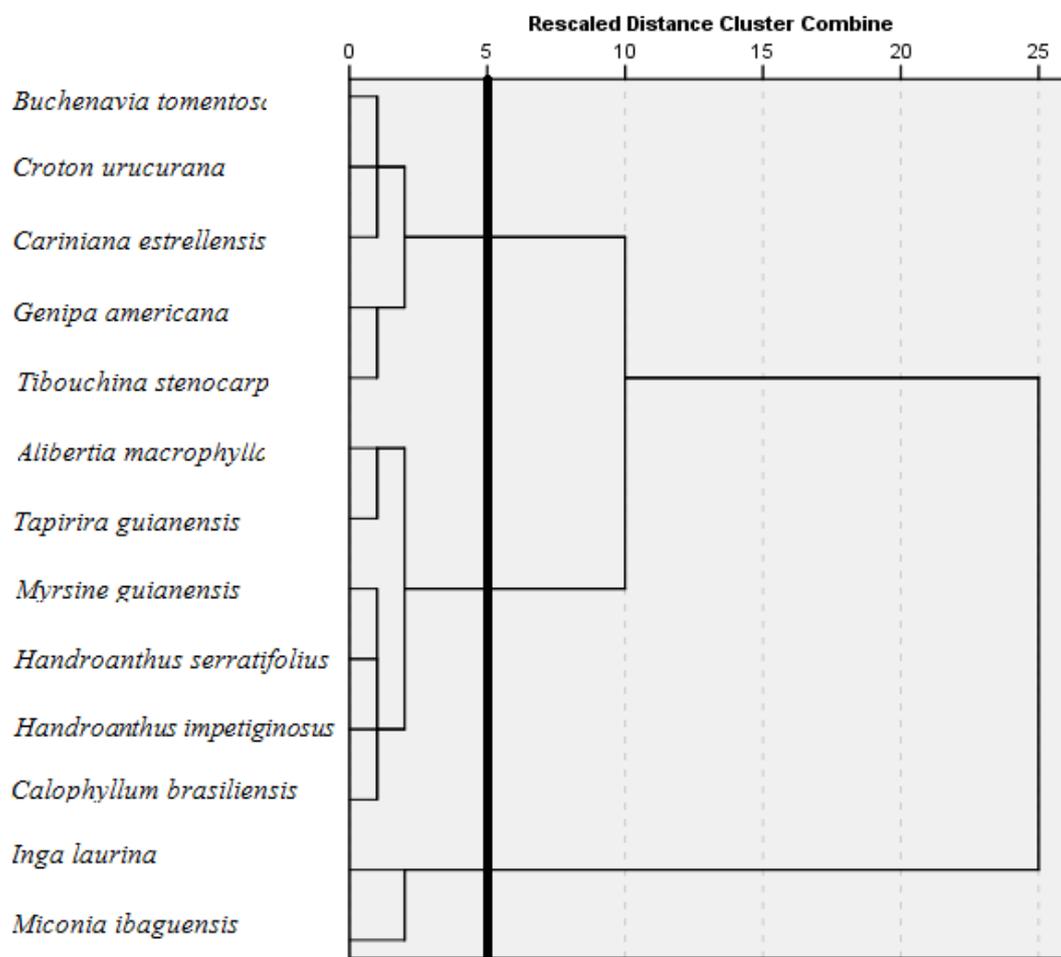


Figura 12 – Dendrograma do percentual de desenvolvimento das espécies em relação aos parâmetros bióticos classificados pela análise de agrupamento no experimento de restauração ecológica em mata ripária no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

O grupo 3 obteve a maior média de crescimento (135,50%). Nesse mesmo grupo, foi possível verificar as menores médias de herbivoria caulinar (3,24%) e de ausência de folhas (2,61%). As espécies que estão nesse grupo são *Miconia ibaguensis* e *Inga laurina*. A *M. ibaguensis* é classificada como pioneira e conseqüentemente esperava-se que tivesse bom crescimento; já a *I. laurina* é frequente de solos de baixa fertilidade. Como o solo do experimento não está inserido como de alta fertilidade, esta característica pode ter influenciado no bom desenvolvimento da *I. laurina*. Os valores encontrados para *I. laurina* foram similares aos encontrados por Venturoli et al. (2013); Souto (2013) no Cerrado, no Distrito Federal.

Tabela 10 – Médias de parâmetros de herbivorias, ausência de folhas e crescimento dos grupos extraídos na análise de cluster no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Parâmetros (%)	Grupo 1 (n = 6)	Grupo 2 (n = 5)	Grupo 3 (n = 2)	p valor
Herbivoria caulinar	7,98 ± 6,83	9,43 ± 4,81	3,24 ± 1,97	0,463
Ausência de folhas	6,11 ± 4,08	6,17 ± 4,27	2,61 ± 1,07	0,534
Herbivoria foliar	18,86 ± 10,40	21,31 ± 12,39	30,96 ± 8,58	0,438
Crescimento	66,83 ± 10,24	24,80 ± 10,13	135,50 ± 26,16	0,000*

*Diferença significativa entre as médias dos grupos pelo teste ANOVA ($p < 0,05$).

O grupo 1 apresentou a segunda maior média de crescimento (66,83%). Nesse grupo foi possível registrar médias de 7,98% de herbivoria caulinar, 6,11% de ausência de folhas e 18,86% de herbivoria foliar. As espécies que estão neste grupo são: *Buchenavia tomentosa*, *Croton urucurana*, *Cariniana estrellensis*, *Genipa americana* e *Tibouchina stenocarpa*. A média acima de 50% destas espécies demonstra que ocorreu um bom estabelecimento na área do experimento.

Mesmo não realizada a análise de agrupamento para os percentuais de broto e rebrota caulinar, por serem fatores positivos para as plantas (MELO; DURIGAN, 2007), pode ser um indício de que os percentuais desses fatores podem ter ajudado, uma vez que todas apresentaram incidência desses parâmetros (Tabela 11). Algumas espécies do Cerrado caracterizam-se por investirem mais energia em suas raízes em sua fase inicial (DUBOC; GUERRINI, 2007), tornando-as mais competitivas na área perturbada (MELO; DURIGAN, 2007), podendo assim ser indicadas para plantios mistos em áreas ripárias degradadas (SALVADOR, 1987; CATHARINO, 1989; LUCHI, 2004).

Tabela 11 – Parâmetros bióticos coletados durante o monitoramento anual das espécies no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Nome científico	HC	HF	SF	BC	RC
	----- % -----				
<i>Alibertia macrophylla</i> (Schum).	0,0	30,6	0,0	22,2	25,0
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	11,1	27,8	0,0	5,6	5,6
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	7,4	14,8	11,1	22,2	4,9
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	7,4	16,0	7,4	51,9	6,2
<i>Calophyllum brasiliensis</i> . Cambess	7,9	6,3	6,3	9,5	0,0
<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf.	0,0	22,2	0,0	11,1	0,0
<i>Croton urucurana</i> Baill	4,2	8,3	8,3	36,1	13,9
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	4,4	11,1	2,2	4,4	0,0
<i>Genipa americana</i> L.	16,7	27,8	0,0	11,1	0,0
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	6,7	17,8	8,9	13,3	0,0
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	11,1	15,9	11,1	4,8	3,2
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	1,9	37,0	1,9	13,0	0,0
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Don ex Steud.	11,1	0,0	5,6	72,2	22,2
<i>Miconia ibaguensis</i> (Bonpl.) Triana	4,6	24,9	3,4	12,7	9,6
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) O. Kuntze	19,4	10,7	7,5	23,4	7,5
<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem	5,6	0,0	11,1	11,1	5,6
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	2,8	31,9	2,8	18,1	2,8
<i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn	11,5	39,6	4,0	39,8	17,0

HC: herbivoria caulinar; HF: herbivoria foliar; SF: sem folhas; BC: broto caulinar; RC: rebrota caulinar.

O grupo 2 apresentou a menor média de crescimento (24,8%). Mesmo não apresentando diferença significativa das herbivorias nos grupos, verificou-se que nesse grupo a média de herbivoria caulinar (9,43%) foi ligeiramente maior quando comparado aos outros grupos (Tabela 10). As espécies deste grupo são: *Alibertia macrophylla*, *Tapirira guianensis*, *Myrsine guianensis*, *Handroanthus serratifolius*, *Handroanthus impetiginosus* e a *Calophyllum brasiliensis*.

De acordo com Begon et al. (1996) e Crawley, (1997), o impacto da herbivoria depende da porte da planta consumida, da intensidade e frequência do ataque, ocorrendo a redução do crescimento e afetando a reprodução das plantas. Outro aspecto a ser considerado, é que na fase inicial de crescimento das plantas, muitas espécies não apresentam mecanismos de defesa contra insetos desfolhadores, o que pode levar a uma alta taxa de herbivoria e levar a mortalidade das mudas (BURT-SMITH et al., 2003; HANLEY, 2004; BENÍTEZ-MALVIDO; LEMUS-ALBOR,

2005). Com os dados de herbivoria caular (9,45%) e herbivoria foliar (21,31%), pode ser um indício que afetou no crescimento das plantas.

Embora as formigas cortadeiras sejam parte da fauna nativa e sejam elementos chaves em determinados processos ecológicos, em ecossistemas em restauração, o ataque desfolhante repetido nas plantas ocasiona perdas nas mudas plantadas na fase inicial (FERREIRA et al., 2013). Algumas das causas da herbivoria foliar na área amostral podem ter sido pelo ataque de formigas cortadeiras. Também é possível afirmar que os insetos desfoliadores podem agir como reguladores do crescimento em altura da planta, podendo reduzir a capacidade de crescimento (HERNANDEZ; JAFFE, 1995; ZANETTI et al., 2000).

Algumas estimativas de danos causados por formigas cortadeiras são complexas, visto que para se ter noção da quantificação desses prejuízos quanto ao crescimento, é necessário o conhecimento da bioecologia das espécies das formigas (ANTUNES; DELLA LUCIA, 1999). Dessa forma, confirma-se que as formigas cortadeiras possuem atração e capacidade de cortar uma grande variedade de plantas (NORTH et al., 1997). As diferenças entre as partes do caule em que houve herbivoria (base, mediana e ápice) podem ser explicadas pela variação do ambiente em que se encontram os formigueiros (FARJI-BRENER, 2001), bem como pela sazonalidade (HOWARD, 1987), idade da planta, estação do ano.

A herbivoria é uma interação negativa para as plantas (ODUM, 1988; RICKLEFS, 1993), o que acaba afetando a restauração ecológica devido aos danos causados às mudas. Albuquerque et al. (2013) afirmam que a restauração representa o potencial de estabelecimento de espécies em áreas perturbadas, este potencial pode ser dificultado na presença de formigas cortadeiras, as quais atrapalham o crescimento das plantas.

A variação dos dados de crescimento em altura nas espécies utilizadas no experimento foi consequência da interação dos fatores bióticos e abióticos do local. A partir de parâmetros perfeitamente identificáveis e compreendidos na ação na restauração, foi possível obter certas informações quanto ao indicador crescimento em altura das espécies.

O indicador crescimento em altura na fase inicial da restauração (12 meses) apresentou altos índices de coeficiente de determinação para todas as espécies (Tabela 9). Foi possível obter equações de crescimento para as espécies analisadas, das quais, cinco apresentaram diferença significativa. Os dados obtidos do indicador confirmam a possibilidade e uso como referência para outros trabalhos, a partir das equações de crescimento e das taxas de crescimento de cada espécie para a fase inicial da restauração. Van Stralen (1998) afirma que esta percepção dos ganhos ambientais nos estágios iniciais garante o sucesso de um projeto de restauração. Também

foi possível avaliar que o indicador crescimento em altura conseguiu responder aos problemas ambientais existentes, conforme Manoliadis (2002).

Dentro desse contexto, foi analisada a eficiência da empregabilidade do potencial indicador crescimento em altura. Para quantificar essa viabilidade foram utilizados alguns aspectos e descritores propostos por Segip (1995) e Metzger (2002): sensibilidade, resultabilidade, custo, compreensão e interpretação, previsibilidade e tendência, escala e síntese (Tabela 12).

O crescimento em altura como indicador de restauração demonstrou ser sensível às alterações abióticas e bióticas (herbivorias caulinares e herbivorias foliares). De modo geral, das treze espécies que mostraram aumento gradativo da altura, oito apresentaram percentual de crescimento acima de 50%, demonstrando variação do aumento de crescimento por espécie.

Com o alto custo de monitoramento a partir do fornecimento de subsídios para a equipe de campo, o indicador crescimento em altura não se enquadrava como potencial indicador econômico e prático, em vista da dificuldade na medição e frequência de ida ao campo experimental. Outros pontos negativos levantados foram a compreensão, interpretação e previsibilidade, pois os dados gerados muitas vezes foram excluídos, devido a equívocos na medição em campo, o que resultou na retirada de dados das análises. Das 528 mudas sobreviventes (Capítulo 1), apenas 239 indivíduos foram utilizados para a análise, o que demonstra não possuir previsibilidade, pois o esperado seria utilizar todas as mudas que sobreviveram ao longo de 12 meses.

Tabela 12 – Avaliação da eficiência do crescimento em altura como indicador de restauração ecológica através da escala de Likert (cinco níveis), conforme proposto por Segip (1995) e Metzger (2002), no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Aspectos	Nota (0-5)
Sensibilidade	4
Resultabilidade	3
Custo	2
Compreensão	1
Interpretação	1
Previsibilidade	1
Escala	5
Síntese	3
Total	20

O ponto positivo na avaliação da eficiência do crescimento foi o aspecto escala. Com as equações lineares formadas para cada espécie, é possível que essas equações possam ser utilizadas como referências para outros projetos de restauração em matas ripárias do Cerrado que utilizam o indicador crescimento como parâmetro de avaliação. A avaliação também permitiu a formulação de sínteses que reuniram atributos do ecossistema como um todo. Porém, na avaliação de 12 meses ainda é cedo afirmar que esta análise indicou corretamente as sínteses dos atributos, ou seja, é preciso realizar mais pesquisas com indicadores em matas ripárias no Cerrado.

4. CONCLUSÕES

- O crescimento em altura das mudas de espécies nativas do Cerrado mostrou-se mediano quanto a sua eficiência como indicador de restauração ecológica de mata ripária em processo de restauração (fase de implantação).
- Foi possível indicar que o crescimento em altura das espécies está acelerando o processo de restauração na área de restauração ecológica de matas ripárias do Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira (CTZL) da Embrapa Cerrados.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L.B.; AQUINO, F.G.; COSTA, L.C.; MIRANDA, Z. J.G.; SOUSA, S.R. Espécies de Melastomataceae Juss. com potencial para restauração ecológica em área em regeneração natural para uso potencial na restauração ecológica de mata ripária no bioma Cerrado. **Polibotânica**, v.35, p.1-19, 2013.
- ALMEIDA, R.O.P.O.; SANCHEZ, L.E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, v.29, p.47-54, 2005.
- ANTEZANA, F.L. **Crescimento inicial de 15 espécies nativas do Bioma Cerrado sob diferentes condições de adubação e roçagem em Planaltina - DF.** (Dissertação mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. 84p. 2008.
- ANTUNES, E.C.; DELLA LUCIA, T.M.C. Consumo foliar em *Eucalyptus urophylla* por *Acromyrmex laticeps nicrosetosus* Forel (Hymenoptera Formicidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, p.208-211, 1999.
- BEGON, M.; MORTIMER, M.; THOMPSON, D. J. Population Ecology: a unified study of animals and plants. (Eds.). **Oxford: Blackwell**, 247p. 1996.
- BENÍTEZ-MALVIDO, J.; LEMUS-ALBOR, A. The seedling community of tropical rain Forest edges and its interaction with herbivores and pathogens. **Biotropica**, v.37, p. 301-313, 2005.
- BOTELLHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios, na região sul de minas gerais. **Revista Cerne**, v.2, n.1, p.4-13, 1996.
- BURT-SMITH, G.S.; GRIME, J.P.; TILMAN, D. Seedling resistance to herbivory as a predictor of relative abundance in a synthesized prairie community. **Oikos**, v.101, p.345-353, 2003.
- CARVALHO, F.A. **Dinâmica da vegetação arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central.** (Tese Doutorado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, 134p. 2009.
- CATHARINO, E.L.M. Florística de matas ciliares. **In:** Simpósio Sobre Mata Ciliar, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill. p.61-70, 1989.
- COLEY, P.D.; BARONE, J.A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.27, p.305-335, 1996.
- CORTES, J.M. **Desenvolvimento de espécies nativas do Cerrado a partir do plantio de mudas e da regeneração natural em uma área em processo de recuperação, Planaltina - DF.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. 89p. 2012.
- CRAWLEY, M.J. Plant-Herbivores Dynamics. **In:** CRAWLEY, M.J. (Eds.). Plant Ecology. **Oxford: Blackwell Science**, p.401-474, 1997.

DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização em plantios de recuperação de áreas de cerrado degradado.** (Tese Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômica. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 151p. 2005.

DUBOC, E.; GUERRINI, I.A. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de Matas de Galeria no domínio do Cerrado em resposta a fertilização. **Energia Agrícola.** Botucatu, v.22, n.1, p.42-60, 2007.

ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. **In:** KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (Eds.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, São Paulo. p.3-22, 2003.

FARJI-BRENER, A.G. Why are leaf-cutting ants more common in early secondary forests than in old-growth tropical forests? An evaluation of the palatable forage hypothesis. **Oikos**, v.92, p.169-177, 2001.

FELFILI, J.M.; RIBEIRO, F.J.; FAGG, C.W.; MACHADO, J.W. Recuperação de Matas de Galeria. Brasília: Embrapa Cerrados/MMA. (**Série Documentos, 21**), 45p. 2000.

FELFILI, M J.; FAGG, C.W.; PINTO, J.R.R. Recuperação de Áreas degradadas no cerrado com espécies nativas do bioma e de uso múltiplo para formação de corredores ecológicos e uso sustentável da reserva legal. **In:** FELFILI, M.J.; SAMPAIO, J.C.; CORREIA, C.R..M.A. **Bases para a Recuperação de Áreas Degradadas da Bacia do São Francisco. Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD)**, 216p. 2008.

FERREIRA, B.Z.; GARCIA, J.M.; TOREZAN, J.M.D.; DURIGAN, G. Controle de formigas cortadeiras em plantios de restauração. **In:** DURIGAN, G.; RAMOS, V.R. **Manejo Adaptativo: primeiras experiências na Restauração de Ecossistemas**, 49p. 2013.

FERREIRA, W.C.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R.; FERREIRA, D.F. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da usina hidrelétrica de Camargos. **Revista Árvore**, v.34, n.4, p.651-660, 2010.

GÊNOVA, K. B.; HONDA, E. A.; DURIGAN, G. Processos hidrológicos em diferentes modelos de plantio de restauração de mata ciliar em região de cerrado. **Revista do Instituto Florestal**, v.19, p.189-200, 2007.

GONÇALVES, R. M. G.; GIANNOTTI, E.; GIANNOTTI, J. D. G.; SILVA, A. Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da fazenda Itaquí, no Município de Santa Gertrudes, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v.17, n.1, p.73-95, 2005.

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. **Os insetos: um resumo de entomologia.** São Paulo: Roca. 456p. 2007.

HANLEY, M. E. Seedling herbivory and the influence of plant species richness in seedling neighborhoods. **Plant Ecology**, v.170, p.35-41, 2004.

HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J.; FELFILI, J.M. **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.167-178, 2005.

HOBBS, R.J.; HARRIS, J.A. Restoration Ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. **Restoration Ecology**, v.9, n.2, p.239-246, 2001.

HOWARD, J.J. Leaf-cutting ant diet selection: the role of nutrients, water and secondary chemistry. **Ecology**, v.68, p.503-515, 1987.

LUCHI, A.E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.27, n.2, p. 271-280, 2004.

MANOLIADIS, O.G. Development of ecological indicators - a methodological framework using compromise programming. **Ecological Indicators**, v.2, p.169-176, 2002.

MATTOS, M.Q.; FELFILI, J.M.. Florística, fitossociologia e diversidade da vegetação arbórea nas matas de galeria do Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), Piauí, Brasil. **Acta Botanica**, v.24, n.2, p.483-496, 2010.

METZGER, J.P.; Bases biológicas para definição de Reservas Legais. **Ciência Hoje**, v.31, p.183-184, 2002.

MELO, A.C.G.; DRUIGAN, G. Efeito de borda sobre o banco de sementes em faixa de borda de Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v.21, p.927-935, 2007.

MELO, V.G. **Uso de espécies nativas do bioma Cerrado na recuperação de área degradada de Cerrado sentido restrito, utilizando lodo de esgoto e adubação química**. (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. 96p. 2006

MOURA, A.C.C. **Recuperação de áreas degradadas no Ribeirão do Gama o envolvimento da comunidade do núcleo hortícola de Vargem Bonita, DF**. (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 125p. 2008.

MUNDIM, T.G. **Avaliação de espécies nativas usadas na revegetação de áreas degradadas no Cerrado**. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal), Universidade de Brasília, Brasília, 100p. 2004.

NORTH, R.D.; JACKSON, C.W.; HOWSE, P.E. Evolutionary aspects of ant-fungus interactions in leaf-cutting ants. **Trends in Ecology and Evolution**, v.12, p.386-389, 1997.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 201p. 1988

PARKER, V.T. The scale of successional models and restoration objectives. **Restoration Ecology**, v.5, p.301-306, 1997.

PEREIRA, J.S.; RODRIGUES, S.C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Revista Caminhos de geografia**, v13, p.102-110, 2012.

PINTO, L.V.A.; BOTELHO, S.A.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; DAVIDE, A.C. Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Árvore**, v.29, n.5, p.775-793, 2005.

PORTO, A.C. **Concentração e estoque de nutrientes em seis espécies nativas do Cerrado utilizadas em plantio de recuperação de área degradada, Paracatu – MG.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 91p. 2012.

REIS, A.; TRES, D.R.; SCRIBOT, E.C. Restauração na floresta ombrófila mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.55, p.67-73, 2007.

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza.** (Eds.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 256p. 1993.

RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica:** referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. LERF/Esalq; Instituto BioAtlântica, São Paulo. 264p. 2009.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Eds.) **Matas Ciliares Conservação e Recuperação.** EDUSP, v.1, p.235-247, 2004.

RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Orgs.). **Pacto pela restauração de Mata Atlântica:** referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. (Eds.). São Paulo: LCB/ESALQ/USP, 590p. 2010.

SANO, S.M., ALMEIDA, S.P., RIBEIRO, J.F. **Cerrado: Ecologia e Flora,** Embrapa, Brasília v.2, 1279p. 2008.

SALVADOR, J.L.G. Considerações sobre as matas ciliares e a implantação de reflorestamentos mistos nas margens de rios e reservatórios. São Paulo: CESP (**Série Divulgação e Informação, 105**), 29p. 1987.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, COORDENADORIA DE BIODIVERSIDADE E RECURSOS NATURAIS (SEMA), Cadernos da Mata Ciliar, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. N. 1, 2009. São Paulo. Disponível em http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_4_Monitoramento.pdf. Acesso em 18/12/2012

SOUTO, M.L.S. **Desenvolvimento inicial de 15 espécies florestais nativas, plantadas ao final do período chuvoso, em uma área degradada por extração e compactação de solo no Distrito Federal.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais), Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 89p. 2013.

THE STATE ENVIRONMENTAL GOALS AND INDICATORS PROJECT (SEGIP) -. Evaluation criteria. In: BERGQUIST, G. et al. Prospective indicators for state use in performance agreements. Florida: SEGIP/Florida Center for Public. **Management**, p.6-7, 1995.

SILVA, J.C.S. **Desenvolvimento inicial de espécies lenhosas, nativas e de uso múltiplo na recuperação de áreas degradadas de cerrado sentido restrito no Distrito Federal.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 120p. 2007.

SILVA, L.C.R.; CORREA, R.S. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.731-740, 2008.

SORREANO, M.C.M.; RODRIGUES, R.R.; BOARETTO, A.E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas.** (Eds.), v.1, 256p. 2012.

STARR, C. R. **Avaliação da recuperação ecológica e do desenvolvimento de árvores em uma lavra de cascalho revegetada do Distrito Federal-DF, Brasil.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 67p. 2009.

VAN STRAALLEN, N.M. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. **Applied Soil Ecology**, v.9, p.429-437, 1998.

VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S.; BORGES, J.D.; CASTRO, D.S.; SOUSA, D.M. MONTEIRO, M.M.; CALIL, F.N. Incremento de espécies arbóreas em plantio de recuperação de área degradada em solo de Cerrado no Distrito Federal. **Biosci. J**, v.29, p.143-151, 2013.

VIANI, R.A.G.; RODRIGUES, R.R. Impacto da remoção de plântulas sobre a estrutura da comunidade regenerante de Floresta Estacional Semidecidual. **Acta Botanica Brasilica**. v.22, n.4, p.1015-1026, 2008.

WHITE, T.C.R. The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. **Oecologia**, Berlin, v.63, n.1, p.90-105, 1984.

ZANETTI, R.; JAFFÉ, K.; VILELA, E.F.; ZANUNCIO, J. C.; LEITE, H.G. Efeito de densidade e do tamanho de saueiros sobre a produção de madeira em eucaliptais. **Sociedade Entomologia Brasil**, v.29, n.1, p.105-112, 2000.

CAPÍTULO 3: EFICIÊNCIA DE REGENERANTES COMO INDICADOR DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO CERRADO

RESUMO

O objetivo deste capítulo foi avaliar a eficiência dos regenerantes como indicador ecológico de restauração em matas ripárias no Cerrado. O desenvolvimento da pesquisa foi realizado em área localizada no Centro de Transferência de Tecnologia de Raças Zebuínas (CTZL) da Embrapa Cerrados, no Núcleo Rural Ponte Alta, Gama – DF. O experimento de restauração Aquariparia/CNPq, com dimensões de 320 x 80 m, constou de seis tratamentos com três repetições cada, sendo: T1 = Nucleação (5 x 5 m); T2 = Nucleação (5 x 5 m) + Poleiros; T3 = Poleiros; T4 = Linha de recobrimento e linha de diversidade; T5 = Controle com brachiaria; T6 = Supressão de brachiaria, com o total de 18 parcelas amostrais. A coleta de dados do indicador regenerantes ocorreu em três momentos: janeiro/2012, julho/2012 e janeiro/2013. A análise do incremento da cobertura de regenerantes foi realizada pelo método de Braun-Blanquet. A partir dos dados obtidos, aplicou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon para verificar se houve diferença de aumento entre os tratamentos. No estudo dos regenerantes ao se analisar, pelo coeficiente de correlação de Pearson, a sua densidade média entre parcela e diagonal verificou-se que não foi representativa para caracterizar toda a parcela. No entanto, ao se analisar a representatividade a partir de equações lineares verificou-se que foi muito alta em julho de 2012 (77%) e moderada em janeiro de 2013 (40%). Ao se analisar a cobertura de regenerantes entre tratamentos foi possível identificar que houve diferença significativa entre a cobertura inicial e final do T1 em relação aos demais tratamentos. Esta diferença em apenas um tratamento pode ser explicada pelo curto período de análise (12 meses). No entanto, em outros tratamentos observam-se ligeiros aumentos, de modo que, em avaliações futuras, espera-se obter diferenças significativas. Pode-se afirmar que os regenerantes como indicador de restauração se enquadraram em todos os aspectos, tais como sensibilidade, resultabilidade, custo, compreensão, interpretação e previsibilidade. Dessa forma, pode-se concluir que os regenerantes demonstraram eficiência como indicador na fase de implantação da restauração porque mesmo nesta fase foram capazes de mostrar as variações entre os tratamentos, ainda que não significativas.

Palavras chave: regeneração natural; cerrado; degradação, indicador de restauração ecológica; mata ripária.

CHAPTER 3: EFFICIENCY OF REGENERATING AS INDICATOR OF ECOLOGICAL RESTORATION OF CERRADO

ABSTRACT

The purpose of this chapter was to evaluate the efficiency of regenerants as indicator ecological of restoration of forest riparian in the Cerrado. The development of the research was conducted in area located in Centro de Transferência de Tecnologia de Raças Zebuínas (CTZL) of Embrapa Cerrados in Núcleo Rural Ponte Alta, Gama - DF. The experiment of restauration Aquariparia/CNPq, with dimensions of 320 x 80 m, has 6 treatments with three replicates each: T1 = Nucleation (5 x 5 m); Nucleation T2 = (5 x 5 m) + Perches; T3 = Perches; T4 = Line Coating and Line diversity; T5 = Control; T6 = Suppression of brachiaria, with a total of 18 sample plots. Data collection of indicator regenerants occurred in three moments of january/2012, and january/2013 july/2012. The analysis of the increase in the coverage of regenerants was performed by Braun-Blanquet method. From the data obtained, we used the nonparametric Wilcoxon test to verify differences of increase between treatments. In the study of regenerants when analyzing by Pearson correlation coefficient, its average density between diagonal plot and it was found that was not representative to characterize the entire plot. However, when analyzing the representativeness from linear equations it was found that it was very high in july 2012 (77%) and moderate in january 2013 (40%). When analyzing the coverage of regenerating between treatments was possible to identify a significant difference between the initial and final coverage in T1 when compared to the other treatments. This difference in just one treatment can be explained by the short period of analysis (12 months). However, other treatments observed slight increases, so that in future evaluations, we hope to obtain significant differences. It can be stated that the saplings indicator of restoration framed in all aspects such as sensitivity, resultability, cost, understanding, interpretation and predictability. Thus, we can conclude that the regenerant demonstrated effectiveness as an indicator in the implementation phase of the restoration because even at this stage were able to show variations between treatments, although not significantly.

Keywords: natural regeneration; cerrado; degradation; indicator of ecological restoration; riparian forest.

1. INTRODUÇÃO

No processo de restauração ecológica busca-se a conciliação das áreas produtivas com as áreas de preservação, promovendo sinergia entre as paisagens fragmentadas (REIS et al., 2006). Esta conexão entre os fragmentos é altamente dependente das interações bióticas que catalisam o processo sucessional em áreas em restauração e melhoram as condições para que espécies ocupem novos ambientes (REIS; KAGEYAMA, 2003). Estas espécies podem servir de gatilhos ecológicos de forma a potencializar o fluxo gênico entre habitats e, conseqüentemente, aumentarem a conectividade da paisagem e a resiliência do ecossistema (REIS et al., 2007).

Dessa forma, pode ser ressaltado que a capacidade de resiliência do ecossistema pode ser medida por meio de avaliações da vegetação (REIS et al., 2007). Na avaliação de sistemas em restauração alguns parâmetros necessitam ser monitorados periodicamente para serem utilizados como indicadores ecológicos (RODRIGUES et al., 2009; SEMA, 2009). O indicador é qualquer variável utilizada para avaliar a condição de um determinado critério (RODRIGUES et al., 2011), o que auxilia na identificação do modo como as metas estabelecidas relacionam-se com os processos sucessionais naturais (HOBBS; HARRIS, 2001).

Alguns indicadores de restauração recomendados são: densidade de indivíduos de menor porte e maior porte, mortalidade das mudas, presença de espécies arbóreas invasoras e a quantificação de indivíduos provenientes da regeneração natural (SEMA, 2009; RODRIGUES et al., 2011). Essas ferramentas são importantes para a avaliação do sucesso de experimentos de restauração ecológica (RODRIGUES et al., 2009; SEMA, 2009).

No processo de restauração, Bollotto et al. (2009) afirmam que todos os estudos envolvendo a regeneração natural comprovam que o parâmetro regenerantes é um excelente indicador, refletindo a atuação dos processos ecológicos na dinâmica florestal, como na dispersão e chuva de sementes, composição e germinação do banco de sementes e recrutamento de indivíduos da população. Os regenerantes são dependentes da disponibilidade de sementes oriundas da dispersão ou do banco de sementes do solo (GROMBONE-GUARATINI; RODRIGUES, 2002), atuando como cicatrizador ambiental da área (DENSLOW; GOMES-DIAS, 1990).

Por outro lado, para acelerar a regeneração natural são fundamentais a presença de árvores remanescentes na paisagem, que funcionam como poleiros, promovendo o aumento da diversidade de regenerantes na sucessão secundária, decorrente da regurgitação, defecação ou derrubada de frutos por aves e morcegos (AQUINO et al., 2013), bem como fornecedoras de abrigo e/ou alimentação aos animais (GUEVARA et al., 1986).

Alguns trabalhos de restauração ecológica no Cerrado evidenciam a utilização desses indicadores, assim como podem ser observados os múltiplos usos dos regenerantes em monitoramentos de restauração. Esses trabalhos abordam o estabelecimento de espécies arbóreas em todo país, como na Mata Atlântica (AQUINO et al., 2006; 2013; RODRIGUES et al., 2009) e no Cerrado (RIBEIRO et al., 2013; CORTES, 2012; BARREIRA et al., 2002; COSTA-PEREIRA et al., 2009; RODRIGUES et al., 2006).

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a cobertura de regenerantes como indicador de restauração, após 12 meses de plantios com espécies nativas em área de mata ripária do Cerrado, Distrito Federal.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A descrição dos materiais e métodos utilizados neste capítulo está inserida no item “2. MATERIAL E MÉTODOS”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 REPRESENTATIVIDADE DA DENSIDADE DOS REGENERANTES

A densidade média (ind/m²) da parcela e da diagonal não tem representatividade entre parcela/diagonal (Tabela 13), como verificado pela análise do coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 14). Apesar dos dados serem iniciais, esperava-se que a densidade na diagonal fosse menor que na parcela.

Tabela 13 – Densidade média de regenerantes nas parcelas e nas respectivas diagonais avaliadas em relação aos tratamentos, de janeiro de 2012 a janeiro 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Trat.	Regenerantes/m ²							
	jan/12		jul/12		jan/13		Anual	
	Parcela	Diagonal	Parcela	Diagonal	Parcela	Diagonal	Parcela	Diagonal
T1	0,02	0	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,01
T2	0,07	0,05	0,03	0,02	0,06	0,08	0,05	0,05
T3	0,09	0,01	0,04	0	0,14	0,08	0,09	0,03
T4	0,03	0	0,04	0,01	0,09	0,06	0,05	0,03
T5	0,06	0	0,02	0	0,02	0,01	0,03	0
T6	0,12	0,02	0,08	0,06	0,09	0,08	0,1	0,05

T1 = Nucleação método de Anderson; T2 = Nucleação método de Anderson + poleiros artificiais; T3 = Nucleação poleiros artificiais; T4 = linha de recobrimento e linha de diversidade; T5 = Controle; T6 = Supressão sem braquiária.

Em relação ao aumento da densidade de indivíduos (ind/m²) nas parcelas dos tratamentos T1, T3 e T4, houve ligeira tendência de acréscimo. O aumento verificado no T4 pode ser em função do maior número de sementes no banco de sementes do solo pelo aporte de propágulos de algumas árvores e arbustos remanescentes que podem ter chegado nesta parcela pelo vento ou pela fauna. A regeneração reflete os processos dinâmicos da sucessão vegetacional, sendo um indício de que áreas com maior densidade de regenerantes apresentam maior composição de banco de sementes, resultando na maior germinação das espécies (RODRIGUES et al., 2009). O único período que apresentou alta representatividade (77%) foi em julho de 2012, seguido pela representatividade moderada (40%) em janeiro de 2013 (Tabela 14).

Tabela 14 – Representatividade da densidade de regenerantes da parcela pela diagonal, a partir de equações lineares obtidas, de janeiro de 2012 a janeiro de 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Data	Equação densidade de regenerantes	R ²	Diferença (%)	Representatividade
jan/12	$y = 0,0040 + 0,2304.x$	0,17	77,0	Baixa
jul/12	$y = -0,0182 + 0,9502.x$	0,78	5,0	Muito Alta
jan/13	$y = 0,0159 + 0,6055.x$	0,68	40,0	Moderada

Ao analisar os tratamentos T2, T5 e T6 verificou-se que houve decréscimo na densidade média durante o período de um ano de avaliações (Tabela 13). A queda da densidade no T5 pode ser justificada devido à roçada equivocada realizada em uma das suas parcelas, em março de

2012, refletida na análise dos regenerantes, entre janeiro/2012 e julho/2012 (Tabela 14). Este fato aconteceu devido à dificuldade dos técnicos de campo em entender que a regeneração natural é fundamental para a restauração. Outra questão chave a ser considerada é que muitas espécies que estão regenerando não são perenes. Sendo assim, é natural que nesta fase de implantação em um monitoramento possa haver maior cobertura do que em outro e vice-versa. De acordo Steven (1994) e Lieberman (1996), diferenças de densidade de regenerantes podem ser agravadas quando as espécies em estudo não são perenes. Esses autores afirmam que devido a este recrutamento esporádico, ou em longos intervalos de tempo, justifica diferenças de densidades nos monitoramentos.

A densidade de indivíduos regenerantes também foi avaliada por Viani e Rodrigues (2008), em uma Floresta Estacional Semidecidual em recuperação, aos 12 meses de avaliação. Foi levantado que a densidade de regenerantes foi similar ao do marco zero do monitoramento após 12 meses. Não houve grande aumento, visto que em algumas situações do trabalho de Viani e Rodrigues (2008) os regenerantes aumentaram de 59,6 para 60,7 indivíduos em 12 meses.

No presente trabalho houve poucas variações no aumento da densidade de regenerantes ao longo do ano. Ao se analisar a representatividade dos regenerantes, a partir de equações lineares (Tabela 14) verificou-se que o único período que apresentou alta representatividade (77%) foi em julho de 2012, podendo ser explicada pela alta quantidade de regenerantes na parcela (47) e o pequeno número na diagonal (8), no T2. Em janeiro de 2013 a representatividade foi moderada (40%). Diante dos dados obtidos verificou-se que a medição da diagonal de regenerantes, na fase de implantação, ainda não é representativa para caracterizar toda a parcela.

Neste trabalho, apesar de não existirem grandes diferenças em densidade de regenerantes no período de implantação, os dados retratam a condição da área. Observou-se que os regenerantes estão refletindo o tipo de manejo dado na área antes da implantação do experimento de restauração (área que intercalava agricultura e pecuária bianualmente), ou seja, a pequena resposta da regeneração natural neste primeiro ano de monitoramento.

3.2 COMPARAÇÃO DA COBERTURA DOS REGENERANTES ENTRE TRATAMENTOS

Verificou-se, a partir da análise não paramétrica de Wilcoxon, que houve diferença significativa entre a cobertura inicial e final do T1 em relação aos demais tratamentos. Desta forma, o T1 se diferenciou dos demais tratamentos, apresentando incremento de 211,84%. A diferença proveniente de um único tratamento (T1) pode ser explicada pelo curto período de

análise (12 meses). Os tratamentos que apresentaram ligeiro aumento nos incrementos da cobertura, em 12 meses, foram: T4 (311,11%) e T5 (258,33%).

Tabela 15 – Cobertura e incremento de regenerantes (%) nos diferentes tratamentos, de janeiro de 2012 a janeiro 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Trat.	jan/12	jul/12	jan/13	Anual	Média Desvio Padrão
	Cobertura	Cobertura	Cobertura	Incremento	
	----- % -----				
T1	0,25	0,65	0,79	211,84	0,56 ± 0,24
T2	0,97	3,82	2,30	137,93	2,36 ± 1,66
T3	0,23	0,14	0,36	58,54	0,24 ± 0,15
T4	0,17	0,51	0,69	311,11	0,45 ± 0,29
T5	0,22	0,34	0,80	258,33	0,45 ± 0,42
T6	0,80	0,63	1,02	27,91	0,81 ± 0,51

T1 = Nucleação método de Anderson; T2 = Nucleação método de Anderson + poleiros artificiais; T3 = Nucleação poleiros artificiais; T4 = Linha de recobrimento e linha de diversidade; T5 = Controle; T6 = Supressão sem braquiária.

O T1 (Nucleação: modelo de Anderson) apresentou incremento de 211,84%, ou seja, 3,11 vezes (Tabela 15 e Figura 13) do valor inicial, de janeiro/12 a janeiro/13. Vale ressaltar que uma parcela referente a este tratamento encontra-se próximo à borda do experimento e as outras, adjacentes ao fragmento remanescente de mata ripária, o que pode ter influenciado no aumento da cobertura nesse período. A borda de áreas com histórico de degradação, a intensidade de luz propicia a maior germinação de espécies pioneiras, que crescem preferencialmente em ambientes abertos (SWAINE; WHITMORE, 1988; LIEBERMAN, 1996). Por outro lado, a borda de fragmentos é a principal fonte de propágulos de espécies nativas.

Alguns estudos sobre a regeneração natural em área em restauração (SOUZA; BATISTA, 2004; FERREIRA et al., 2009) apontaram que a proximidade de remanescentes florestais, que atuam como fontes de propágulos, aliada à ocorrência de agentes polinizadores e dispersores, configuram fatores preponderantes para o êxito da restauração a longo prazo. A chegada de propágulos alóctones é peça fundamental para a conservação de qualquer formação vegetal, ao promover fluxo gênico e o aumento de diversidade (MCCLANAHAN; 1993; ATTANASIO et al., 2006; REIS et al., 2007; RODRIGUES et al., 2009). As interações ecológicas aumentam a disponibilidade de sementes, que são vitais para que ocorra sucessão secundária (MARTINS, 2011) e acelere a restauração ecológica.

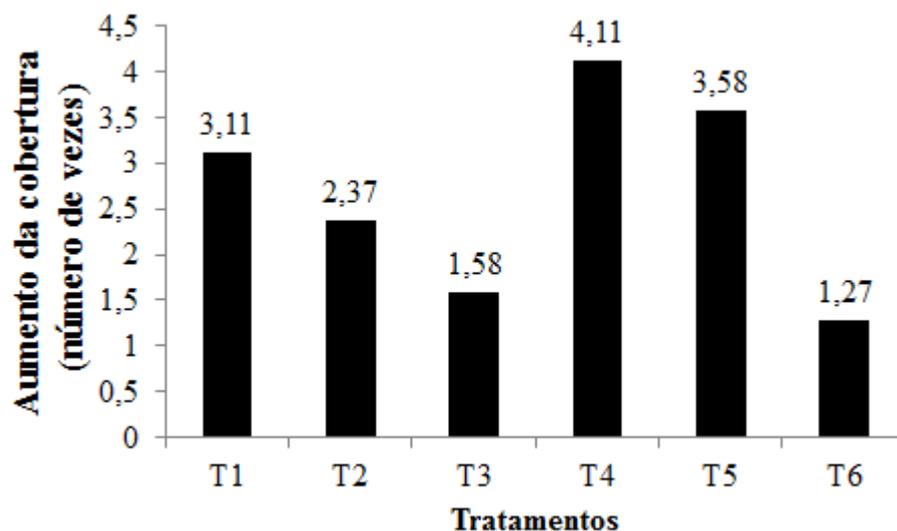


Figura 13 – Cobertura de regenerantes a partir da cobertura inicial até a final, de janeiro de 2012 a janeiro 2013, em experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Sousa et al. (2013) afirmam que o sucesso do indicador regenerantes deve-se à proximidade da área em restauração com os fragmentos de mata. Os dados do tratamento (T1) confirmam o referido trabalho, ao afirmar que os percentuais de cobertura de regenerantes são influenciados por braquiária e outras plantas invasoras. Os parâmetros analisados, como graminóides e invasoras (Tabela 16), podem ter exercido influência na cobertura de regenerantes nos demais tratamentos (Tabela 14). De acordo com Attanasio et al. (2006), pode existir certa dificuldade para as espécies arbustivas e arbóreas se estabelecerem em ambientes degradados na presença de gramíneas.

A cobertura de regenerantes como indicador de restauração foi avaliada também por Silva et al. (2013) em mata ripária, Brazlândia, Distrito Federal. Esses autores afirmaram que os regenerantes em tratamentos do tipo Nucleação, método de Anderson + poleiros artificiais, tiveram um maior percentual de cobertura. Esse mesmo indicativo pode ser encontrado no presente trabalho, sendo que o T2 apresentou um aumento de 2,37 vezes do valor inicial (Figura 13). Attanasio et al. (2006) afirmam que o adensamento de mudas favorece espécies pioneiras a se regenerarem, aumentando a chance de novos indivíduos se estabelecerem. Outros fatores podem ajudar no estabelecimento de indivíduos provenientes da regeneração natural, como a restauração de áreas degradadas que proporciona condições ambientais mais adequadas aos regenerantes (KAGEYAMA; GANDARA, 2001; SOUZA, 2000).

No presente estudo, foi possível observar que houve ligeiro aumento da cobertura de regenerantes nos T4 e T5. Esses dois tratamentos possuem parcelas adjacentes (T4b e T5a) ao fragmento de remanescentes do Cerrado. Alguns estudos sobre a regeneração natural em área em

restauração (SOUZA; BATISTA, 2004; FERREIRA et al., 2009) apontaram que a proximidade de remanescentes florestais que atuam como fontes de propágulos, aliada à ocorrência de agentes polinizadores e dispersores, configuram fatores preponderantes para o êxito, em longo prazo, das atividades de restauração. A chegada de propágulos alóctones é peça fundamental para a autoperpetuação de qualquer formação vegetal, ao promover fluxo gênico e o aumento de diversidade (MCCLANAHAN; 1993; ATTANASIO et al., 2006; REIS et al., 2007; RODRIGUES et al., 2009). Foi possível observar relação entre áreas em restauração próximas a áreas de remanescentes.

Outros fatores podem ajudar no estabelecimento de indivíduos provenientes da regeneração natural, como a restauração de áreas degradadas que proporciona condições ambientais mais adequadas aos regenerantes (KAGEYAMA; GANDARA, 2001; SOUZA, 2000). Como houve aumento do número de regenerantes em todos os tratamentos, pode ser um indício de que a ação da restauração tenha ajudado no recrutamento.

Foi possível analisar que houve aumento de algumas variáveis que possam ter influenciado no desenvolvimento dos regenerantes, como aumento do percentual de graminóides em todos os tratamentos, com maior no T5 (101,96%) e de invasoras com ênfase no T5 (164,06%) (Tabela 16).

Mesmo não sendo significativos, os tratamentos T6 e T3 apresentaram menores aumentos da cobertura anual de regenerantes. Alguns fatores que podem ter influenciado o baixo incremento de cobertura de regenerantes foram a presença de gramíneas exóticas na área, como a braquiária, impedindo o estabelecimento da regeneração natural nesses tratamentos (Tabela 16). Outro fator importante foi o aumento nos dois tratamentos das espécies invasoras, visto que houve aumento de 85,47% de graminóides no T6 e 74,21% de invasoras na T2 (Tabela 16), podendo explicar a competição das espécies invasoras com as espécies nativas, conforme já mencionado por outros autores (MARTINS et al., 2004; SILVA, 2007; FELFILI et al., 2008; PINTO et al., 2011). Porém, Rodrigues et al. (2009) afirmam que há fortes indícios de que áreas degradadas que possuem um grau de resiliência, consigam se recompor, mesmo na presença de espécies invasoras.

Tabela 16 – Cobertura e incremento médio anual de graminóides, invasoras, remanescentes, solos expostos e lianas nos seis tratamentos, no período de janeiro de 2012 a janeiro 2013, no experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2012. Onde Cb: Cobertura anual e IM: incremento médio anual.

Variáveis	T1		T2		T3		T4		T5		T6	
	Cb	IM	Cb	IM	Cb	IM	Cb	IM	Cb	IM	Cb	IM
	----- % -----											
Graminóides	72,7	90,9	68,5	68,7	19,3	100,3	67,3	92,5	78,3	101,9	60,5	85,4
Invasoras	12,0	84,0	12,7	74,2	4,4	111,3	10,7	72,7	13,7	164,0	11,0	63,2
Remanescente	0,1	77,1	15,2	819,0	0,2	82,3	0,3	239,2	1,4	130,0	2,9	233,0
Solos expostos	25,2	209,0	5,6	57,1	5,4	141,8	25,2	173,9	12,7	99,0	28,3	227,2
Liana	5,4	85,6	5,5	40,4	1,1	67,6	6,4	78,6	5,4	83,6	3,0	51,9

T1= Nucleação: modelo de Anderson; T2= Nucleação: modelo de Anderson + poleiros artificiais; T3= Nucleação: poleiros artificiais; T4= Linha de recobrimento e linha de diversidade; T5= Controle; T6= Supressão da braquiária.

A partir das avaliações da cobertura vegetal nativa e da cobertura por gramíneas exóticas agressivas, conforme proposto por Rodrigues et al. (2009), na fase de implantação da restauração foi possível verificar o sucesso nas ações no estágio inicial da regeneração natural. O indicador regenerantes conseguiu detectar mudanças no ambiente, como aumento simultâneo da cobertura de regenerantes e dos remanescentes, bem como do aumento da cobertura de invasoras inversamente proporcional ao aumento dos regenerantes, como observado em todos os tratamentos. Van Stralen (1998) afirma que o sucesso de um indicador na ação da restauração parte do princípio de se detectar mudanças ambientais em estágios iniciais.

A análise da eficiência dos regenerantes como indicador foi feita a partir de aspectos e descritores sugeridos por Segip (1995) e Metzger (2002), tais como: sensibilidade, resultabilidade, custo, compreensão e interpretação, previsibilidade e tendência, escala e síntese (Tabela 17).

Tabela 17 – Avaliação da eficiência dos regenerantes como indicador de restauração ecológica através da escala de Likert (cinco níveis), conforme proposto por Segip (1995) e Metzger (2002), em experimento de restauração ecológica de matas ripárias no CTZL, Embrapa Cerrados, Gama – DF, 2013.

Aspectos	Nota (0-5)
Sensibilidade	5
Resultabilidade	5
Custo	5
Compreensão	5
Interpretação	5
Previsibilidade	5
Escala	5
Síntese	5
Total	40

Os regenerantes como indicador de restauração ecológica demonstrou-se sensível quanto às alterações do ambiente. De modo geral, houve aumento tanto da cobertura de regenerantes em todos os tratamentos quanto da densidade. Também foi possível detectar influências de bordas e de fragmentos de remanescentes próximos de algumas parcelas.

A tomada da cobertura e da densidade de regenerantes na ação da restauração foi facilmente mensurada e interpretada. A análise nos seis tratamentos partiu da observação de cobertura em porcentagem de regenerantes, bem como de outros parâmetros, o que gerou dados compreensíveis e sensíveis ao ambiente, sendo possível detectar tendências, como o aumento da regeneração natural em 12 meses. A produção de valores para esses dados poderá ser utilizada como referência em outras situações que analisam a ação da restauração. Apesar de apresentarem valores iniciais, os dados podem ser aplicados como referências em outras áreas, devido aos parâmetros obtidos a partir das alterações da área. Do mesmo modo, o aspecto síntese de formulação de critérios que reúnam vários atributos, possibilitou a formulação de uma única análise de todos os atributos envolvidos. Dessa forma, os regenerantes mostraram-se eficientes quanto a sua aplicação.

4. CONCLUSÕES

- A cobertura de regenerantes como indicador de restauração mostrou-se eficiente na aplicação, após 12 meses de plantio com espécies nativas em área de mata ripária do Cerrado, Distrito Federal.
- Os regenerantes não demonstraram representatividade entre diagonal e parcela nas densidades médias de regenerantes em matas ripárias.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L.B.; ALONSO, A.M.; AQUINO, F.G.; REATTO, A.; SOUSA-SILVA, J.C.; LIMA, J.E.F.W.; SOUSA, A.C.S.A.; SOUSA, E.S. Restauração Ecológica de Matas Ripárias: uma questão de sustentabilidade. Embrapa Cerrados (Embrapa-CPAC), Embrapa Cerrados. (**Série Documentos**, 295), 75p. 2010.
- AQUINO, C. **Avaliação de três formas de enriquecimento em área ciliar revegetada junto ao rio Mogi-Guaçu, SP.** (Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 156p. 2006.
- AQUINO, C.; BARBOSA, L.M.; SHIRASUNA, R.T.; BARNUEVO, S.; Aspectos da regeneração natural e do estabelecimento de espécies arbóreas e arbustivas em área ciliar revegetada junto ao Rio Mogi-Guaçu, SP, Brasil. **Revista Hoehnea**, v.3, p. 437-448, 2013.
- AQUINO, C.; BARBOSA, L.M. Classes sucessionais e síndromes de dispersão de espécies arbóreas e arbustivas existentes em vegetação ciliar remanescente (Conchal, SP), como subsídio para avaliar o potencial do fragmento como fonte de propágulos para enriquecimento de áreas revegetadas no rio Mogi-Guaçu, SP. **Revista Árvore**, v.33, p.349-358, 2009.
- ATTANASIO, C.M.; RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G. **Adequação ambiental de propriedades rurais:** recuperação de áreas degradadas e restauração de matas ciliares. Piracicaba: LERF; Esalq, Depto. Ciências Florestais, 66p. Relatório técnico, 2006.
- BELLOTTO, A., VIANI, R.A.G., NAVE, A.G., GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica. **In:** R.R. Rodrigues, P.H.S. Brancalion; Isernhagen. (Orgs.). **Pacto pela restauração da mata atlântica:** Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. (Eds.). LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, São Paulo, 2009.
- COSTA, J.C.A. **Flora e Vegetação do Parque Natural da Ria Formosa.** (Tese Doutorado em Agronomia). Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 323p. 1991.
- DE STEVEN, D. Tropical tree seedling dynamics: recruitment patterns and their population consequences for three canopy species in Panama. **Journal of Tropical Ecology** v.10, p.385-398, 1994.
- DENSLOW, J.S.; GOMEZ DIAS, A. E. Seed rain to tree-fall gaps in a neotropical rain forest. **Canadian Journal of Forest Research**, v.20, p.642-648, 1990.
- DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de Matas de Galeria no domínio do Cerrado em resposta a fertilização. **Energia Agrícola**. Botucatu, v.22, n.1, p.42-60, 2007.
- DURIGAN, G.; CONTIERI, W.A, FRANCO,G.A.D.C.; GARRIDO, M.A.C. Indução do processo de regeneração natural da vegetação de cerrado em área de pastagem, Assis - SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.12, n.3, p.421-429, 1999.

DURIGAN, G. Restauração da cobertura vegetal em região de domínio do cerrado. **In:** GALVÃO, A. P. M.; SILVA, V. P. (Eds.). **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso.** Colombo: Embrapa Florestas, p.103-118, 2005.

FERREIRA, W.C., BOTELHO, S.A., DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R.F. 2009. Estabelecimento de mata ciliar às margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Ciência Florestal**, v.19, p.69-81.

FELFILI, M J.; FAGG, C.W.; PINTO, J.R.R. Recuperação de Áreas degradadas no cerrado com espécies nativas do bioma e de uso múltiplo para formação de corredores ecológicos e uso sustentável da reserva legal. **In:** FELFILI, M J.; SAMPAIO, J.C.; CORREIA, C.R.M.A. **Bases para a Recuperação de Áreas Degradadas da Bacia do São Francisco.** Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD), 216p. 2008.

GUEVARA, S.; PURATA, S.E.; VAN DER MAAREL, E. The role of remnant trees in tropical secondary succession. *Vegetatio: Acta Geobotanica*, The Hague, v.66, p.77-84, 1986.

HALPERN, C.B. Early successional pathways and resistance and resilience of Forest communities. **Ecology**, v.69, p.1703-1715, 1988.

HENRIQUES, R.P.B. O futuro ameaçado do Cerrado brasileiro. **Ciência Hoje**, v.33, n.195, p.34-39, 2003.

HOBBS, R.J.; HARRIS, J.A. Restoration Ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. **Restoration Ecology**, v.9, n.2, p.239-246, 2001.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. **In:** RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp. p.249-271, 2001.

LIEBERMAN, D. Demography of tropical tree seedlings: a review. **In:** M.D. Swaine (Eds.). *The ecology of tropical forest tree seedlings.* Paris, UNESCO and Parthenon Publishing Group. p.131-138, 1996.

MARTINS, C.R.; LEITE, L.L.; HARIDASAN, M. Capim-gordura (*Melinis minutiflora*), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, v.28, n. 5, p.739-747, 2004.

McCLANAHAN, T.R.; WOLFE, R.W. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches. **Conservation Biology**, v.7, p.279-288, 1993.

MEDEIROS, M.B.; FELFILI, J.M.; LIBANO, A.M. Comparação florística-estrutural dos estratos de regeneração e adulto em cerrado sensu strictu no Brasil Central. **Revista Cerne**, v. 13, n.03, p.291-198, 2007.

NAIMAN, R.J.; D'ECAMPS, H. The Ecology Of Interfaces: Riparian Zones. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** v.28, p.621-58, 1997.

ODUM, E.P.; BARRET, G.W. **Fundamentos de Ecologia.** 5ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 612p. 1988.

OLIVEIRA, L.C.; PEREIRA, R.; VIEIRA, J.R.G. Análise da degradação ambiental da mata ciliar em um trecho do Rio Maxaranguape – RN: uma contribuição à gestão dos recursos hídricos do Rio Grande do Norte – Brasil. **Revista Holos**, v.5, p.49-66, 2011.

PINTO, J.R.R.; BORDINI, M.C.P.; PORTO, A.C.; SOUSA-SILVA, J.C. Princípios e técnicas usadas na recuperação de áreas degradadas. **In:** FAGG, C.W.; MUNHOZ, C.B.R.; SOUSA-SILVA, J.C. **Conservação de áreas de preservação permanente do Cerrado**. Brasília; CRAD, p.149-184, 2011.

REIS, A.; TRES, D.R.; BECHARA, F.C. A nucleação como novo paradigma na restauração ecológica: espaço para o imprevisível. **In:** Simpósio sobre Recuperação de Áreas Degradadas com Ênfase em Matas Ciliares e Workshop sobre Recuperação de Áreas Degradadas no Estado de São Paulo: Avaliação da Aplicação e Aprimoramento da Resolução SMA 47/03, São Paulo. **Anais...** 2006.

REIS, A.; TRES, D.R.; SCRIBOT, E.C. Restauração na floresta ombrófila mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.55, p.67-73, 2007.

REIS, A.; KAGEYAMA, P.Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. **In:** KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F.B. (Orgs.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, p.91-110, 2003.

RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; GANDOLFI, S. (Eds.) High diversity Forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil. **Nova Science Publishers**, New York, USA, 86p. 2007.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P.Y. Large-scale ecological restoration of high diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.261, p.1605-1613, 2011.

SAMPAIO, A.B.; HOLL, K.D.; SCARIOT, A. Does restoration enhance regeneration of seasonal deciduous forests in pastures in central Brazil? *Restoration Ecology*, Malden, v.15, n. 3, p. 462-471, 2007.

THE STATE ENVIRONMENTAL GOALS AND INDICATORS PROJECT. EVALUATION CRITERIA (SEGIP). **In:** BERGQUIST, G. et al. Prospective indicators for state use in performance agreements. **Florida: SEGIP/Florida Center for Public Management**,. p. 6-7, 1995.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE (SEMA). Cadernos da Mata Ciliar 4. **Monitoramento de áreas em restauração, Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares**. v.1 (2009). 100p. São Paulo: SEMA, 2009.

SENA, A.L.M.; PINTO, J.R.R. Regeneração natural em áreas degradadas com enfoque na capacidade de resiliência das espécies lenhosas do Cerrado, 2008, Brasília **In:** IX Simpósio Nacional Cerrado. **Anais...** p.1-3, 2008.

SILVA, J.C.S. **Desenvolvimento inicial de espécies lenhosas, nativas e de uso múltiplo na recuperação de áreas degradadas de cerrado sentido no Distrito Federal**. (Dissertação

Mestrado em Ciências Florestais), Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 120p. 2007.

SILVA, Y.G.V.; SOUSA, S.R.; BORGES, L.A.; PACHECO, B.S.; SOUSA, A.C.S.A.; LIMA, P.A.F.; MIRANDA, B.N.H.L.; AQUINO, F.G.; ALBUQUERQUE, L.B. Avaliação da cobertura regenerantes como indicador na restauração ecológica de mata ripária, DF, Brasil. **In:** III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica, 2013, Colômbia. **Anais...** III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica, 2013.

SOARES, P. **Levantamento fitossociológico de regeneração natural no noroeste de Cuiabá-MT.** (Dissertação Mestrado em Ciências Florestais). Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, 40p. 2009.

SOUSA, S.R.; PACHECO, B.S.; BORGES, L.A.; SOUSA, A.C.S.A.; SILVA, Y.G.V.; OLIVEIRA, L.G.; MIRANDA, B.N.H.L.; CORDONA, M.R.S.; BEZERRA, G.S.; SILVA, J.L.A.; LEMOS, R.L.; SOUZA, A.M.B.; AQUINO, F.G.; ALBUQUERQUE, L.B. Regenerantes como indicador na restauração ecológica de mata ripária, Distrito Federal – Brasil. **In:** III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica, 2013, Colômbia. **Anais...** III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica, 2013.

SOUZA, F.M.; BATISTA, J.L.F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, v.191, 185-200, 2004.

SOUZA, P. A. **Comportamento de 12 espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela exploração de areia.** (Dissertação Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras-UFLA, 92p. 2000.

VIANI, R.A.G.; RODRIGUES, R.R. Impacto da remoção de plântulas sobre a estrutura da comunidade regenerante de Floresta Estacional Semidecidual. **Acta Botanica Brasilica**. v.22, n.4, p.1015-1026, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indicadores utilizados na fase de implantação da restauração ecológica demonstraram ser diferentes quanto a sua eficiência. A sobrevivência das mudas de espécies nativas do Cerrado mostrou-se viável e eficiente como indicador e de restauração ecológica em área de mata ripária, no Cerrado. O crescimento em altura das mudas de espécies nativas do Cerrado mostrou-se mediano quanto a sua eficiência como indicador de restauração ecológica. Também foi possível observar que o crescimento em altura das espécies está acelerando o processo de restauração na área de restauração ecológica de matas ripárias no Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira (CTZL), Embrapa Cerrados. A cobertura de regenerantes pode ser considerado o mais eficiente para a fase inicial da restauração ecológica, se encaixando nos aspectos de eficiência de indicador, demonstrou potencialidade para uso na restauração ecológica na fase inicial.

