



LUCAS RIBEIRO GUIMARÃES

**AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE RESTAURAÇÃO DE
ECOSSISTEMAS FLORESTAIS**

Lavras - MG

2021

LUCAS RIBEIRO GUIMARÃES

**AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE RESTAURAÇÃO DE
ECOSSISTEMAS FLORESTAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais, na área de concentração em Restauração e Conservação de Ecossistemas Degradados, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Soraya Alvarenga Botelho

Orientadora

LAVRAS - MG

2021

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Guimarães, Lucas Ribeiro.

Avaliação de Projetos de Restauração de Ecossistemas
Florestais / Lucas Ribeiro Guimarães. - 2021.

68 p. :il.

Orientador(a): Soraya Alvarenga Botelho.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Restauração florestal. 2. Monitoramento de áreas
restauradas. 3. Indicadores de restauração. I. Botelho, Soraya
Alvarenga. II. Título.

LUCAS RIBEIRO GUIMARÃES

**AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE RESTAURAÇÃO DE ECOSISTEMAS
FLORESTAIS**

EVALUATION OF FOREST ECOSYSTEM RESTORATION PROJECTS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais, na área de concentração em Restauração e Conservação de Ecossistemas Degradados, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de abril de 2021

Dra. Soraya Alvarenga Botelho UFLA

Dra. Rosangela Alves Tristao Borem UFLA

Dr. Dalmo Arantes De Barros UNIFAL

Profa. Dra. Soraya Alvarenga Botelho

Orientadora

LAVRAS - MG

2021

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar os agradecimentos aos meus pais, Benício e Dinoléia, que nunca mediram esforços para que eu seguisse em frente e realizasse meus sonhos. Minha chegada até aqui não seria possível sem seu apoio. Simplicidade, amor, dedicação e cuidado com todos que os cercam são o que os definem e o que sempre levarei comigo.

Ao meu irmão e melhor amigo, Caio, pelo amor, amizade e companheirismo de sempre, que mesmo com a distância sempre se manteve presente e me incentivando.

À Flávia que sempre caminhou do meu lado, por todo amor e apoio durante todo esse percurso desde a graduação.

Sou grato também a meus familiares, avós, padrinhos, tios, primos, a Rita e amigos, em especial a minha vó Léia, pelo amor, por cada oração e pelo incentivo constante para que eu continue em busca da concretização dos meus projetos.

Por fim, não posso deixar de agradecer a minha orientadora Soraya pela orientação, atenção, paciência e ensinamentos. À professora Rosângela e ao Dalmo pela participação na banca da minha defesa, pela ajuda, críticas e sugestões. Além de todo corpo docente e técnico do programa de pós-graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais.

Muito obrigado!

RESUMO

A restauração de áreas degradadas é de suma importância no restabelecimento da dinâmica, do funcionamento e da sustentabilidade dos ecossistemas. Além da implantação das técnicas para a reconstituição da flora, outra etapa fundamental é o monitoramento da restauração. No monitoramento, a avaliação do plano de recuperação é realizada mediante uso de indicadores de desempenho que são mensurados e quantificados para verificar a eficácia das ações restauradoras e se o projeto está alcançando seu objetivo dentro do prazo estabelecido. Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o processo de restauração em seis áreas, em diferentes fases no *campus* da Universidade Federal de Lavras, por meio do uso de indicadores de desempenho. Três dessas áreas foram restauradas há 5 anos, enquanto as outras três possuem 10 anos decorridos da implantação do projeto. Realizaram-se estudos dos aspectos florísticos, dos processos ecológicos estruturais e funcionais da vegetação e análises físicas do solo através de verificadores que permitem inferir se o ecossistema em restauração pode ser considerado auto-organizado e funcional, com base na ecologia da restauração. Para a análise florística foram levantados os estratos arbóreo e regenerante, avaliando a frequência, densidade, dominância e índice de valor de importância das espécies a serem levantadas, bem como os índices de diversidade, equabilidade, similaridade e de área foliar. Ao todo, no estrato arbóreo foram levantados 511 indivíduos distribuídos em 49 espécies pertencentes a 28 famílias. Já no estrato regenerante, registraram-se 820 indivíduos distribuídos em 58 espécies pertencentes às 31 famílias. No geral, as espécies que obtiveram os maiores índices de valor de importância foram *Citharexylum myrianthum*, *Guazuma ulmifolia* e *Schinus terebinthifolia*, havendo predominância de espécies pioneiras em todos os estratos. Como era de se esperar, as áreas com cinco anos obtiveram desempenhos inferiores nos parâmetros analisados, quando comparados às áreas mais avançadas. Porém, pode-se concluir que os resultados encontrados estão em conformidade com estudos anteriores realizados no *campus* da UFLA e que os parâmetros analisados se mostraram eficazes, indicando que a restauração vem alcançando seu objetivo.

Palavras-chave: Restauração florestal. Monitoramento de áreas restauradas. Indicadores de restauração.

ABSTRACT

The restoration of degraded areas is of paramount importance in restoring the dynamics, functioning and sustainability of ecosystems. In addition to the implementation of techniques for the restoration of flora, another fundamental step is the monitoring of restoration. In monitoring, the assessment of the recovery plan is carried out using performance indicators that are measured and quantified to verify the effectiveness of the restorative actions and whether the project is achieving its objective within the established deadline. Given this context, the present study aims to evaluate the restoration process in six fragments in different stages of restoration on the *campus* of the Federal University of Lavras (UFLA), through the use of performance indicators. Three of these areas were restored 5 years ago, while the other three are 10 years old after the implementation of the project. Studies were carried out on the floristic aspects, the structural and functional ecological processes of the vegetation, and physical analyzes of the soil through verifiers that allow to infer whether the ecosystem under restoration can be considered self-organized and functional, based on the ecology of the restoration. For the floristic analysis, the arboreal and regenerating strata were surveyed, evaluating the frequency, density, dominance and importance value index of the species to be surveyed, as well as the diversity, equability, similarity and leaf area indexes. Altogether, in the arboreal stratum, 511 individuals were surveyed, distributed in 49 species belonging to 28 families. In the regenerating stratum, 820 individuals were registered, distributed in 58 species belonging to the 31 families. In general, the species that obtained the highest importance value indexes were *Citharexylum myrianthum*, *Guazuma ulmifolia* and *Schinus terebinthifolia*, with a predominance of pioneer species in all strata. As expected, the five-year-old areas had lower performances in the analyzed parameters, when compared to the more advanced areas. However, it can be concluded that the results found are in accordance with previous studies carried out on the *campus* UFLA, and that the analyzed parameters have proved to be effective, indicating that the restoration project has been achieving its objective.

Keywords: Forest restoration. Monitoring of restored areas. Restoration indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das áreas de estudo no <i>campus</i> da UFLA.	13
Figura 2 – Equipamentos para caracterização do solo: A) Trado Holandês; B) Balança analítica.....	16
Figura 3 – Representação das parcelas para amostragem do estrato arbóreo, com respectivas subparcelas para amostragem do estrato regenerante.....	17
Figura 4 – Exemplo do processamento das imagens a partir da diferenciação de pixels pelo software Gap Light Analyzer Version 2.0.....	22
Figura 5 – Distribuição das porcentagens de indivíduos por síndrome de dispersão de sementes nos estratos arbóreo (EA) e regenerante (ER) das áreas. Em que Ane: anemocórica, Aut: autocórica, Zoo: zoocórica.	29
Figura 6 - Distribuição das porcentagens de indivíduos por classe sucessional nos estratos arbóreo (EA) e regenerante (ER) das áreas. Em que P: pioneiras, CL: clímax exigente de luz, CS: clímax tolerante à sombra.....	30
Figura 7 – Distribuição das porcentagens de indivíduos do estrato arbóreo de cada área por perenidade foliar. Em que Per: perenes, Dec: decíduas, Sde: semidecíduas.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios da resistência do solo à penetração em cada área com seus respectivos valores de umidade em porcentagem.....	23
Tabela 2 – Relação das famílias e espécies registradas nos estratos arbóreos (EA) e regenerantes (ER) de cada área, com seus respectivos grupos ecológicos sucessionais (GE): Pioneiras (P), Clímax exigente de luz (CL) e Clímax tolerantes à sombra (CS); e respectiva síndrome de dispersão de sementes (Disp.): Autocóricas (Aut), Anemocóricas (Ane) e Zoocóricas (Zoo).	25
Tabela 3 – A relação do número de indivíduos, espécies e famílias registradas no estrato arbóreo (EA) e regenerante (ER) de cada área.	28
Tabela 4 – Áreas com seus respectivos número de parcelas, área total amostrada do estrato arbóreo, indivíduos inventariados e a densidade em número de indivíduos por hectare.	32
Tabela 5 – Áreas com seus respectivos número de parcelas, área total amostrada do estrato regenerante, indivíduos inventariados e a densidade em número de indivíduos por hectare. ...	32
Tabela 6 – Altura (H) e diâmetro à altura do peito (DAP) das espécies arbóreas distribuídas pelo grupo ecológico (GE): pioneira (P), clímax exigente de luz (CL) e clímax tolerante à sombra (CS) para cada área amostrada.....	35
Tabela 7 – Relação dos parâmetros fitossociológicos das principais espécies arbóreas inventariadas nas áreas de cinco anos de restauração, dispostas em ordem decrescente de valor de importância (VI), seguida de seus valores quantitativos do número de indivíduos (Ni), da área basal (g), da densidade relativa (DeRi), da dominância relativa (DoRi), da frequência relativa (FrRi) e do valor de cobertura (VC).	36
Tabela 8 – Relação dos parâmetros fitossociológicos das principais espécies arbóreas inventariadas nas áreas de dez anos de restauração, dispostas em ordem decrescente de valor de importância (VI), seguida de seus valores quantitativos do número de indivíduos (Ni), da área basal (g), da densidade relativa (DeRi), da dominância relativa (DoRi), da frequência relativa (FrRi) e do valor de cobertura (VC).	38
Tabela 9 – Relação dos parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante nas áreas de cinco anos de restauração, dispostas em ordem decrescente de densidade relativa (DeRi) com seus valores do número de indivíduos (Ni) e da frequência relativa (FrRi).....	40
Tabela 10 – Relação dos parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante nas áreas de dez anos de restauração, dispostas em ordem decrescente de densidade relativa (DeRi), com seus valores do número de indivíduos (Ni) e da frequência relativa (FrRi).....	41
Tabela 11 – Valores médios do índice de área foliar (IAF) e a porcentagem de abertura do dossel para cada área.	41
Tabela 12 – Índices de diversidade Shannon-Weaver (H') e de equabilidade de Pielou (J') para as áreas aos cinco anos de restauração, de acordo com o número de indivíduos (Ni), de espécies (Ns) registradas para os estratos arbóreos (EA) e regenerantes (ER).	43
Tabela 13 – Índices de diversidade Shannon-Weaver (H') e de equabilidade de Pielou (J') para as áreas aos dez anos de restauração, de acordo com o número de indivíduos (Ni), de espécies (Ns) registradas para os estratos arbóreos (EA) e regenerantes (ER).	44

Tabela 14 – Similaridade florística entre os estratos arbóreo e regenerante de cada área, representada pelas espécies em comum aos dois estratos e o índice de similaridade de Jaccard (SJ) em porcentagem.	45
Tabela 15 – Similaridade florística entre as áreas do estudo com o ecossistema de referência, representada pelo índice de similaridade de Jaccard (SJ) em porcentagem e a distância em quilômetros entre elas.	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivo geral	3
2.2	Objetivos específicos	3
3	REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1	Degradação de ecossistemas	4
3.2	Restauração de ecossistemas	5
3.3	Processo de restauração	6
3.3.1	Regeneração natural	6
3.3.2	Regeneração artificial	7
3.3.2.1	Semeadura direta.....	8
3.3.2.2	Plantio de mudas.....	8
3.3.2.3	Plantio de enriquecimento.....	9
3.4	Sucessão natural	9
3.5	Avaliação e monitoramento das áreas em restauração	10
3.6	Indicadores de desempenho	11
4	METODOLOGIA.....	13
4.1	Descrição da área de estudo	13
4.1.1	Áreas com cinco anos de restauração	14
4.1.2	Áreas com dez anos de restauração	14
4.1.3	Ecossistema de referência	15
4.2	Resistência do solo à penetração	15
4.3	Caracterização dos estratos arbóreo e regenerante	17
4.3.1	Área basal.....	18
4.3.2	Densidade absoluta e relativa	18
4.3.3	Frequência absoluta e relativa	19
4.3.4	Dominância absoluta e relativa	19
4.3.5	Índice de valor de importância (VI)	20
4.3.6	Índice de diversidade Shannon-Weaver (H').....	20
4.3.7	Índice de equabilidade de Pielou (J').....	20
4.3.8	Índice de similaridade de Jaccard (SJ).....	21
4.3.9	Índice de Área Foliar (IAF)	21

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5.1	Resistência do solo à penetração	23
5.2	Composição florística	24
5.3	Caracterização estrutural	31
5.3.1	Densidade do estrato arbóreo.....	31
5.3.2	Densidade do estrato regenerante	32
5.3.3	Porte do estrato arbóreo	33
5.3.4	Porte do estrato regenerante	35
5.3.5	Parâmetros fitossociológicos do estrato arbóreo.....	36
5.3.6	Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante	39
5.3.7	Índice de área foliar (IAF)	41
5.4	Diversidade florística	43
5.5	Índice de similaridade de Jaccard (SJ).....	45
6	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
	APÊNDICE A – Densidade de espécies do estrato arbóreo	55
	APÊNDICE B - Densidade de espécies do estrato regenerante.....	57
	APÊNDICE C – Parâmetros fitossociológicos do estrato arbóreo (cinco anos de restauração).....	60
	APÊNDICE D – Parâmetros fitossociológicos do estrato arbóreo (dez anos de restauração).....	62
	APÊNDICE E – Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante (cinco anos de restauração).....	64
	APÊNDICE F – Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante (dez anos de restauração).....	66

1 INTRODUÇÃO

Os níveis de biodiversidade nos biomas brasileiros vêm diminuindo cada vez mais devido, principalmente, à ação antrópica por meio de atividades como a agropecuária, urbanização e mineração que intensificam a degradação ambiental em ambientes naturais. Quando não há gerenciamento adequado, os impactos são mais expressivos, provocando mudanças no relevo local, remoção da cobertura nativa, fragmentação de habitats naturais, exposição do solo a agentes erosivos, entre outros impactos que interferem diretamente na qualidade paisagística, ambiental e social da área.

Diante desse quadro, a restauração dessas áreas degradadas é de suma importância para o restabelecimento da dinâmica, do funcionamento e da sustentabilidade desses ecossistemas, minimizando assim a perturbação e os danos advindos das ações humanas e naturais (SER, 2004). Esse processo envolve a utilização de diferentes técnicas que dependem diretamente das características dos meios físicos e bióticos e do grau de perturbação na qual o meio se encontra. Geralmente, essas técnicas visam à eliminação da fonte causadora dos impactos, intervenções físicas e químicas no solo, eliminação ou controle de espécies invasoras, introdução de espécies desejadas para uma sucessão ecológica adequada, combate a formigas e fogo.

Antigamente, a restauração era realizada com a introdução de espécies exóticas e agressivas, com o intuito de se obter um efeito visual rápido. Porém, essa prática não leva em consideração questões ecológicas essenciais para o processo de sucessão natural do ecossistema a ser restaurado. Tanto que atuais projetos de recuperação priorizam a implantação de um estrato arbóreo composto por espécies nativas, com o intuito de tornar o ecossistema mais próximo daquele originalmente existente e tendo como base áreas limítrofes que sirvam de referência e forneçam informações passíveis de comparações com os atributos da área estudada.

Além da implantação das técnicas para a reconstituição da flora, outra etapa fundamental é o monitoramento da restauração. No monitoramento, a avaliação do plano de restauração é realizada mediante uso de indicadores de desempenho que são mensurados e quantificados para verificar a eficácia das ações restauradoras e se o projeto está alcançando seu objetivo dentro do prazo estabelecido (McDONALD et al., 2016). Geralmente, em estudos no bioma da Mata Atlântica empregam-se indicadores como o aspecto geral da

vegetação presente, cobertura do dossel, regeneração natural, o porte dos indivíduos arbóreos, a diversidade de espécies, densidade de indivíduos, a mortalidade de mudas, entre outros. De modo geral, os indicadores de restauração devem avaliar não somente a paisagem, mas também a reconstrução dos processos ecológicos mantenedores da dinâmica vegetal (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001).

Ademais, esses parâmetros de avaliação devem ser simples para aplicação e que tragam diagnósticos rápidos e de fácil interpretação, permitindo, caso necessário, a redefinição de metodologias e intervenções para melhorar a efetividade do processo de restauração. Os indicadores são partes inseparáveis em qualquer projeto de restauração que busque a sustentabilidade dos recursos naturais (SALOMÃO et al., 2019).

Porém, muitas vezes atribui-se pouca importância à etapa de monitoramento, visto que estudos para estabelecer critérios para avaliação são escassos ou conduzidos de maneira assistemática. Com um monitoramento não sistemático, perde-se a oportunidade única de aumentar o conhecimento na recolonização e no restabelecimento dos processos ecológicos. Isto é, o grande desafio é desenvolver ou adaptar procedimentos, métodos e critérios válidos para que forneçam, com exatidão, as informações desejadas a custos aceitáveis.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo avaliar e comparar o processo de restauração em um total de seis áreas com diferentes anos de implantação do projeto de restauração, mediante o uso de indicadores que proporcionem base empírica para a determinação do sucesso da restauração.

2.2 Objetivos específicos

1. Avaliar e monitorar o sucesso de restauração ecológica;
2. Usar indicadores de flora para avaliar os resultados dos processos de restauração;
3. Comparar os resultados obtidos entre áreas de mesmo tempo de restauração;
4. Caso necessário, sugerir intervenções para áreas com pouca eficiência.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Degradação de ecossistemas

De acordo com a Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica, SER (2004), os conceitos relacionados à degradação ambiental, como perturbação, destruição ou alteração designam uma transformação do estado normal desejado de um ecossistema intacto, porém, muitas das vezes, os significados específicos e precisos se sobrepõem e não possuem uma aplicação clara.

A Instrução Normativa ICMBio nº11 de 11 de dezembro de 2014, a qual estabelece procedimentos para a elaboração, análise, aprovação e monitoramento de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada (PRAD), define área degradada como a que sofreu perturbação além do limite de recuperação natural dos solos, impossibilitando o ambiente de retornar ao estado original, necessitando, assim, da intervenção do homem para sua recuperação.

Essas áreas apresentam, portanto, baixa resiliência, não sendo capazes de se regenerarem sozinhas. Segundo a SER (2004), o termo resiliência descreve a habilidade de um ecossistema de manter e recuperar seus atributos estruturais e funcionais diante de um distúrbio no ecossistema. Enquanto que uma área perturbada ou alterada, mesmo após o impacto ambiental, ainda mantém sua capacidade de regeneração natural. Logo, a ação humana não é obrigatória para a sua regeneração biótica (IBAMA, 2011). Nesses casos, a simples mitigação dos agentes causadores dos impactos ambientais seria suficiente para que os processos de regeneração natural restaurem o ecossistema.

A degradação ocorre a partir da retirada da fauna e flora local, da remoção da camada fértil do solo, alteração do regime de vazão do sistema hídrico, ou seja, quando há perdas referentes às características químicas, físicas e biológicas da área em questão (IBAMA, 1990). As principais causas da degradação ambiental estão associadas ao mau uso do solo na agricultura, desmatamento, extração de minérios, o uso de fogo descontrolado, entre outros. No Brasil, a degradação é observada em todos os biomas, principalmente na Mata Atlântica, devido ao intenso e histórico processo de ocupação humana.

3.2 Restauração de ecossistemas

No Brasil, a legislação ambiental aplicada à recuperação de áreas degradadas fornece dispositivos legais que normatizam modos e critérios técnicos mínimos a serem atendidos na elaboração desses projetos. Historicamente, os dispositivos legais voltados à conservação e recuperação de áreas degradadas são recentes, aparecendo apenas no início da década de 1980. Porém, a legislação tem evoluído, os órgãos competentes e os instrumentos jurídicos assumem papéis cada vez mais presentes na sociedade.

Linhas de pesquisas e instrumentos legais relacionados à restauração de ecossistemas contribuem com conceitos e terminologias importantes. A Lei Federal nº 9,985/00 que instituiu o SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação considera a restauração como a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original, ou seja, a reposição das exatas condições ecológicas anteriores à degradação.

A recuperação, ainda de acordo com o SNUC, é definida como a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original. Ou seja, a estabilização de uma área degradada sem o compromisso ecológico e ambiental, mas alcançando a estabilidade e a sustentabilidade do meio físico e biológico local. Já o termo reabilitação é definido como a restituição da função produtiva do solo, não do ecossistema, por meio de processos de revegetação, isto é, o retorno de uma área a um estado biológico apropriado, viabilizando-a para novos usos (SILVEIRA, 2012).

Mansourian e Vallauri (2014) destacam a relevância da restauração de áreas degradadas para a temática da conservação ambiental, pois abordam vários desafios atuais, como mudanças climáticas, segurança alimentar, disponibilidade de água doce e mitigação de desastres naturais, principalmente a restauração de ecossistemas florestais. Segundo Fernandes (2020), as pesquisas em restauração vêm avançando para outros biomas e para o desenvolvimento de diferentes técnicas, como a condução da regeneração natural (CARVALHO, 2015; SILVA et al., 2020; TURMINA et al., 2020), nucleação (CASTELLI, 2019; FRAGOSO et al., 2020; TRENTIN et al., 2018), espécies facilitadoras da restauração (FERNANDES et al., 2018; PEREIRA et al., 2019; SOUSA et al., 2020), estudos sobre dispersão e fluxo entre áreas em restauração (FERREIRA, 2019; FERREIRA et al., 2017) e

uso de indicadores para avaliar a restauração de áreas em restauração (PIMENTA JUNIOR; TINÔCO, 2021; OLIVEIRA; ENGEL, 2017).

A SER (2004) propõe tributos bases que consideram uma área restaurada. Entretanto, não é necessária a observação de todos os atributos, apenas que esses atributos demonstrem uma trajetória apropriada para que o ecossistema seja autossustentável e resiliente. Ou seja, a restauração é alcançada quando um ecossistema possui recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem subsídios adicionais. Na prática, os atributos mais incluídos estão relacionados à diversidade, estrutura da vegetação e aos processos ecológicos.

3.3 Processo de restauração

O processo de restauração de uma área degradada se inicia pela regeneração da vegetação que pode ocorrer através de diversos mecanismos, tanto naturais como banco de sementes do solo, chuva de sementes, banco de plântulas e brotações, quanto artificiais como o plantio de mudas ou semeadura direta. Métodos que garantem a autorrenovação, a sustentabilidade, o equilíbrio ecológico e a manutenção da diversidade biológica de um ecossistema degradado.

O sucesso da restauração ecológica depende de uma caracterização física, biótica e antrópica local, analisando variáveis que possam afetar o desenvolvimento e crescimento das plantas. Essas análises são fundamentais para definição de parâmetros a serem adotados, tais como o modelo de regeneração, podendo ser por condução da regeneração natural ou pela regeneração artificial (MAZON; SILVA; WATZLAWICK, 2019). Em áreas submetidas a distúrbios acentuados, há maior dificuldade em promover a regeneração natural, sendo necessárias intervenções além de anular a ação dos agentes causadores da degradação, como o uso de corretivos no solo, tratos culturais e a introdução de plantas no local.

3.3.1 Regeneração natural

Nesse processo não há interferência antrópica, um simples cercamento da área que evite a entrada de animais domésticos, o controle de espécies invasoras e a eliminação de agentes causadores de degradação, como já citado acima, podem ser suficientes para que

ocorra o restabelecimento da vegetação a partir de processos naturais, como germinação de sementes e brotações de tocos e raízes (BOTELHO; DAVIDE, 2002; SILVA et al., 2020). Ou seja, a condução da regeneração natural consiste na adoção de medidas a fim de minimizar os fatores que retardam a regeneração, sendo recomendadas apenas para áreas com menor grau de perturbação que tenham fonte de sementes, condições ambientais adequadas para a germinação e o estabelecimento de plantas, das características da degradação, do histórico de uso e ocupação e das características do entorno da área (GORSANI, 2019).

Deste modo, a escolha da regeneração natural como uma técnica de restauração depende da proximidade da área a um remanescente florestal e da possibilidade de migração de propágulos com a presença de agentes dispersores de sementes, favorecendo um fluxo entre as áreas, da presença de espécies invasoras ou plantas competidoras além da condição do solo, como umidade, compactação e densidade da camada superficial (SILVA, 2014). Reforça-se que esse método é uma alternativa simples e econômica, exigindo menores custos na implantação, em insumos e mão de obra (BOTELHO; DAVIDE; FARIA, 2001; VIVEIROS, 2020). Entretanto, deve-se levar em consideração que esse modelo ocorrerá de forma lenta, se comparada aos outros modelos de restauração, visto que o modelo de regeneração natural seguirá os padrões naturais de sucessão ecológica.

Portanto, a restauração florestal utilizando a técnica de regeneração natural é indicada para áreas onde o processo de regeneração já se iniciou, o que é facilmente avaliado em campo pela observação da presença de arbustos, plântulas e indivíduos jovens de espécies arbóreas (FONSECA et al., 2017). Além do mais, a regeneração natural pode ser considerada como um indicador adequado para avaliação do desenvolvimento sucessional de áreas em processos de restauração, a partir da análise da composição e germinação do banco de sementes presentes no solo e dos indivíduos regenerantes, que refletem a atuação dos processos ecológicos na dinâmica florestal, como a dispersão e chuva de sementes, contribuindo para realizar previsões sobre a trajetória sucessional da floresta (VIVEIROS, 2020).

3.3.2 Regeneração artificial

A regeneração artificial é recomendada em casos de degradação intensa, sendo necessária a intervenção antrópica para correção das condições do solo, introdução e

distribuição sistematizada de espécies nativas de diferentes grupos ecológicos e manutenção periódica para o controle de espécies de plantas competidoras e combate às formigas (SANTOS, 2018). A introdução de espécies nativas é realizada por meio de sementeira direta, plantio de mudas ou em sistemas de enriquecimento (BOTELHO; DAVIDE, 2002).

3.3.2.1 Sementeira direta

Esse método não é muito utilizado no Brasil. Nas áreas dos projetos de florestamento e reflorestamento, é mais usual o plantio de mudas produzidas em viveiros florestais, pois essas áreas apresentam limitações das condições edafoclimáticas, inviabilizando o uso da sementeira direta em campo (DUARTE et al., 2015). Outros fatores que interferem na sementeira direta é a profundidade ideal e a sensibilidade à luz que variam de acordo com determinada espécie, devendo promover a germinação uniforme das sementes, a velocidade de emergência das plântulas e a alta qualidade na produção de mudas (BRASIL, 2009). Para sua utilização em larga escala, ainda é necessário mais estudos a fim de melhorar a eficiência, aplicabilidade e eficácia desse método (SOUZA; ENGEL, 2018).

Mesmo com a pouca utilização, a sementeira direta de sementes é uma alternativa eficiente, econômica e prática na recuperação de áreas degradadas, quando se deseja acelerar a regeneração natural ou no processo de enriquecimento das áreas. Essa prática apresenta alto potencial, partindo do princípio que a principal forma de regeneração nas clareiras ou na expansão dos remanescentes, se dá pela sementeira natural (BOTELHO DAVIDE, 2002).

3.3.2.2 Plantio de mudas

Dos métodos de restauração de áreas degradadas, o plantio de muda é o mais usual. Pois é uma alternativa que acelera o processo de sucessão natural, protege rapidamente o solo contra a erosão e contribui para o sombreamento e criação de condições para desenvolvimento de outras espécies essenciais para a sucessão florestal. Principalmente, quando há o plantio de mudas de diversos grupos ecológicos distribuídas sistematicamente.

O plantio de mudas é indicado em casos onde a degradação se encontra em estágio avançado e a regeneração natural é nula ou muito baixa (SILVA, 2014). Por isso, as mudas produzidas em viveiros devem apresentar alto padrão de qualidade, para que possam se

estabelecer com êxito no local definitivo de plantio, além da preparação adequada para o plantio e climatização das mesmas para que se adaptem às condições do meio (DUARTE et al., 2015).

Outra dificuldade encontrada nos programas de restauração está relacionada à aquisição de mudas de diferentes espécies nativas regionais em quantidade suficiente para o plantio (ALVARENGA, 2012). Isso se deve ao déficit de sementes e à falta de investimentos e tecnologia específica para produção de mudas de muitas das espécies nativas (MOTA; SCALON; HEINZ, 2012).

3.3.2.3 Plantio de enriquecimento

O plantio de enriquecimento consiste na introdução de diferentes espécies, seja por semeadura ou pelo plantio de mudas, em uma área onde já exista algum tipo de vegetação ou foi alvo de projetos de restauração. Isto é, interferência antrópica com o objetivo de aumentar a diversidade e densidade de plantas por área (BOTELHO; DAVIDE, 2002). Tanto a diversidade quanto a densidade são parâmetros importantes na avaliação de comunidades vegetais (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2011).

O plantio de enriquecimento depende da espécie a ser plantada e de conhecimentos sobre sua autoecologia. Contudo, estudos e o conhecimento sobre espécies nativas plantadas em clareiras ou em áreas no interior da floresta são insuficientes quando comparados com a quantidade de espécies nativas potenciais para o plantio em clareiras de florestas tropicais (GOMES et al., 2019).

3.4 Sucessão natural

A sucessão natural é definida como um processo de desenvolvimento de um ecossistema, em função de modificações das composições no ambiente. Ou seja, esse processo em comunidades arbóreas envolve mudanças graduais na estrutura de suas espécies ao longo do tempo (SILVA, 2014). Tais processos influenciam na estruturação de comunidades diversificadas e contribuem para heterogeneidade espacial e temporal, principalmente, nas florestas tropicais (ARMANDO et al., 2011).

O conhecimento da dinâmica natural e da estrutura do ecossistema é fundamental no desenvolvimento de modelos de restauração (LOPES et al., 2016), pois a sucessão é uma ferramenta que possibilita entender como as comunidades biológicas se regeneram e sobrevivem em paisagens cada vez mais fragmentadas. Esse equilíbrio dinâmico possibilita ao ecossistema se manter relativamente estável, ao longo do tempo, mesmo diante da ocorrência de alguns distúrbios (ARONSON; DURIGAN; BRANCALION, 2011).

O processo de colonização inicia-se com espécies pioneiras, adaptadas às limitações apresentadas pelo meio, criando condições adequadas de microclima e solo para o estabelecimento de espécies de grupos sucessionais mais avançados, como as secundárias e clímax. Após iniciada a colonização com as espécies pioneiras, a sucessão secundária se manifesta e promove a autorrenovação, diante de progressivas e graduais mudanças na composição florística da floresta (CARVALHO, 2015). Cada fase de sucessão é caracterizada por composições florísticas e faunísticas típicas, associadas entre si.

No projeto de restauração de um ecossistema florestal como do bioma Mata Atlântica, o entendimento do processo ecológico de sucessão natural auxilia tanto para a escolha apropriada das espécies, quanto na composição e arranjo das mesmas no plantio. Para a seleção das espécies, devem-se priorizar espécies de ocorrência regional que são adaptadas aos meios físicos e bióticos locais (OLIVA et al., 2018). A identificação das espécies regionais pode ser obtida a partir da literatura ou em estudos nas áreas limítrofes, como em remanescentes de vegetação nativa. Além da ocorrência, deve-se levar em consideração espécies de diferentes estágios de sucessão (pioneira ou não pioneira) e a diversidade das espécies (BOTELHO, DAVIDE, 2002); bem como características relacionadas à perenidade foliar (capacidade de plantas manterem suas folhas durante todo o ano) e à dispersão de sementes, isto é, a disseminação natural de sementes pode ser realizada por ações humana (hemerocoria), da gravidade (barocoria), do vento (anemocoria), de animais (zoocoria), pela própria planta-mãe (autocoria), entre outros vetores de dispersão (DEMINICIS et al., 2009).

3.5 Avaliação e monitoramento das áreas em restauração

O monitoramento e avaliação dos projetos de restauração apontam os sucessos e as falhas deste processo. A partir da avaliação podem surgir novas propostas que permitem identificar e corrigir as principais falhas dos processos de restauração. Há diversas formas de

monitoramento, porém o critério a ser escolhido depende das necessidades específicas do projeto e da fase na qual se encontra (BRANCALION et al., 2012). Os primeiros três anos após a implantação do projeto de restauração são mais críticos e necessitam de um monitoramento periódico com espaçamentos curtos de tempo para tomadas de decisões mais rápidas. No primeiro ano, sugere-se um total de seis avaliações, sendo as três primeiras mensais e as demais, trimestrais. Enquanto que do segundo até o terceiro ano, as avaliações devem ser semestrais (RODRIGUES et al., 2009).

Para efetuar o monitoramento de áreas restauradas são utilizados vários indicadores que avaliam se as ações de restauração implantadas estão de fato promovendo a sua restauração e perpetuação no tempo (McDONALD et al., 2016). O acompanhamento pode ser realizado a partir da correlação da área em restauração com áreas estáveis limítrofes, com características semelhantes e inseridas na mesma paisagem, consideradas como ecossistemas de referência (BRANCALION et al., 2012). Essas áreas de referência fornecem informações da região que são utilizadas de base no planejamento da restauração (SER, 2004) e, conforme o monitoramento é efetuado, os resultados das análises dos parâmetros das áreas em restauração tendem a convergir para os obtidos nas áreas vizinhas (FERREIRA, 2019).

3.6 Indicadores de desempenho

O uso de indicadores de desempenho auxilia na análise do sucesso de um programa de restauração. Para isso, devem ser recolhidos parâmetros que forneçam uma informação agregada e sintética sobre algum aspecto da própria vegetação ou do solo, preferencialmente, que sejam objetivos, facilmente mensuráveis, reprodutíveis e passíveis de serem obtidos a baixo custo. Uma das vantagens do uso de indicadores é que possibilita fácil compreensão e interpretação dos dados por parte de diferentes categorias de interessados, como empresários, agentes públicos e comunidade em geral (CHRIST, 2020). Porém, a seleção de indicadores varia de acordo com as características ecossistêmicas da área degradada, com as metas estabelecidas na restauração e com as diferentes fases do projeto, necessitando de estratégias específicas. Isto é, nem todo indicador pode ser aplicado em todas as situações (AMARAL, 2017).

Estudos como de Oliveira e Engel (2017) enriquecem a discussão sobre o emprego dos indicadores e os atributos de uma boa restauração em ecossistemas florestais como da Mata

Atlântica. Os autores listaram cinquenta e dois indicadores de serviços ecossistêmicos, categorizados entre indicadores estruturais, de biodiversidade, de processos ecológicos, de serviços ambientais, econômicos e sociais, que foram validados por diversos atores atuantes na restauração florestal. Então, compararam-se esses indicadores validados aos nove atributos de ecossistemas restaurados definidos pela Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica (SER) e, desses nove, sete atributos foram contemplados pelos indicadores listados. Entre os indicadores, podem-se destacar parâmetros físicos e estruturais, tais como altura, área basal, cobertura do dossel, presença de espécies invasoras ou indesejáveis, parâmetros físicos do solo, e indicadores de biodiversidade, como riqueza e diversidade, indicadores de processos ecológicos, como o número de espécies regenerantes diferentes das introduzidas na área.

4 METODOLOGIA

4.1 Descrição da área de estudo

O município de Lavras está inserido na região denominada Campo das Vertentes, localizada na porção setentrional da bacia do Alto Rio Grande, no sul do estado de Minas Gerais, região sudeste do Brasil. Possui uma área de 565 km² e está a 919 m de altitude, entre as coordenadas 21°45”S e 45°00”O (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo Cwa, temperado chuvoso, com inverno seco e verão chuvoso, subtropical (MARTINS et al., 2018). O solo é classificado predominantemente por Latossolos seguido de Cambissolos (PINTO et al., 2005). Está situada no Bioma Mata Atlântica, com vegetação caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual Montana, porém em uma zona de transição para Cerrado e, dessa forma, as áreas ainda preservadas são fragmentos que apresentam tipos fisionômicos dos dois biomas. O presente trabalho foi conduzido em seis áreas em restauração no *campus* da Universidade Federal de Lavras – UFLA (FIGURA 1). Três das áreas possuem 5 anos de implantação do projeto de restauração (Áreas 5.1, 5.2 e 5.3), e as outras três com aproximadamente 10 anos de implantação do projeto de restauração (Áreas 10.1, 10.2 e 10.3).

Figura 1 – Localização das áreas de estudo no *campus* da UFLA.



Fonte: Google Earth (2020).

4.1.1 Áreas com cinco anos de restauração

A área 5.1 possui uma área de 0,39 ha, está situada próxima à Estação de Tratamento de Água da UFLA, nas coordenadas 21°13'52,17''S e 44°58'38,17''O, na estrada que liga a Avenida Sul às represas de abastecimento de água, área isolada com pastagem abandonada há 15 anos. A área 5.2, localiza-se mais ao sul da Área 5.1, mais precisamente, nas coordenadas 21°13'58,14''S e 44°58'46,17''O, com uma área de 0,79 ha, era uma pastagem abandonada sem entrada de animais há aproximadamente 25 anos. Já a área 5.3 possui área de 0,41ha, localiza-se limítrofe à nova represa, nas coordenadas 21°14'7,78''S e 44°58'26,69''O, também era caracterizada por uma área de pastagem abandonada até as obras no local com o aumento da represa anterior ao plantio. O plantio realizado nessas áreas ocorreu no período chuvoso de 2014 e 2015. Realizou-se plantio integral nas áreas e a escolha das espécies foi baseada no estudo da área e nos remanescentes florestais das proximidades, na literatura e na disponibilidade de mudas. Foram selecionadas mudas que apresentavam vigor e bom aspecto fitossanitário, dentre as espécies disponíveis, propícias e com boas características de aclimatação.

4.1.2 Áreas com dez anos de restauração

As áreas com 10 após a implantação, denominadas área 10.1 e área 10.2 são áreas em que o projeto de restauração se deu no período chuvoso de 2009-2010 e já foram objetos de estudos e apesar dos impactos sofridos, ainda possuem elevada diversidade (PEREIRA et al., 2010; SILVA, 2014). A área 10.1 está localizada entre o prédio da Incubadora de Empresas e o estacionamento do ginásio poliesportivo, nas coordenadas 21°13'52,05''S e 44°59'26,17''O e possui 0,45 ha. Essa área encontra-se isolada de remanescentes florestais por vias de acesso interno no *campus* e era caracterizada por pastagem abandonada sem entrada de animais há 40 anos aproximadamente. Segundo Silva (2014), realizou-se o plantio de 700 mudas de espécies nativas e havia apenas um exemplar arbóreo adulto de *Machaerium nycitans* e algumas árvores de *Delonix regia* na cabeceira do terreno. A segunda área, área 10.2, está localizada na área conhecida como “curva da jaqueira”, ao lado direito da avenida principal nas coordenadas 21°13'45,36''S e 44°59'20,39''O, com área de 0,62 ha. Uma área de empréstimo, na qual solo foi retirado para obras no *campus* há mais ou menos 50 anos. O local apresenta plantios de *Eucalyptus sp.*, *Pinus sp.*, bambuzal, macaúbas (*Acrocomia aculeata*), além de

espécies nativas remanescentes que foram preservadas e somadas às mudas plantadas na implementação do projeto, totalizando 1.450 plantas. Já a área 10.3 é uma área de mata ciliar localizada na divisa do *campus* da universidade, adjacente ao Bairro Alterosa, nas coordenadas 21°13'56,37''S e 44°59'10,49''O, com área de 0,75 há. Era uma antiga área de pastagem há 40 anos e depois abandonada, porém ainda era possível encontrar animais de moradores do bairro vizinho.

4.1.3 Ecossistema de referência

A área de referência é caracterizada por um fragmento florestal com vegetação classificada como Floresta Estacional Semidecidual, com área equivalente a 5,83 ha, localizado a 21°14'40"S e 44°57'50" O, a uma altitude de 925 m no *campus* da Universidade Federal de Lavras (UFLA), sendo conhecida como "Matinha da UFLA" (OLIVEIRA FILHO et al., 1994). Um fragmento que se mantém preservado desde a década de 1920, mesmo sofrendo intervenções como cortes e retirada seletiva de madeira até 1986, quando o fragmento foi tombado como área de preservação permanente como Reserva Florestal da UFLA (OLIVEIRA FILHO et al., 1997).

O interior da "Matinha" apresenta relevo levemente ondulado com declividade variando entre 5 e 15%, tendo como confrontantes o Departamento de Zootecnia, pastagens, um povoamento de eucalipto e o viveiro de mudas do Departamento de Ciências Florestais. Apresenta como vantagens, o fácil acesso do corpo de pesquisadores a seu interior e garantias de proteção contra novas perturbações (DIAS; OLIVEIRA FILHO, 1996). De acordo com estudos anteriores, a flora arbórea do fragmento era representada por 19 famílias, 31 espécies e 27 gêneros, além de apresentar os maiores índices de diversidade e equabilidade entre outras áreas avaliadas dentro do *campus* (PEREIRA et al., 2010).

4.2 Resistência do solo à penetração

Realizaram-se análises no solo a fim de determinar a resistência à penetração para a avaliação da compactação do solo. A resistência do solo à penetração foi determinada utilizando-se o penetrômetro de Impacto Modelo IAA/Planalsucar – Stolf (FIGURA 2), a partir da superfície do solo até a profundidade de 0,60 m, três pontos distribuídos em cada

parcela do levantamento do estrato arbóreo, de acordo com a metodologia descrita em Stolf, Fernandes e Furlani Neto (1983). A resistência à penetração foi embasada conforme classificação proposta por Ribeiro (2010) como baixa entre 0 a 2 MPa, moderada de 2 a 4 MPa, alta de 4 a 6 MPa e muito alta acima de 6 MPa. As análises ocorreram entre os meses de julho a setembro de 2020.

A resistência mecânica à penetração varia em função da umidade do solo, logo, foi medida a umidade do solo no momento da coleta dos dados de resistência. Para a determinação da umidade média do solo de cada área foram coletadas amostras, nos mesmos pontos utilizados na determinação da resistência do solo à penetração, até a profundidade de 0,20 m (FIGURA 2a). Essas amostras foram acondicionadas em recipientes de alumínio vedados com fita crepe e levadas ao Laboratório de Silvicultura e Restauração Florestal - LASERF, onde foram determinados seus pesos úmidos, em balança analítica (precisão 0,001 g) e foram colocadas em estufa, à temperatura de 105 °C, por 24 horas, para secar. Após esse período, as amostras foram novamente pesadas para a determinação do peso seco (FIGURA 2b).

Figura 2 – Equipamentos para caracterização do solo: A) Trado Holandês; B) Balança analítica.



Fonte: Do autor (2020).

A determinação da umidade se deu a partir da diferença gravimétrica entre o peso úmido e o peso seco das amostras, conforme a Equação 1 (EMBRAPA, 1997).

$$\theta_s = \frac{PU - PS}{PS} \cdot 100 \quad (1)$$

em que:

θ_s = Umidade (%);

PU = Peso úmido (g);

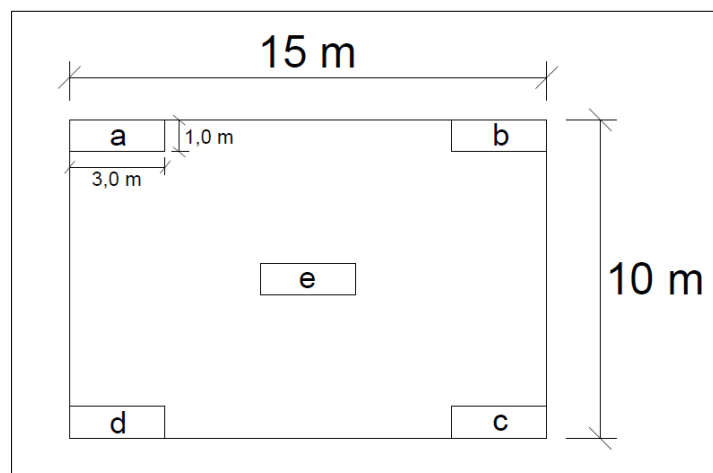
PS = Peso seco (g).

4.3 Caracterização dos estratos arbóreo e regenerante

Para a amostragem do estrato arbóreo, foram constituídas parcelas de 10 m x 15 m (150 m²), de acordo com o tamanho das áreas restauradas. Foram identificados todos os indivíduos com altura acima de 1,30 m de acordo com sua classificação botânica e mensurados a sua altura e o diâmetro à altura do peito (DAP), com uma vara graduada e fita métrica, respectivamente.

Para amostragem do estrato regenerante, foram identificados os indivíduos presentes em subparcelas de 1 m x 3 m (3 m²), sendo 5 subparcelas sistematizadas dentro de cada parcela do estrato arbóreo (FIGURA 3). Foram mensurados os valores de altura com uma vara graduada para todos os indivíduos com altura acima de 10 cm. Os dados obtidos em campo foram transferidos para uma planilha eletrônica Microsoft EXCEL 2007, para os posteriores processamentos.

Figura 3 – Representação das parcelas para amostragem do estrato arbóreo, com respectivas subparcelas para amostragem do estrato regenerante.



Fonte: Do autor (2020).

A caracterização da vegetação foi realizada a partir da avaliação de parâmetros como área basal, densidade, frequência e dominância, em valores absolutos e relativos, bem como o índice de valor de importância, a diversidade pelo índice de Shannon (H'), de equabilidade de Pielou (J') e a similaridade pelo índice de Jaccard (SJ) e o índice de área foliar (IAF).

4.3.1 Área basal

A Área Basal é o somatório da área da seção transversal de árvores comumente medidas à altura do peito (DAP). Esse parâmetro é calculado a partir da Equação 2:

$$g = \sum \left[\pi \cdot \frac{(DAP)^2}{40000} \right] \quad (2)$$

em que:

g = área basal (m^2);

DAP = diâmetro à altura do peito (cm).

4.3.2 Densidade absoluta e relativa

Densidade absoluta é a razão entre o número de indivíduos amostrados de uma determinada espécie e área amostrada, já a densidade relativa representa o valor percentual da razão entre a densidade absoluta de cada espécie e a soma de todas as densidades. Os valores para as densidades foram realizados a partir da Equação 3:

$$DeT = \frac{N}{A} \rightarrow DeAi = \frac{ni}{DeT} \cdot 100 \rightarrow DeRi = \frac{DeAi}{DeT} \cdot 100 \quad (3)$$

em que:

DeT = densidade total, em unidade de indivíduos por hectare;

N = número total de indivíduos amostrados;

A = área total amostrada (ha);

DeAi = densidade absoluta da i -ésima espécie, em unidade de indivíduos por hectare;

ni = número de indivíduos da i -ésima espécie na amostragem;

DeRi = densidade relativa da i -ésima espécie (%).

4.3.3 Frequência absoluta e relativa

Frequência absoluta representa o percentual do número de parcelas em que cada espécie ocorre em relação ao total de amostras e a frequência relativa refere-se à razão entre a frequência absoluta em que cada espécie ocorre e a soma das frequências absolutas de todas as espécies amostradas. Dada pela seguinte Equação 4:

$$FrAi = \frac{Ui}{Ut} \cdot 100 \rightarrow FrRi = \frac{FAi}{\sum FAi} \cdot 100 \quad (4)$$

em que:

FrAi = frequência absoluta da i-ésima espécie na comunidade vegetal (%);

Ui = número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie ocorre;

Ut = número total de unidades amostrais;

FrRi = frequência relativa da i-ésima espécie na comunidade vegetal (%).

4.3.4 Dominância absoluta e relativa

A dominância representa a influência de cada espécie na comunidade, a partir da sua biomassa. A dominância absoluta é obtida a partir da soma das áreas transversais (g) dos indivíduos de uma mesma espécie, por hectare (Equação 5). A dominância relativa (Equação 6) corresponde à participação, em percentagem, em relação à área basal total (gt).

$$gt = \sum_{i=1}^s gi \rightarrow Dot = \frac{gt}{A} \cdot 100 \quad (5)$$

$$DoAi = \frac{gi}{A} \cdot 100 \rightarrow DoRi = \frac{DoAi}{Dot} \quad (6)$$

em que:

gt = área basal total (m²);

gi = área basal da i-ésima espécie (m²);

Dot = dominância total (m²/ha);

A = área amostrada (ha);

DoAi = dominância absoluta da i-ésima espécie (m²/ha);

DoRi = dominância relativa da i-ésima espécie (%).

4.3.5 Índice de valor de importância (VI)

O índice de valor de importância (VI) expressa numericamente a importância de determinada espécie, dentre as árvores de uma comunidade florestal. É dado pela soma dos valores relativos de densidade, dominância e frequência de cada espécie. O cálculo é realizado pelas Equações 7 e 8:

$$VI = DeRi + DoRi + FrRi \quad (7)$$

$$VI (\%) = \frac{VI}{3} \quad (8)$$

em que:

VI = índice de importância absoluto (%);

VI (%) = índice de importância relativo (%);

4.3.6 Índice de diversidade Shannon-Weaver (H')

Esse parâmetro é utilizado a fim de se obter uma estimativa da heterogeneidade florística da área estudada. O índice de diversidade Shannon-Weaver expressa a diversidade florística das espécies plantadas e das espécies de regeneração natural. O índice é calculado a partir da Equação 9:

$$H' = \left(- \sum_{i=1}^s pi \cdot \ln(pi) \right) \quad (9)$$

em que:

H' = índice de Shannon-Weaver;

pi = a estimativa de proporção de indivíduos encontrados em cada espécie.

4.3.7 Índice de equabilidade de Pielou (J')

A equabilidade expressa a distribuição do número de indivíduos entre as diferentes espécies, ou seja, determina se as diferentes espécies possuem semelhanças quanto ao número de indivíduos. O índice de equabilidade de Pielou (J') é dado em um intervalo de 0 a 1, em que 1

representa a máxima diversidade, isto é, todas as espécies são igualmente abundantes. E é calculada pela Equação 10 a seguir:

$$J' = \frac{H'}{H_{max}} \quad (10)$$

em que:

J' = índice de Pielou;

H' = índice de Shannon-Weaver;

H_{max} = diversidade máxima;

S = número máximo de espécies

4.3.8 Índice de similaridade de Jaccard (SJ)

Para efeito de comparação entre as áreas estudadas, ou das áreas estudadas com o ecossistema de referência, usa-se o índice de similaridade de Jaccard, que permite avaliar a similaridade florística entre as áreas amostradas ou a comparação com estudos que utilizaram metodologia semelhante (ALVARENGA, 2004). Esse índice é dado pela seguinte Equação 11:

$$SJ(\%) = \frac{c}{a + b} \cdot 100 \quad (11)$$

em que:

SJ = índice de similaridade de Jaccard (%);

a = número de espécies exclusivas da área A;

b = número de espécies exclusivas da área B;

c = número de espécies comum nas duas áreas;

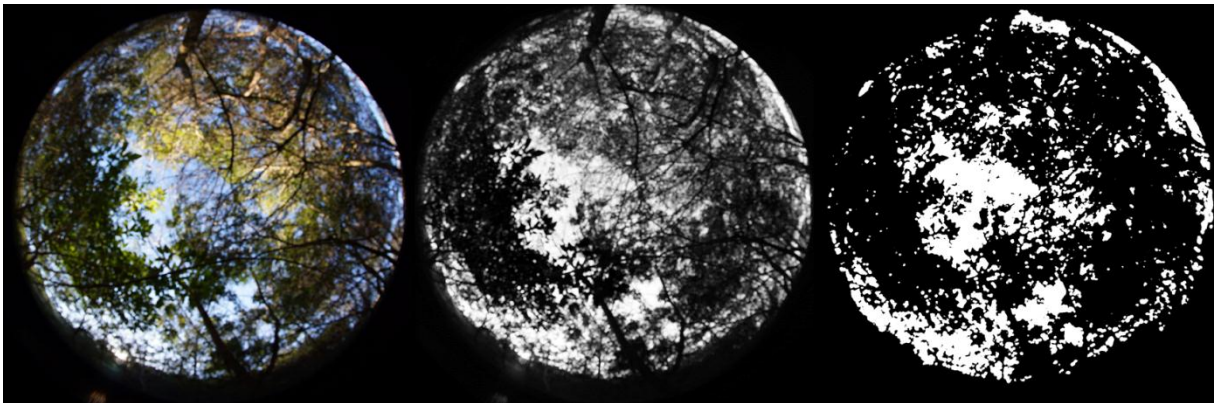
4.3.9 Índice de Área Foliar (IAF)

Para a análise do Índice de Área Foliar (IAF), foram obtidas fotografias hemisféricas, com ângulo de visão de 180°, nos centros de cada parcela do estrato arbóreo, totalizando 32 pontos. As fotografias foram obtidas com câmera digital, acoplada a uma lente “olho de peixe” e foram tiradas no início da manhã (antes das 10h) a fim de evitar exposição excessiva

do sol (DIAS et al., 2017). A câmera foi posicionada sempre da mesma maneira, na altura de 1,30 m em relação ao solo e com a parte superior voltada para o norte.

A análise das imagens foi realizada no software Gap Light Analyzer Version 2.0 após a calibração e correção dos pontos de amostragem (FRAZER; CANHAM; LERTZMAN, 1999). Para a estimativa da porcentagem da abertura do dossel as fotos hemisféricas foram processadas no software. Posteriormente, a fotografia digital é convertida em preto e branco, segmentada em bitmap binário, possibilitando o cálculo dos valores de IAF e da porcentagem da abertura do dossel pelo próprio software Gap Light Analyzer (FIGURA 4), a partir da diferenciação da quantidade de luz (pixels brancos) com a biomassa vegetal (pixels pretos). Por fim, fez-se uma média dos valores obtidos para cada área a partir das fotos tiradas em cada parcela.

Figura 4 – Exemplo do processamento das imagens a partir da diferenciação de pixels pelo software Gap Light Analyzer Version 2.0.



Fonte: Do autor (2020).

O cálculo de todos os parâmetros acima foi realizado por meio de planilhas eletrônicas Microsoft EXCEL 2007, segundo metodologia proposta por Souza, Souza e Gama (2003).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resistência do solo à penetração

Os valores médios da resistência do solo à penetração em diferentes profundidades para cada área, com seus respectivos valores de umidade, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios da resistência do solo à penetração em cada área com seus respectivos valores de umidade em porcentagem.

Profundidade (cm)	Resistência do solo à penetração (MPa)					
	5.1	5.2	5.3	10.1	10.2	10.3
0-5	7,85	7,94	3,43	1,54	1,00	2,89
5-10	10,01	9,47	6,59	3,34	3,19	4,69
10-15	11,54	10,28	6,32	4,06	4,47	4,78
15-20	11,27	12,36	6,77	5,23	4,54	4,96
20-25	10,91	12,90	6,86	4,96	4,15	4,78
25-30	9,47	12,90	6,23	4,87	3,96	5,69
30-35	8,30	11,81	6,32	5,14	3,44	5,14
35-40	6,59	9,92	6,86	4,15	3,83	5,32
40-45	4,51	8,30	6,68	4,33	3,32	4,24
45-50	4,42	6,23	6,86	4,96	3,38	4,42
50-55	3,52	6,50	6,59	4,06	2,87	3,61
55-60	4,51	5,78	6,59	3,88	3,70	3,70
Média (MPa)	7,74	9,53	6,34	4,21	3,49	4,52
Umidade (%)	19,22	14,50	13,98	13,24	18,29	17,27

Fonte: Do autor (2020).

Notou-se que os solos das áreas em restauração aos cinco anos apresentaram maiores valores de resistência mecânica à penetração, em todas as faixas de profundidade, quando comparados aos valores das áreas com 10 anos. Também, em todas as áreas, verificou-se um incremento da resistência à penetração, até as profundidades entre 0,1 e 0,3 m, camada na qual se obteve os valores máximos. A partir dessa profundidade, notou-se um gradiente decrescente da resistência. Esses dados corroboram com outros estudos em latossolos, devido ao alto teor de argila e acomodação natural das partículas nesses solos (CORTEZ et al., 2018; CUNHA et. al 2019; OLIVEIRA FILHO et al., 2016).

Observou-se resistência muito alta para as áreas com cinco anos de restauração (acima de 6 MPa), valores considerados restritivos ao desenvolvimento radicular das plantas e que indicam compactação do solo. Já nas áreas com 10 anos, obteve-se alta resistência (4 a 6 MPa) para as áreas 10.1 e 10.3, que afetam negativamente na penetração das raízes e moderada resistência à penetração (2 a 4 MPa) para a área 10.2, na qual o solo apresenta poucas limitações ao desenvolvimento radicular, mesmo com visível encrostamento nas camadas mais superficiais e com solo exposto em alguns pontos, o que possivelmente pode resultar no menor estabelecimento de plantas por regeneração natural.

Bem como outros fatores, a umidade do solo interfere na resistência à penetração, sendo inversamente correlacionada. Os valores de umidade no momento da aferição variaram de 13 a 20% entre as áreas. Dentre os solos com maior umidade, destacam-se as áreas 5.1 (19,22%), 10.2 (18,29%) e 10.3 (17,27%), o que se deve a diversos fatores como a proximidade a corpos hídricos, declividade das áreas, copa das árvores e a cobertura do dossel, entre outras condições necessárias para a retenção de água no solo e que contribua no fornecimento de água para as plantas em períodos de estiagem (BARBOSA et. al, 2018; TONELLO; DIAS, 2018).

5.2 Composição florística

A partir do inventário florístico dos estratos arbóreo e regenerante de todas as áreas foram registrados ao todo 1.331 indivíduos, distribuídos em 77 espécies diferentes pertencentes a 35 famílias. Entre os gêneros que contribuíram com maior número de indivíduos foram *Machaerium* com 163 indivíduos, seguida de *Lithraea* com 144, *Baccharis* com 116, *Inga* com 83, *Citharexylum* com 67, *Guazuma* com 58 e *Schinus* com 57 indivíduos. Juntos, esses gêneros contribuíram com 51,69% das espécies levantadas. Dentre as espécies, *Copaifera langsdorfii*, *Inga affinis*, *Lithrea molleoides* e *Schinus terebinthifolia* foram registradas em todas as áreas de estudo. Essas análises demonstram uma similaridade florística entre os fragmentos da região. A ocorrência das mesmas famílias com elevada riqueza de espécies demonstra uma ligação florística entre as áreas. A relação de todas as espécies registradas, com suas respectivas classes sucessionais e síndrome de dispersão, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Relação das famílias e espécies registradas nos estratos arbóreos (EA) e regenerantes (ER) de cada área, com seus respectivos grupos ecológicos sucessionais (GE): Pioneiras (P), Clímax exigente de luz (CL) e Clímax tolerantes à sombra (CS); e respectiva síndrome de dispersão de sementes (Disp.): Autocóricas (Aut), Anemocóricas (Ane) e Zoocóricas (Zoo), de acordo com Oliveira Filho (1994) e Pereira (2006) (Continua).

Família-Espécie	5.1		5.2		5.3		10.1		10.2		10.3		GE	Disp.
	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER		
Anacardiaceae														
<i>Lithrea molleoides</i>	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	P	Zoo
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	X	-	CL	Aut
<i>Mangifera indica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	P	Zoo
<i>Schinus terebinthifolia</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	P	Zoo
<i>Tapirira guianensis</i>	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	P	Zoo
Annonaceae														
<i>Annona dolabripetala</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	P	Zoo
<i>Rollinia sylvatica</i>	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	CL	Zoo
Arecaceae														
<i>Acrocomia aculeata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	P	Zoo
Asteraceae														
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	P	Ane
<i>Dendropanax cuneatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	CL	Zoo
<i>Eremanthus erythropappus</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	Ane
<i>Gochnatia polymorpha</i>	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	P	Ane
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	X	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	X	P	Ane
Bignoniaceae														
<i>Handroanthus albus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	CS	Ane
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	CL	Ane
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	CL	Ane
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	CL	Ane
Boraginaceae														
<i>Cordia trichotoma</i>	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	CL	Ane
Calophyllaceae														
<i>Calophyllum brasiliensis</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	CS	Zoo
Cannabaceae														
<i>Celtis iguanaea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	P	Zoo
<i>Trema micrantha</i>	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	P	Zoo
Clusiaceae														
<i>Ceiba speciosa</i>	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	CL	Ane
Erythroxylaceae														
<i>Erythroxylum deciduum</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	P	Zoo
Euphorbiaceae														
<i>Alchornea triplinervea</i>	-	-	-	-	-	X	-	X	-	X	-	X	CL	Zoo
<i>Croton floribundus</i>	X	-	X	-	-	-	X	X	-	X	X	-	P	Aut
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	X	CS	Aut
Fabaceae-caesalpinioideae														
<i>Bauhinia forficata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	CL	Aut
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	P	Ane
<i>Copaifera langsdorfii</i>	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	CS	Zoo
<i>Hymenaea courbaril</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	X	-	CL	Zoo
<i>Peltophorum dubium</i>	X	-	X	X	-	-	X	X	X	X	X	-	P	Ane
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	P	Ane

Tabela 2 – Relação das famílias e espécies registradas nos estratos arbóreos (EA) e regenerantes (ER) de cada área, com seus respectivos grupos ecológicos sucessionais (GE): Pioneiras (P), Clímax exigente de luz (CL) e Clímax tolerantes à sombra (CS); e respectiva síndrome de dispersão de sementes (Disp.): Autocóricas (Aut), Anemocóricas (Ane) e Zoocóricas (Zoo), de acordo com Oliveira Filho (1994) e Pereira (2006) (Continua).

Família-Espécie	5.1		5.2		5.3		10.1		10.2		10.3		GE	Disp.
	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER		
Fabaceae-faboideae														
<i>Dalbergia villosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	P	Ane
<i>Erythrina falcata</i>	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	P	Aut
<i>Machaerium hirtum</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	P	Ane
<i>Machaerium nyctitans</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	P	Ane
<i>Myroxylon peruiferum</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	CS	Ane
<i>Platycyamus regnellii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	CL	Aut
Fabaceae-mimosoideae														
<i>Albizia polycephala</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	P	Ane
<i>Anadenanthera colubrina</i>	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	Ane
<i>Enterolobium contortisiliquu</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	P	Aut
<i>Inga affinis</i>	X	-	X	X	X	-	X	X	-	X	X	X	P	Zoo
<i>Leucaena leucocephala</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	P	Aut
<i>Platypodium elegans</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	Ane
<i>Samanea tubulosa</i>	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	Aut
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	CS	Aut
Lauraceae														
<i>Nectandra nitidula</i>	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X	P	Zoo
Lythraceae														
<i>Lafoensia vandellina</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	CL	Aut
<i>Persea pyrifolia</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	CL	Zoo
Malvaceae														
<i>Guazuma ulmifolia</i>	X	-	-	-	X	X	X	X	-	X	X	-	P	Zoo
<i>Luehea divaricata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	CL	Ane
<i>Ochroma pyramidale</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	P	Ane
Melastomaceae														
<i>Miconia albicans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	Zoo
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	CL	Aut
Meliaceae														
<i>Cedrela fissilis</i>	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	-	-	CL	Ane
Moraceae														
<i>Ficus insipida</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-	P	Zoo
<i>Morus nigra</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	CL	Zoo
Myrsinaceae														
<i>Myrsine umbellata</i>	-	-	X	X	X	X	-	-	X	X	-	-	CL	Zoo
Myrtaceae														
<i>Alibertia edulis</i>	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	CL	Aut
<i>Eugenia candolleana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	CL	Zoo
<i>Eugenia uniflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	CL	Zoo
<i>Myrcia splendens</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	X	-	X	P	Zoo
<i>Psidium guajava</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	CL	Zoo
<i>Syzygium jambos</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	X	CL	Zoo
Phyllanthaceae														
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	P	Zoo

Tabela 2 – Relação das famílias e espécies registradas nos estratos arbóreos (EA) e regenerantes (ER) de cada área, com seus respectivos grupos ecológicos sucessionais (GE): Pioneiras (P), Clímax exigente de luz (CL) e Clímax tolerantes à sombra (CS); e respectiva síndrome de dispersão de sementes (Disp.): Autocóricas (Aut), Anemocóricas (Ane) e Zoocóricas (Zoo), de acordo com Oliveira Filho (1994) e Pereira (2006) (Conclusão).

Família-Espécie	5.1		5.2		5.3		10.1		10.2		10.3		GE	Disp.
	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER		
Pinaceae														
<i>Pinus spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	P	Ane
Piperaceae														
<i>Piper aduncum</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	X	-	X	CL	Zoo
Rhamnaceae														
<i>Hovenia dulcis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	CL	Zoo
Rubiaceae														
<i>Genipa americana</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	P	Zoo
Rutaceae														
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	X	-	X	CL	Zoo
Salicaceae														
<i>Casearia sylvestris</i>	-	-	X	-	-	X	-	X	-	X	-	X	P	Zoo
Sapindaceae														
<i>Cupania vernalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	P	Zoo
Solanaceae														
<i>Solanum granulosoleprosum</i>	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	X	-	P	Zoo
Styracaceae														
<i>Styrax camporum</i>	-	X	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-	CL	Zoo
Urticaceae														
<i>Cecropia pachystachya</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	X	-	P	Zoo
Verbenaceae														
<i>Aegiphila sellowiana</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	P	Zoo
<i>Citharexylum myrianthum</i>	-	-	X	X	X	X	X	-	-	-	X	-	P	Zoo

Fonte: Do autor (2021) e adaptado de Oliveira Filho (1994) e Pereira (2006).

Com relação à idade do processo de restauração, ao todo, nas áreas com cinco anos foram registrados 453 indivíduos, distribuídos em 43 espécies pertencentes a 25 famílias. Dentre as espécies, *Copaifera langsdorfii*, *Inga affinis*, *Lithrea molleoides*, *Schinus terebinthifolia*, *Tapirira guianensis* e *Vernonanthura phosphorica* foram encontradas em todas essas áreas. Já nas áreas com dez anos, foram registrados 878 indivíduos, distribuídos em 67 espécies pertencentes a 33 famílias.

Entre as espécies registradas em todas as áreas aos dez anos de restauração destaca-se *Alchornea triplinervea*, *Casearia sylvestris*, *Cecropia pachystachya*, *Copaifera langsdorfii*, *Croton floribundus*, *Guazuma ulmifolia*, *Inga affinis*, *Lithrea molleoides*, *Myracrodruon urundeuva*, *Myrcia splendens*, *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolia* e *Zanthoxylum*

riedelianum. A relação do número de indivíduos, espécies e famílias registradas por estrato de cada área encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 – A relação do número de indivíduos, espécies e famílias registradas no estrato arbóreo (EA) e regenerante (ER) de cada área.

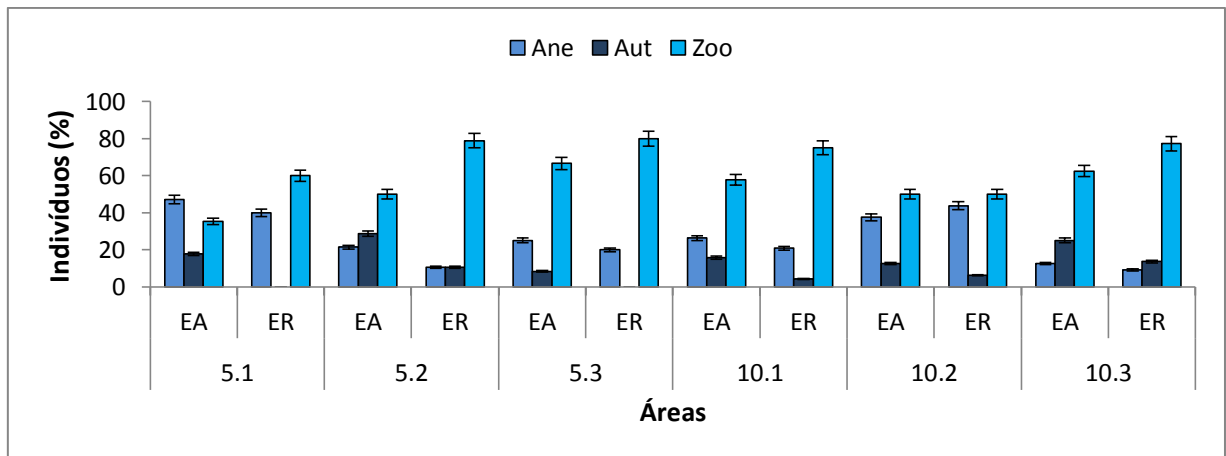
Áreas	5.1		5.2		5.3		10.1		10.2		10.3	
	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER	EA	ER
Indivíduos	73	101	93	50	101	35	83	243	83	314	78	77
Espécies	16	12	14	19	14	9	18	25	25	34	17	22
Famílias	11	9	12	14	10	7	14	18	17	22	13	15

Fonte: Do autor (2020).

As espécies de maiores ocorrências na área 5.1 foram *Baccharis dracunculifolia*, *Gochnatia polymorpha*, *Guazuma ulmifoliae* e *Lithraea molleoides*. Dentre essas espécies, *Baccharis dracunculifolia* e *Gochnatia polymorpha* não foram registradas no levantamento do estrato arbóreo, porém ambas são espécies presentes em remanescentes adjacentes à área e possuem síndrome de dispersão anemocórica, ou seja, a disseminação das sementes da planta é realizada pela ação do vento. A *Citharexylum myrianthum*, *Inga verasubsp. affinis*, *Lithraea molleoides* e *Schinus terebinthifolia* foram as espécies de maior ocorrência na área 5.2. Na área 5.3, a *Citharexylum myrianthum* e *Inga verasubsp. affinis* foram as espécies com mais registros no estrato arbóreo, além da *Vernonanthura phosphorica* no estrato regenerante que, assim como a *Baccharis dracunculifolia* e *Gochnatia polymorpha* na área 5.1, não foi registrada no levantamento do estrato arbóreo. São espécies que ocorrem em remanescentes adjacentes à área e possuem dispersão realizada pela ação do vento.

Reforça-se assim, a relevância da proximidade de fragmentos florestais nos processos de restauração de áreas degradadas. Em relação à síndrome de dispersão de sementes, observa-se a predominância de espécies zoocóricas nas áreas levantadas, principalmente, no estrato regenerante. Nas florestas tropicais, essa forma de dispersão é a mais frequente, contribuindo significativamente para a manutenção da biodiversidade nesses ecossistemas (GENTRY, 1982; HOWE; SMALLWOOD, 1982). A distribuição das espécies por síndrome de dispersão de sementes por estrato de cada área encontra-se na Figura 5.

Figura 5 – Distribuição das porcentagens de indivíduos por síndrome de dispersão de sementes nos estratos arbóreo (EA) e regenerante (ER) das áreas. Em que Ane: anemocórica, Aut: autocórica, Zoo: zoocórica.



Fonte: Do autor (2021).

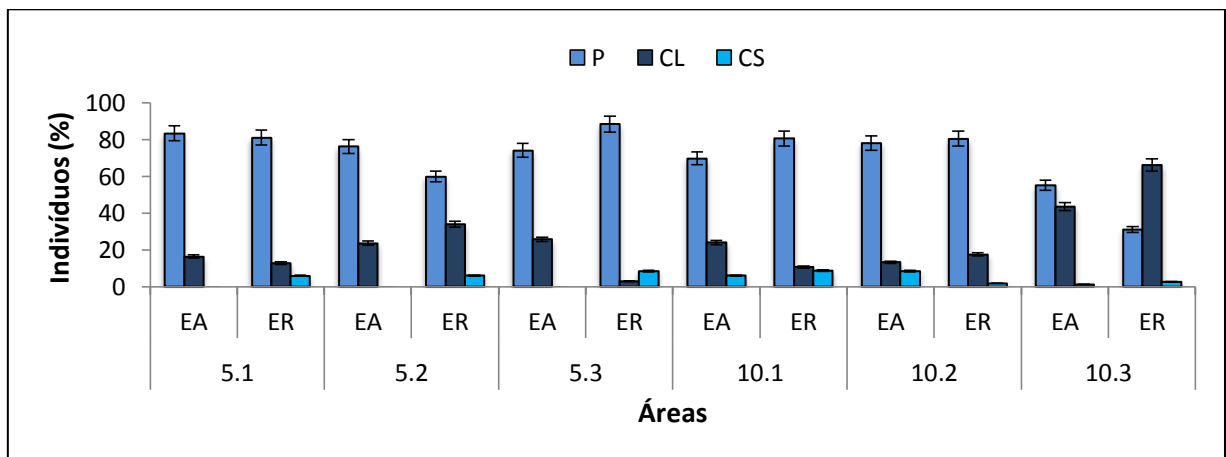
Nas áreas em restauração de idade mais avançadas, houve o maior número de indivíduos regenerantes levantados. Na área 10.1, destaca-se a presença das espécies *Machaerium hirtum* e *Copaifera langsdorffii*. A presença de um exemplar adulto de *Machaerium hirtum* na área constitui uma importante fonte de dispersão de propágulos. A maior ocorrência dessas espécies na área também foi levantada por Silva (2014). Na área 10.2, destaca-se maior presença de espécies como *Baccharis dracunculifolia*, *Lithraea molleoides* e *Miconia albicans*. Já na área 10.3, destaca-se a presença de *Eugenia candolleana*, espécie que não foi levantada no estrato arbóreo e que apresenta dispersão realizada por animais, podendo-se constar fluxo gênico entre áreas adjacentes.

Silva (2014), estudando os fragmentos aos cinco anos de restauração das áreas 10.1 e 10.2, encontrou 113 e 215 indivíduos arbóreos em cada área respectivamente. Das espécies registradas na área 10.1, 15 foram encontradas no inventário em questão: espécies como *Croton floribundus*, *Inga affinis*, *Erythrina falcata*, *Guazuma ulmifolia* e *Citharexylum myrianthum*. Já na área 10.2, os 215 indivíduos inventariados eram distribuídos em 39 espécies e 28 famílias, dessas, 19 espécies, como *Albizia polycephala*, *Cecropia pachystachya*, *Lithraea molleoides*, *Schinus terebinthifolia* e *Tapirira guianensis*, foram encontradas no levantamento. Essas espécies registradas são encontradas em outros estudos realizados em fragmentos florestais no *campus* da UFLA (OLIVEIRA FILHO; SCOLFORO; MELLO, 1994; OLIVEIRA FILHO; SCOLFORO; MELLO; OLIVEIRA, 2009; PEREIRA et al., 2010; SILVA, 2014). Comprova-se assim, a eficiência da seleção de espécies autóctones,

ou seja, de ocorrência regional para a recomposição da vegetação, além da distribuição criteriosa de espécies baseadas em diferentes grupos ecológicos (BOTELHO; DAVIDE, 2002; OLIVA et al., 2018).

Quanto aos grupos ecológicos das espécies inventariadas, observou-se os maiores valores para espécies pioneiras nas áreas aos cinco anos quando comparadas às áreas mais avançadas no processo de restauração. Nas áreas mais recentes, essas espécies são fundamentais no início do processo de restauração e na sucessão ecológica, propondo condições e habitats adequados para o estabelecimento das espécies tardias. Logo, devido à idade, não há tempo suficiente para a ingressão de espécies regenerantes ou secundárias, tanto que, nessas mesmas áreas, ainda não foram observadas espécies clímax tolerantes à sombra, apenas as de clímax exigentes de luz, conforme é apresentado pela Figura 6.

Figura 6 - Distribuição das porcentagens de indivíduos por classe sucessional nos estratos arbóreo (EA) e regenerante (ER) das áreas. Em que P: pioneiras, CL: clímax exigente de luz, CS: clímax tolerante à sombra.



Fonte: Do autor (2021).

No geral, a porcentagem de espécies pioneiras foi maior tanto nas áreas mais recentes quanto nas áreas aos dez anos de restauração, 77,26% e 72,26%, respectivamente. Seguido pelas de clímax exigentes de luz com 20,09% nas áreas com cinco anos e com 22,44% para as mais avançadas. Já as espécies clímax tolerantes à sombra não foram encontradas nos estratos arbóreos das áreas com cinco anos de restauração, apenas no estrato regenerante, contribuindo com 2,65%. Já nas áreas de dez anos, a porcentagem foi de 4,78% entre os estratos analisados.

Em relação ao estrato arbóreo, a porcentagem de espécies clímax tolerantes à sombra aumentou comparado ao estudo realizado por Silva (2014). Na área 10.1, o percentual dessas espécies foi de 0,86% para 6,02%, devido à presença de espécies como *Calophyllum brasiliensis* e *Myroxylon peruiferum*. Já na área 10.2, o percentual passou de 0,49% para 8,43%, onde foram encontradas espécies de *Calophyllum brasiliensis* e *Stryphnodendron adstringens*. Já no estrato regenerante, ainda de acordo com o autor, não foram registradas espécies clímax tolerantes à sombra nas áreas 10.1 e 10.2. O estrato regenerante da área 10.1 era composto por 99% de espécies pioneiras e 1% de clímax exigentes de luz. Já a área 10.2, o percentual de espécies pioneiras era de 96% e as espécies de clímax exigentes de luz correspondiam a 4%. Tal presença de espécies tardias como as de clímax tolerantes à sombra constata que as áreas em questão vêm apresentando bom potencial autorregenerativo.

5.3 Caracterização estrutural

5.3.1 Densidade do estrato arbóreo

Com relação ao estrato arbóreo, nas áreas com cinco anos do processo de restauração foram registrados 267 indivíduos, o que representa uma densidade média de 1.187 indivíduos por hectare, enquanto que nas áreas com dez anos de restauração se registraram 244 indivíduos no total, numa densidade média de 979 indivíduos por hectare (TABELA 4). Essa diferença pode ser explicada pela maior presença de espécies pioneiras na fase mais inicial, espécies que apresentam rápido desenvolvimento, ciclo de vida mais curto e fornecem condições para o estabelecimento e desenvolvimento de espécies mais tardias (CORRÊA NETO et al., 2016). Dentre todas as áreas, a 10.2 obteve o menor valor de densidade. Caracteriza-se como uma área de transição para o Cerrado, com presença de árvores mais esparsas comparadas às formações florestais do bioma Mata Atlântica, com predomínio de capim e até solos rasos e expostos em algumas parcelas.

Já as áreas com cinco anos obtiveram maiores valores de número de indivíduos amostrados em um hectare, mesmo situando-se em solos que apresentaram mais resistência à penetração de raízes. Tal constatação corrobora com a recomendação do plantio de mudas em áreas intensamente degradadas, com pouca resiliência que apresentam melhores resultados em termos de sobrevivência e estabelecimento de mudas quando comparados com a semeadura

direta (BRANCALION et al., 2015; HOLL et al., 2011; PARROTTA; KNOWLES, 1999; SILVA, 2019; UHL et al., 1998).

Tabela 4 – Áreas com seus respectivos números de parcelas, área total amostrada do estrato arbóreo, indivíduos inventariados e a densidade em número de indivíduos por hectare.

Áreas	Nº de parcelas	Área total Amostrada (ha)	Nº de indivíduos	Densidade (Ind/ha)
5.1	5	0,075	73	973
5.2	5	0,075	93	1240
5.3	5	0,075	101	1347
10.1	5	0,075	83	1107
10.2	7	0,105	83	790
10.3	5	0,075	78	1040

Fonte: Do autor (2020).

5.3.2 Densidade do estrato regenerante

Quanto ao estrato regenerante, nas áreas com cinco anos de restauração foram observados menores números de indivíduos levantados nas subparcelas e maior presença de espécies indesejadas, em comparação com as áreas mais avançadas. Na Tabela 5, são apresentados os números de indivíduos inventariados provenientes da regeneração de cada área com sua respectiva área amostrada e a representação do número de indivíduos por hectare.

Tabela 5 – Áreas com seus respectivos números de parcelas, área total amostrada do estrato regenerante, indivíduos inventariados e a densidade em número de indivíduos por hectare.

Áreas	Nº de subparcelas	Área total amostrada (ha)	Nº de indivíduos	Ind/ha
5.1	25	0,0075	101	13.467
5.2	25	0,0075	50	6.667
5.3	25	0,0075	35	4.667
10.1	25	0,0075	253	33.733
10.2	35	0,0105	315	30.000
10.3	25	0,0075	77	10.267

Fonte: Do autor (2020).

De acordo com estudos anteriores em áreas próximas às do estudo em questão, notou-se que a densidade levantada nas áreas evidencia bom desempenho na regeneração. Nunes et al. (2003) em estudo realizado na Reserva Florestal do *campus* da UFLA encontraram densidade total 1.291,1 ind/ha. Enquanto Arantes et al. (2012) encontraram 6.671,4 ind/ha em área com seis anos e oito meses de recuperação em uma propriedade particular próxima ao *campus* da UFLA. Silva (2014), avaliando a regeneração nas áreas 10.1 e 10.2 encontrou densidade de 26.400 ind/ha e 18.857 ind/ha respectivamente. Ou seja, essas áreas vêm apresentando bom potencial autorregenerativo.

Em algumas áreas, observaram-se subparcelas tomadas, praticamente, por espécies exóticas como a *Brachiaria spp.* Como é o caso da área 5.3, área na qual foi observado o menor número de indivíduos, o que se deve, provavelmente, à presença da espécie exótica, além da presença de soja perene e solo exposto em alguns locais. Entre as áreas mais avançadas, a área 10.3 possui a menor densidade de indivíduos regenerantes e maior número de indivíduos regenerantes de espécies introduzidas como *Leucaena leucocephala* (leucena) e *Hovenia dulcis Thunb* (uva-do-japão). Essas espécies apresentam vantagens silviculturais entre espécies nativas, rústicas e com facilidade de adaptação e estabelecimento, que podem comprometer a sucessão local.

Segundo Rodrigues, Brancalion e Isernhagen (2009), a presença de poucas espécies no processo regenerativo é observada em áreas em regeneração constituídas, em boa parte, por espécies iniciais de sucessão florestal. Logo, faz-se necessário o seu enriquecimento com espécies secundárias e tardias para garantir maior densidade, diversidade e sequência no processo sucessional.

5.3.3 Porte do estrato arbóreo

Em referência ao crescimento do estrato arbóreo, a área 5.2 obteve melhor desempenho tanto em altura média (7,97 metros) e DAP médio (9,48 centímetros) dentre as áreas mais recentes. Seguido pela área 5.1 que apresentou altura média de 7,30 metros e 8,65 centímetros de diâmetro médio e, da área 5.3, com altura e diâmetro médios de 5,18 metros e 7,26 centímetros, respectivamente. Já nas áreas com dez anos do processo de restauração, foi observado o melhor desempenho na área 10.1 em comparação com todo o estrato arbóreo levantado, com valores de altura média de 10,96 metros e diâmetro médio de 16,84

centímetros, enquanto que a área 10.2 obteve altura média de 7,31 metros e 11,25 centímetros de diâmetro, e a área 10.3, altura de 9,99 metros e diâmetro de 11,23 centímetros. Em relação a Silva (2014), a área 10.1 possuía altura média de 6,61 metros e diâmetro de 7,73 centímetros e a área 10.2, altura e diâmetro médios de 3,97 metros e 4,86 centímetros, respectivamente.

As espécies que apresentaram maior crescimento médio em altura e DAP, na área 5.1, foram *Croton floribundus* com 14,00 m de altura e *Guazuma ulmifolia* com 25,46 cm de DAP. Na área 5.2, *Citharexylum myrianthum* obteve os maiores valores médios tanto na altura com 14,00 m quanto em DAP com 21,33 cm. Na área 5.3, *Guazuma ulmifolia* obteve altura 9,00 m e *Ochroma pyramidale* apresentou DAP médio de 24,03 cm. Nas áreas mais avançadas no processo de restauração, foram observadas as maiores médias para altura e diâmetro do estrato arbóreo. Na área 10.1, a espécie *Citharexylum myrianthum* apresentou altura de 19,00 m e a *Guazuma ulmifolia*, DAP de 42,00 cm. Na área 10.2, *Persea pyrifolia* apresentou altura de 16 m e *Jacaranda cuspidifolia* obteve DAP médio de 34,10 cm. Já na área 10.3, *Citharexylum myrianthum* também obteve maior valor médio de altura com 13 metros e *Ficus insipida* a maior média de DAP com 37,24 cm.

Observou-se um bom desempenho de espécies pioneiras como da *Citharexylum myrianthum* (pau-viola), *Croton floribundus* (capixingui), *Erythrina falcata* (mulungu), *Ficus insipida* (figueira) *Guazuma ulmifolia* (mutamba), *Ochroma pyramidale* (pau-balsa) e *Trema micrantha* (trema) no geral. Tal fato se deve, provavelmente, à idade do processo de recomposição e por essas espécies apresentarem rápido crescimento, tolerância a níveis elevados de luz e curto ciclo de vida. As espécies clímax exigentes de luz que obtiveram melhores resultados foram a *Cedrela fissilis* (cedro), *Ceiba speciosa* (paineira), *Inga affinis* (Ingá), *Jacaranda cuspidifolia* (jacarandá-mineiro), *Myracrodruon urundeuva* (aroeira-do-sertão) e *Persea pyrifolia* (maçaranduba).

E dentre as espécies clímax tolerantes à sombra, destacam-se a *Handroanthus albus* (ipê-amarelo) e *Myroxylon peruiferum* (bálsamo). O bom desempenho dessas espécies se deve ao fato de serem espécies que ocorrem e são observadas em estudos em áreas limítrofes, ou seja, são espécies adaptadas ao meio biótico regional como solo e clima (ALVARENGA; 2004; FARIA, 2012; LE BOURLEGAT, 2020; OLIVEIRA FILHO, 1994, PEREIRA et al., 2010; SCOLFORO; MELLO; OLIVEIRA, 2009; SILVA, 2014; SILVA, 2019). Os valores das alturas e DAPs médios das plantas do estrato arbóreo, por grupo ecológico, são apresentados conforme a Tabela 6 a seguir:

Tabela 6 – Altura (H) e diâmetro à altura do peito (DAP) das espécies arbóreas distribuídas pelo grupo ecológico (GE): pioneira (P), clímax exigente de luz (CL) e clímax tolerante à sombra (CS) para cada área amostrada.

GE	Áreas											
	5.1		5.2		5.3		10.1		10.2		10.3	
	H (m)	DAP (cm)	H (m)	DAP (cm)	H (m)	DAP (cm)	H (m)	DAP (cm)	H (m)	DAP (cm)	H (m)	DAP (cm)
P	8,33	10,28	8,38	10,70	5,89	8,46	11,44	15,65	6,53	8,60	11,53	15,04
CL	6,27	7,02	7,56	8,27	4,48	6,07	8,10	11,35	8,95	12,52	10,93	12,22
CS	-	-	-	-	-	-	13,32	23,54	6,45	12,64	7,50	6,45

Fonte: Do autor (2020).

5.3.4 Porte do estrato regenerante

Em referência ao crescimento médio das espécies do estrato regenerante, a área 5.1 obteve o melhor desempenho em altura média das espécies inventariadas com 61,96 cm, devido à contribuição de espécies como a *Rollinia sylvatica* com dois exemplares, *Baccharis dracunculifolia* com 36 exemplares e *Nectandra nitidula* Nees com 3 exemplares levantados que apresentaram crescimento médio de 90,00 cm, 82,47 cm e 63,33 cm respectivamente. Na área 5.2, as espécies com melhor desempenho foram a *Peltophorum dubium* (75cm) e *Nectandra nitidula* Nees (70 cm). Já na área 5.3, o maior crescimento médio foi observado pela *Citharexylum myrianthum* (55 cm) e *Casearia sylvestris* (40 cm).

Para as áreas aos dez anos de restauração, a área 10.1 apresentou os melhores resultados em relação ao crescimento das espécies provenientes da regeneração natural: a *Schinus terebinthifolia* obteve altura média de 115 cm e a *Peltophorum dubium* de 100 cm. Na área 10.2, destaca-se a *Cecropia pachystachya*, com altura média de 77,5 cm e a *Peltophorum dubium* com 71,5cm. Já na área 10.3, *Lithraea molleoides* obteve crescimento médio de 90,00 cm e com 58,75 cm. Observa-se que as espécies que obtiveram melhores desempenhos foram do grupo ecológico das pioneiras, caracterizado por espécies que apresentam ritmo de crescimento mais acelerado (ISERNHAGEN, 2010). Entre as espécies de grupos sucessionais mais tardias, pode-se destacar o desempenho geral da *Cedrela fissilis*, *Copaifera langsdorffii*, *Inga affinis*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Piper aduncum*, *Styrax camporum* Poh e *Zanthoxylum riedelianum*.

5.3.5 Parâmetros fitossociológicos do estrato arbóreo

As relações dos parâmetros fitossociológicos de todas as espécies do estrato arbóreo, como número de indivíduos (Ni), área basal (g), densidade relativa (DeRi), dominância relativa (DoRi), frequência relativa (FrRi), índice de valor de importância (VI) e índice de valor de cobertura (VC) das áreas com cinco e dez anos de restauração encontram-se nos Apêndices C e D, respectivamente. No geral, as espécies que obtiveram os maiores valores de índices de valor de importância (VI) em todo o estrato arbóreo levantado no *campus* foram *Citharexylum myrianthum*, *Guazuma ulmifolia* e *Schinus terebinthifolia* var. *acutifolia*. A relação dos parâmetros fitossociológicos das espécies que obtiveram maiores VI do estrato arbóreo nas áreas mais recentes é apresentada na Tabela 7 a seguir:

Tabela 7 – Relação dos parâmetros fitossociológicos das principais espécies arbóreas nas áreas de cinco anos de restauração, dispostas em ordem decrescente de valor de importância (VI), seguida de seus valores quantitativos do número de indivíduos (Ni), da área basal (g), da densidade relativa (DeRi), da dominância relativa (DoRi), da frequência relativa (FrRi) e do valor de cobertura (VC).

Área 5.1 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m ²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Guazuma ulmifolia</i>	19	5,522	26,027	77,641	26,027	129,696	103,668
<i>Eremanthus erythropappus</i>	12	0,632	16,438	8,888	16,438	41,764	25,326
<i>Schinus terebinthifolia</i>	7	0,222	9,589	3,127	9,589	22,305	12,716
<i>Lithraea molleoides</i>	6	0,189	8,219	2,659	8,219	19,097	10,878
<i>Peltophorum dubium</i>	4	0,131	5,479	1,848	5,479	12,807	7,327
Área 5.2 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m ²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Citharexylum myrianthum</i>	27	11,757	29,032	74,300	29,032	132,364	103,332
<i>Inga verasubsp. affinis</i>	19	2,007	20,430	12,686	20,430	53,546	33,116
<i>Schinus terebinthifolia</i>	17	1,060	18,280	6,700	18,280	43,259	24,979
<i>Peltophorum dubium</i>	7	0,213	7,527	1,344	7,527	16,398	8,871
<i>Croton floribundus</i>	6	0,163	6,452	1,032	6,452	13,935	7,484
Área 5.3 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m ²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Citharexylum myrianthum</i>	20	1,651	19,802	24,087	19,802	63,691	43,889
<i>Inga verasubsp. affinis</i>	20	0,773	19,802	11,283	19,802	50,887	31,085
<i>Ochroma pyramidale</i>	9	2,017	8,911	29,433	8,911	47,255	38,344
<i>Guazuma ulmifolia</i>	12	1,527	11,881	22,284	11,881	46,046	34,165
<i>Solanum granulosoleprosum</i>	16	0,505	15,842	7,365	15,842	39,048	23,207

Fonte: Do autor (2020).

Na área 5.1, as espécies com maiores valores de VI foram *Guazuma ulmifolia* (129,70), *Eremanthus erythropappus* (41,76), *Schinus terebinthifolia* (22,30), *Lithraea molleoides* (19,10) e *Peltophorum dubium* (12,81). Por outro lado, as espécies que menos se destacaram foram *Vernonanthura phosphorica* (2,774) e *Gochnatia polymorpha* (2,770). *Guazuma ulmifolia*, conhecida como mutamba é classificada como uma planta arbórea pioneira e de ocorrência regional (OLIVEIRA FILHO; SCOLFORO; MELLO; OLIVEIRA, 2009), apresenta rápido crescimento e fácil dispersão, logo sua utilização torna-se indispensável nos reflorestamentos. Dentre as espécies foi a que teve maior representatividade em densidade, dominância e frequência, assim como, na área 10.1.

As espécies que se destacaram na área 5.2 foram *Citharexylum myrianthum* (132,36), *Inga affinis* (53,55), *Schinus terebinthifolia* (43,26) *Peltophorum dubium*(16,40) e *Croton floribundus* (13,94). Já as espécies que obtiveram os menores desempenhos nos valores de VI foram *Tibouchina stenocarpa* (2,17) e *Casearia sylvestris* (2,16). *Citharexylum myrianthum*, conhecida popularmente como pau-viola, é uma espécie do grupo das pioneiras e de grande utilidade em projetos de recuperação de áreas degradadas (ALBUQUERQUE, 2017). Além do maior valor de VI na área 5.2, essa espécie também teve o melhor desempenho na área 5.3, o segundo e terceiro maior valor de VI nas áreas 10.1 e 10.3, respectivamente. Destaca-se que todas essas áreas citadas estão situadas próximas a corpos hídricos e uma das características dessa espécie é a preferência por áreas úmidas a brejosas (LORENZI, 2002).

Como já citado acima, na área 5.3, *Citharexylum myrianthum* apresentou maior representatividade em densidade, dominância, frequência e, conseqüentemente, de índice de valor de importância (63,69). Seguido das espécies *Inga affinis* (50,89), *Ochroma pyramidale* (47,26), *Guazuma ulmifolia* (46,05) e *Solanum granulosoleprosum* (39,05). Entretanto *Alchornea triplinervea* (2,01) e *Myrsine umbellata* (1,98) obtiveram os menores valores dos parâmetros analisados.

Com relação às áreas de dez anos de restauração, a relação dos parâmetros fitossociológicos das espécies do estrato arbóreo com maiores VI é apresentada na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 – Relação dos parâmetros fitossociológicos das principais espécies arbóreas nas áreas de dez anos de restauração, dispostas em ordem decrescente de valor de importância (VI), seguida de seus valores quantitativos do número de indivíduos (Ni), da área basal (g), da densidade relativa (DeRi), da dominância relativa (DoRi), da frequência relativa (FrRi) e do valor de cobertura (VC).

Área 10.1 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m ²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Guazuma ulmifolia</i>	22	10,539	26,506	57,933	26,506	110,945	84,439
<i>Citharexylum myrianthum</i>	11	2,721	13,253	14,960	13,253	41,466	28,213
<i>Croton floribundus</i>	8	1,922	9,639	10,567	9,639	29,845	20,206
<i>Inga verasubsp. Affinis</i>	9	1,178	10,843	6,474	10,843	28,161	17,317
<i>Schinus terebinthifolia</i>	6	0,158	7,229	0,870	7,229	15,328	8,099
Área 10.2 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m ²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Cecropia pachystachya</i>	12	0,893	14,458	25,200	14,458	54,115	39,658
<i>Lithraea molleoides</i>	10	0,469	12,048	13,224	12,048	37,320	25,272
<i>Schinus terebinthifolia</i>	9	0,290	10,843	8,190	10,843	29,877	19,033
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	4	0,528	4,819	14,886	4,819	24,524	19,705
<i>Handroanthus albus</i>	4	0,396	4,819	11,164	4,819	20,803	15,984
Área 10.3 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m ²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Inga verasubsp. Affinis</i>	15	3,342	19,231	33,580	19,231	72,042	52,811
<i>Ficus insipida</i>	10	2,865	12,821	28,786	12,821	54,427	41,606
<i>Citharexylum myrianthum</i>	7	1,272	8,974	12,778	8,974	30,726	21,752
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	7	0,534	8,974	5,364	8,974	23,313	14,338
<i>Schinus terebinthifolia</i>	6	0,413	7,692	4,152	7,692	19,537	11,844

Fonte: Do autor (2020).

Na área 10.1, as espécies com maior representatividade em VI foram *Guazuma ulmifolia* (110,94), *Citharexylum myrianthum* (41,47), *Croton floribundus* (29,84), *Inga affinis* (28,16) e *Schinus terebinthifolia* (15,33). Já os menores observados foram para *Machaerium hirtum* (2,43) e *Calophyllum brasiliensis* (2,42).

Já na área 10.2, as espécies que obtiveram os maiores valores de VI foram *Cecropia pachystachya* (54,12), *Lithraea molleoides* (37,32), *Schinus terebinthifolia* (29,88), *Jacaranda cuspidifolia* (24,52) e *Handroanthus albus* (20,80), *Cecropia pachystachya*, também conhecida comumente como embaúba, espécie pioneira caracterizada pela produção numerosa de sementes, capacidade de permanecer por longo tempo no banco de sementes do solo e apresenta dispersão zoocórica (SOUZA et al., 2014), isto, provavelmente, explica a abundância dessa espécie e de outras pioneiras nas áreas estudadas. Dentre as espécies que

apresentaram menor representatividade foram *Myrsine umbellata* (2,47) e *Genipa americana* (2,46).

Por fim, na área 10.3, as espécies com os maiores valores de VI foram *Inga affinis* (72,04), *Ficus insipida* (54,43), *Citharexylum myrianthum* (30,73), *Myracrodruon urundeuva* (23,31) e *Schinus terebinthifolia* (19,54). Enquanto que os menores valores obtidos foram *Cecropia pachystachya* (2,62) e *Sebastiania brasiliensis* (2,60). A *Inga affinis*, popularmente conhecida como Ingá, é recomendada para restauração em áreas de matas ciliares degradadas, visto que apresenta rápido crescimento e sombreamento na área (CAMPOS; MARTINS, 2016; MARCUZZO, 2014).

5.3.6 Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante

As relações dos parâmetros fitossociológicos de todas as espécies do estrato regenerante, como número de indivíduos (Ni), densidade relativa (DeRi) e frequência relativa (FrRi) das áreas com cinco e dez anos de restauração encontram-se nos Apêndices E e F, respectivamente. No geral, as espécies que obtiveram os maiores valores densidade relativa (DeRi) em todo o estrato regenerante, levantado no campus, foram espécies pioneiras como *Baccharis dracunculifolia*, *Gochnatia polymorpha*, *Lithraea molleoides* e *Vernonanthura phosphorica*. Apesar da presença de espécies típicas da Floresta Estacional Semidecidual, observou-se a predominância de espécies presentes em cerrados como *Baccharis dracunculifolia*, *Copaifera langsdorffii*, *Gochnatia polymorpha*, *Lithraea molleoides*, *Persea pyrifolia* e *Platypodium elegans*.

Destaca-se a ampla distribuição da *Baccharis dracunculifolia* na área 5.1, que pode ser explicada pela alta taxa de germinação e dispersão de sementes por ação do vento a longa distância (RIGOTTI, 2011), característica de espécies invasoras e colonizadoras. A relação dos parâmetros fitossociológicos das espécies que obtiveram maiores densidades do estrato regenerante nas áreas mais recentes é apresentada na Tabela 9 a seguir:

Tabela 9 – Relação dos parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante nas áreas de cinco anos de restauração, dispostas em ordem decrescente de densidade relativa (DeRi) com seus valores do número de indivíduos (Ni) e da frequência relativa (FrRi).

Área 5.1 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	36	35,644	0,356
<i>Gochnatia polymorpha</i>	23	22,772	0,228
<i>Lithraea molleoides</i>	16	15,842	0,158
Área 5.2 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Lithraea molleoides</i>	14	28,00	0,28
<i>Piper aduncum</i>	5	10,00	0,10
<i>Myrcia splendens</i>	4	8,00	0,08
Área 5.3 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	19	54,286	0,543
<i>Lithraea molleoides</i>	7	20,000	0,200
<i>Copaifera langsdorffii</i>	3	8,571	0,086

Fonte: Do autor (2020).

Assim como áreas mais recentes, nas áreas aos dez anos de restauração, observou-se a predominância de espécies pioneiras e de ocorrência regional como *Lithrea molleoides* e *Machaerium hirtum*. A presença de exemplares adultos dessas espécies nas áreas contribui como uma importante fonte de disseminação de sementes. *Lithrea molleoides*, assim como a *Guazuma ulmifolia*, vêm sendo consideradas como indicadoras de solos férteis ou ocorrem preferencialmente em solo com fertilidade média a alta (RATTER et al., 1978; RODRIGUES et al., 2007).

A relação dos parâmetros fitossociológicos das espécies que obtiveram maiores densidades do estrato regenerante nas áreas aos dez anos de restauração é apresentada na Tabela 10 a seguir:

Tabela 10 – Relação dos parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante nas áreas de dez anos de restauração, dispostas em ordem decrescente de densidade relativa (DeRi), com seus valores do número de indivíduos (Ni) e da frequência relativa (FrRi).

Área 10.1 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Machaerium hirtum</i>	149	61,317	0,613
<i>Copaifera langsdorffii</i>	21	8,642	0,086
<i>Croton floribundus</i>	11	4,527	0,045
Área 10.2 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	79	25,16	0,25
<i>Lithrea molleoides</i>	75	23,89	0,24
<i>Miconia albicans</i>	42	13,38	0,13
Área 10.3 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Eugenia candolleana</i>	30	38,961	0,390
<i>Inga verasubsp. affinis</i>	7	9,091	0,091
<i>Myrcia splendens</i>	6	7,792	0,078

Fonte: Do autor (2020).

5.3.7 Índice de área foliar (IAF)

A partir da análise das fotografias hemisféricas foi possível observar diferenças significativas no dossel de cada área amostrada. Notou-se maior abertura do dossel nas áreas com cinco anos de restauração em comparação com as áreas de dez anos. A Tabela 11, a seguir, apresenta os valores médios obtidos pelo software Gap Light Analyzer Version 2.0 para o índice de área foliar (IAF) e a porcentagem de abertura do dossel para cada área.

Tabela 11 – Valores médios do índice de área foliar (IAF) e a porcentagem de abertura do dossel para cada área.

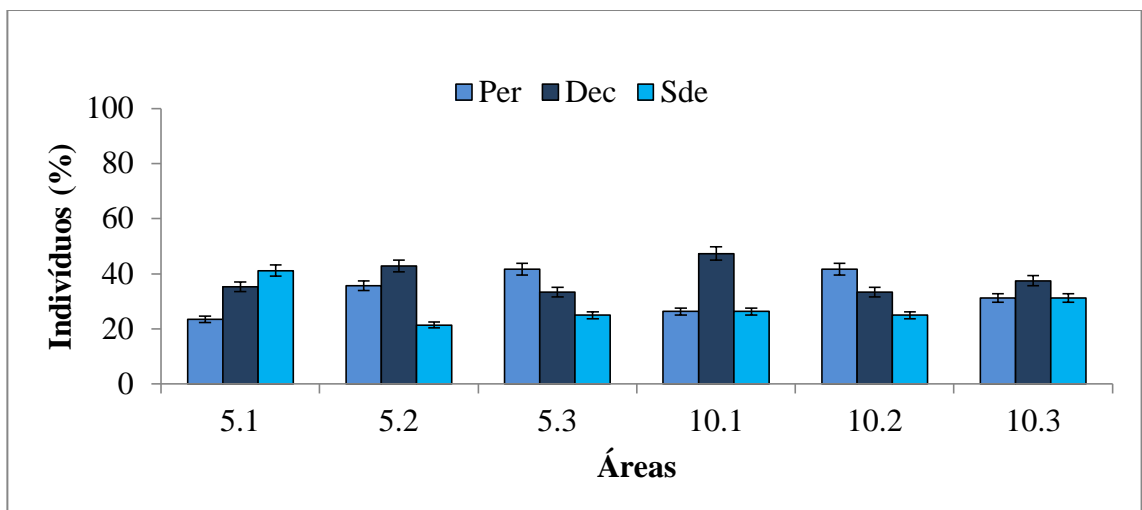
Áreas	$\overline{\text{IAF}}$	Abertura do dossel
5.1	0,706 ($\pm 0,26$)	48,89%
5.2	0,934 ($\pm 0,15$)	38,36%
5.3	0,806 ($\pm 0,30$)	46,10%
10.1	1,112 ($\pm 0,16$)	33,91%
10.2	0,873 ($\pm 0,31$)	41,94%
10.3	1,392 ($\pm 0,12$)	28,56%

Fonte: Do autor (2020).

Essa diferença encontrada entre as áreas está relacionada, principalmente, à idade do processo de restauração no qual as áreas com cinco anos de restauração se encontram, etapa caracterizada pela presença elevada de espécies pioneiras que, mesmo se adaptando facilmente às limitações apresentada pelo meio, podem não ser boas sombreadoras como algumas secundárias iniciais (RODRIGUES et al., 2007). Além do mais, a utilização de elevado número de espécies pioneiras, ou com baixa cobertura de copa, pode representar alta mortalidade aos dez a quinze anos após a implantação (ISERNHAGEN; 2010).

A abertura do dossel pode ser influenciada por diferentes fatores, como a composição de espécies, arranjo e distribuição das plantas realizadas no plantio, densidade de árvores, características fisionômicas e florísticas da vegetação, estrutura e composição do dossel, condições morfoclimáticas e, até mesmo, estudos correlacionam proporcionalmente o IAF com o DAP das árvores (WINK et al., 2012; DIAS et al., 2017). A composição do estrato arbóreo das áreas quanto à perenidade foliar, encontra-se na Figura 7.

Figura 7 – Distribuição das porcentagens de indivíduos do estrato arbóreo de cada área por perenidade foliar. Em que Per: perenes, Dec: decíduas, Sde: semidecíduas.



Fonte: Do autor (2021).

A vegetação local é classificada como Floresta Estacional Semidecidual, cujas plantas perdem parte das folhas durante o período de seca. E, mesmo a coleta acontecendo no fim do período seco, áreas como a 10.1 e 10.3 obtiveram valores de IAF próximos aos encontrados em estudos realizados em fragmentos de mesma fitofisionomia e época do ano (LEMOS FILHO et al., 2010; DIAS et al., 2017; GONZALEZ, 2017). Em estudo realizado em mata fechada de vegetação ciliar no período seco, Dias et al. (2017) encontraram IAF médio de

1,63 ± 0,20 e abertura de dossel de 21,08%. Constata-se que as áreas 10.1 e 10.3, mesmo com menor número de espécies perenifólias, apresentam espécies com bom potencial recobridor.

Já as outras áreas necessitam de enriquecimento com base na estruturação do dossel que dependa da presença, densidade e distribuição espacial de espécies que apresentem bom crescimento e cobertura do solo no curto prazo, pois a não cobertura do solo pelas copas das árvores pode restringir o sucesso inicial da restauração ecológica, principalmente nas áreas mais recentes como a área 5.1, na qual observou-se menor porcentagem de espécies perenifólias, menor valor de IAF e, conseqüentemente, o maior valor de abertura do dossel. E também a área 10.2, na qual foram observados os menores valores de IAF, comparada às áreas aos dez anos de restauração e de densidade de indivíduos por hectare.

5.4 Diversidade florística

Em relação aos resultados obtidos nos cálculos do índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e do índice de equabilidade de Pielou (J'), o estrato regenerante da área 5.2 e arbóreo da área 10.2 obtiveram os maiores valores em comparação com as outras áreas com a mesma idade de processo de restauração. Já os menores valores foram observados pelos estratos regenerantes da área 5.3 e 10.1, dentre as áreas aos cinco e dez anos de restauração respectivamente, conforme apresentado pelas Tabelas 12 e 13. No geral, o pior desempenho foi observado no estrato regenerante da área 5.3, a qual apresentou a maior porcentagem de espécies pioneiras, menor número de espécies e famílias e dominância ecológica da espécie *Vernonanthura phosphorica* (assa-peixe) que representou 54% dos indivíduos amostrados.

Tabela 12 – Índices de diversidade Shannon-Weaver (H') e de equabilidade de Pielou (J') para as áreas aos cinco anos de restauração, de acordo com o número de indivíduos (N_i), de espécies (N_s) registradas para os estratos arbóreos (EA) e regenerantes (ER).

Índice	Área 5.1		Área 5.2		Área 5.3	
	EA	ER	EA	ER	EA	ER
N_i	973	13467	1240	6667	1347	4667
N_s	213	1600	187	2533	187	1200
H'	2,369	1,870	2,018	2,554	2,191	1,474
J'	0,854	0,752	0,787	0,868	0,854	0,671

Fonte: Do autor (2020).

Tabela 13 – Índices de diversidade Shannon-Weaver (H') e de equabilidade de Pielou (J') para as áreas aos dez anos de restauração, de acordo com o número de indivíduos (N_i), de espécies (N_s) registradas para os estratos arbóreos (EA) e regenerantes (ER).

Índice	Área 10.1		Área 10.2		Área 10.3	
	EA	ER	EA	ER	EA	ER
N_i	1107	32400	790	29905	1040	10267
N_s	240	3333	238	3238	227	2933
H'	2,438	1,728	2,877	2,495	2,532	2,393
J'	0,843	0,537	0,905	0,708	0,894	0,774

Fonte: Do autor (2020).

Comparando-se os estratos entre si, o estrato arbóreo sobressaiu sobre a regeneração natural em praticamente todas as áreas, exceto na área 5.2. Tal fato se deve pela área ter apresentado a maior quantidade de indivíduos de grupos sucessionais mais avançados dentre as áreas de cinco anos, além de maior quantidade de espécies e famílias, ou seja, maior heterogeneidade. De acordo com Rodrigues, Brancalion e Isernhagen (2009), a predominância de espécies pioneiras em um projeto de restauração contribui para uma baixa riqueza de espécies, bem como uma baixa equabilidade entre as espécies.

Os valores de diversidade de Shannon-Weaver encontrados variaram de 1,474 a 2,554 nas áreas de cinco anos, já nas áreas com dez anos, os valores foram entre 1,728 e 2,877. Segundo estudos, esses valores são considerados baixos para áreas de Florestas Estacionais Semidecíduais (ALVARENGA, 2004; DIAS, 2005; CORSINI et al., 2014). Porém, estudos em fragmentos florestais, no *campus* da UFLA, encontraram esse índice variando de 2,135 a 3,917 (PEREIRA et al., 2010) e entre 2,944 a 3,497 (SILVA, 2014). Como já abordado, os dados obtidos mostram a necessidade da realização de um plantio de enriquecimento, seja por semeadura ou plantio de mudas, a fim de aumentar a diversidade e densidade de plantas, principalmente por espécies de estágios sucessionais mais avançados (BOTELHO; DAVIDE, 2002).

Quanto à proporção de indivíduos de cada espécie, a área que apresentou menor dominância específica entre os indivíduos levantados, foi o estrato arbóreo da área 10.2., área na qual foi observado o maior valor do índice de equabilidade de Pielou (0,905). Já o estrato regenerante da área 10.1 apresentou o menor valor encontrado (0,537), devido à predominância de indivíduos da espécie *Machaerium hirtum* (bico-de-pato), que correspondeu a 61% dos indivíduos amostrados.

Entretanto, em comparação com estudos anteriores, os resultados obtidos para o índice de equabilidade condizem com os encontrados nos remanescentes próximos. Pereira et al. (2010) encontraram valores de J' entre 0,710 a 0,949 e Silva (2014), índices de 0,537 a 0,880. Levando-se em consideração que as áreas provavelmente sofreram algum tipo de perturbação e degradação anterior ao plantio, pode-se constatar que as áreas obtiveram resultados satisfatórios e próximos dos índices de fragmentos florestais de referência.

5.5 Índice de similaridade de Jaccard (SJ)

Utilizou-se o índice de similaridade de Jaccard para efeito de comparação entre os estratos arbóreo e regenerante das áreas estudadas de acordo com as espécies em comum entre elas (TABELA 14). Os índices de similaridades entre os estratos arbóreo e regenerante de cada área variaram entre o menor valor encontrado na área 10.3, com 12,90% a 48,28%, maior valor obtido pela área 10.2. Demonstrando uma similaridade florística entre os estratos da área devido à ocorrência das mesmas famílias com elevada riqueza de espécies.

Tabela 14 – Similaridade florística entre os estratos arbóreo e regenerante de cada área, representada pelas espécies em comum aos dois estratos e o índice de similaridade de Jaccard (SJ) em porcentagem.

Áreas	5.1	5.2	5.3	10.1	10.2	10.3
Espécies Comuns	5	4	4	10	14	4
SJ (%)	27,78	16,67	28,57	43,48	48,28	12,90

Fonte: Do autor (2020).

Os índices encontrados foram inferiores a 50%, valores considerados baixos (KENT; COKER, 1992) devido aos possíveis distúrbios sofridos pelos fragmentos. Porém, os valores obtidos foram superiores aos encontrados por Pereira et al. (2010) em fragmentos da UFLA que variaram de 4,62% a 19,40%. Já Silva (2014), encontrou índices de similaridade entre o estrato arbóreo e regenerante de 13,16%, registrando 5 espécies em comum para a área 10.1. Para a área 10.2, o maior valor de similaridade foi de 33,33%.

A fim de avaliar a correlação das áreas em restauração com áreas estáveis limítrofes, com características semelhantes e inseridas na mesma paisagem, considerou-se como

ecossistema de referência, o fragmento denominado “Matinha da UFLA”, área a qual obteve os maiores índices de diversidade de Shannon-Weaver (3,917) e equabilidade de Pielou (0,949), em estudos realizados em diferentes fragmentos florestais no *campus* da UFLA (PEREIRA et al., 2010). A partir da Tabela 15, pode-se observar a similaridade das áreas estudadas com a área de referência.

Tabela 15 – Similaridade florística entre as áreas do estudo com o ecossistema de referência, representada pelo índice de similaridade de Jaccard (SJ) em porcentagem e a distância em quilômetros entre elas.

Áreas	Matinha da UFLA	
	Dist. (km)	SJ (%)
5.1	0,74	6,25
5.2	0,96	10,20
5.3	0,80	9,76
10.1	2,04	7,14
10.2	1,73	9,68
10.3	1,58	6,90

Fonte: Do autor (2020).

Nota-se que a distância entre as áreas e a Matinha não interferiu diretamente nos níveis de similaridade florística, possivelmente, pela falta de conexão desses fragmentos. O isolamento de um fragmento, como é observado nas áreas 5.1, 5.3 e 10.1, afetam o fluxo gênico e, portanto, a dispersão das espécies, a diversidade biológica e a dinâmica das populações de plantas e animais (FORMAN; GODRON, 1986). Assim, a conservação e conexão de pequenos fragmentos exerce um papel fundamental na manutenção de todo o ecossistema.

Observa-se que os valores obtidos de SJ podem ser considerados baixos (KENT; COKER, 1992). Porém, Pereira et al. (2010) analisaram a similaridade florística entre cinco fragmentos situados no *campus* com a Matinha da UFLA e apenas dois fragmentos obtiveram índice superior aos resultados do presente estudo. Portanto, mesmo com o histórico de degradação dessas áreas, o distanciamento e a falta de conexão entre elas, nota-se que todas apontam para o caminho da restauração ecológica mesmo em áreas de matriz urbana.

6 CONCLUSÃO

As áreas com 10 anos após o início do processo de restauração apresentaram, de modo geral, indicadores que demonstram o maior desenvolvimento do ecossistema em restauração, quando comparadas com as áreas em que o processo de restauração iniciou-se há cinco anos.

Há diferenças nas características estruturais e funcionais das áreas com a mesma idade do processo de restauração, o que é esperado, em função do histórico de uso e alteração ou degradação destas áreas.

Conclui-se que as áreas estudadas, apesar dos impactos sofridos, possuem características estruturais e funcionais que indicam que os processos de restauração das mesmas estão evoluindo por uma trajetória em que será possível alcançar a autossustentabilidade.

Recomenda-se o plantio de enriquecimento, principalmente, com espécies secundárias e clímax nas áreas com cinco anos de restauração, além do controle de espécies indesejadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, R. P. **Dendrocronologia de espécies utilizadas em restauração de áreas degradadas na Rebio de Poço das Antas, Rio de Janeiro**. 2017. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- ALVARENGA, A. P. **Avaliação inicial da recuperação da mata ciliar em nascentes**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- ALVARENGA, A. P. Avaliação inicial da recuperação natural como processo de recuperação do entorno de nascente perturbada. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**. Goiânia, v. 8, n. 14, p. 1019-1041, 2012.
- AMARAL, G. M. **Avaliação do processo de restauração de um fragmento de mata ciliar em Santa Maria - RS**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- ARANTES, T. B. et al. Avaliação da regeneração natural como processo de recuperação do entorno de nascente perturbada. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, p. 1019-1041, 2012.
- ARMANDO, D. M. S. et al. Colonização de Espécies Arbustivo-Arbóreas em Povoamento de Eucalyptus spp., Lavras, MG. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 376-389, 2011.
- ARONSON, J.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P. H. S. Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica. **Instituto Florestal**. Série Registros (São Paulo), v. 44, p. 1-38, 2011.
- BARBOSA, S. G. et al. Geotechnology in the analysis of forest fragments in northern Mato Grosso, Brazil. **Scientific Reports**, v. 8, 2018.
- BOTELHO, 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. Projeto Mata Ciliar – Convenio CEMIG/UFLA/FAEPE. Lavras-MG, 2001.
- BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para a recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: água e biodiversidade, 5., 2002, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p. 123-145, 2002.
- BRANCALION, P. H. S. et al. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. Pp. 262-293. In: Martins, S. V. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. 1 ed. Viçosa, Editora UFV, 2012.
- BRANCALION, P. H. S. et al. Restauração Florestal. São Paulo: Oficina de Textos, p. 432, 2015.
- BRASIL. **Lei Federal n. 9.985 de 18 de Julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acessado em: 24 de Abr. 2019.

BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

CASTELLI, K. R. **Análise da efetividade de técnicas de nucleação para enriquecimento florestal em áreas urbanas no município de Sorocaba-SP**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.

CAMPOS, W. H.; MARTINS, S. V. Natural regeneration stratum as na indicator of restoration in area of enviromental compensation for mining limestone, municipality of Barroso, MG, Brazil. **Revista Árvore**, v. 40, n. 2, p. 189-196, 2016.

CARVALHO, R. D. M. **Regeneração natural visando à restauração de matas ciliares**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

CHRIST, K. B. **Efetividade da restauração de áreas degradadas: proposta de indicadores de monitoramento**. 2020. Dissertação (Mestrado em Perícias Criminais Ambientais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

CORSINI, C. R. et al. Diversidade e similaridade de fragmentos florestais nativos situados na região nordeste de Minas Gerais. **Cerne**; v. 20, n. 1, p. 1-10, 2014.

CORTEZ, J. et al. Spatial variability of soil resistance to penetration in no tillage system. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 5, p. 697-704, 2018.

CUNHA, L. R. A. et al. Resistência a penetração em um latossolo sob diferentes condições de uso no agreste da Paraíba. **Revista EDUCAmazônia**, v. 13, p. 140-153, 2019.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.

DEMINICIS, B. B et al. Dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 35-58, 2009.

DIAS, A. C. **Composição florística, fitossociologia, diversidade de espécies arbóreas e comparação de métodos de amostragem na floresta ombrófila densa do parque estadual Carlos Botelho, SP/Brasil**. 2005. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

DIAS, D. D. M. et al. Estrutura arbórea e sazonalidade da cobertura do dossel em vegetação florestada e aberta no parque nacional serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 719-732, 2017.

DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Fenologia de quatro espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecídua em Lavras, MG. **Cerne**, v. 2, p. 66-88, 1996.

DUARTE, M. L. et al. Crescimento e qualidade de mudas de vinhático em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 221-229, 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento de Solos, Rio de Janeiro. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Ed. 2, p. 212, 1997.

- FARIA, R. A. V. B. **Estoque de carbono e atributos florísticos e edáficos de ecossistemas florestais em processo de restauração**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- FERNANDES, F. S. **Evolução da legislação ambiental brasileira ao longo do tempo e implicações no dimensionamento e implantação de uma restauração florestal no Morro da Armação - Niterói**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.
- FERNANDES, M. M. et al. Regeneração natural em área de reflorestamento misto com espécies nativas no município de Laranjeiras, SE. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, 2018.
- FERREIRA, J. O. V. **Dispersão induzida de sementes por vertebrados frugívoros em floresta em restauração no sudeste brasileiro**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.
- FERREIRA, P. I. et al. Potencial de fragmentos florestais inseridos dentro de floresta de exóticas para a restauração da floresta com araucárias. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 1049-1060, 2017.
- FERREIRA, V. L. **Contribuições para o monitoramento e avaliação de áreas em restauração na mata atlântica: esforço de amostragem ideal, valores de referência para indicadores ecológicos e diferenças entre métodos**. 2019. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.
- FONSECA, D. A. et al. Avaliação da regeneração natural em área de restauração ecológica e mata ciliar de referência. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 521-534, 2017.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. *Landscape ecology*. New York: J. Wiley, p. 619, 1986.
- FRAGOSO, R. de O. et al. Forest restoration by different nucleation techniques in *Urochloa* grassland. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, 2021.
- FRAZER, G. W.; CANHAM, C. D.; LERTZMAN, K. P. *Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation*. New York: Simon Fraser University, 1999.
- GENTRY, A. H. Patterns of neotropical plant species diversity. **Evolution Biology**, v. 15, p. 1-84, 1982.
- GOMES, J. M. et al. *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby pode ser utilizada em enriquecimento de clareiras de exploração florestal na Amazônia. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 417-424, 2019.
- GONZALEZ, G. D. d. **Balanco hídrico e biogeoquímico em uma bacia hidrográfica experimental com Floresta Estacional Semidecidual na Serra do Japi, Jundiaí-SP**, 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2017.

- GORSANI, R. G. **Chuva e banco de sementes em floresta estacional semidecidual com diferentes históricos de uso do solo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2019.
- HOLL, K. D. et al. Planting Seedlings in Tree Islands Versus Plantations as a Large-Scale Tropical Forest Restoration Strategy. **Restoraion Ecology**, p. 470-479, 2011.
- HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 13, p. 201-228, 1982.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília, 1990. 96p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS. Instrução normativa n. 04, de 13 de abril de 2011. Brasília, 2011.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Instrução normativa n. 11, de 11 de dezembro de 2014. Brasília, 2014.
- ISERNHAGEN, I. **Uso de sementeira direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Recursos Ambientais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p. 105, 2010.
- KENT, M.; COKER, P. Vegetation description and analysis, a practical approach. London: Belhaven, p. 215, 1992.
- LE BOURLEGAT, J. M. G. **Avaliação do efeito de diferentes micro-habitats no processo de restauração ecológica de Floresta Estacional Semidecidual**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.
- LEMOS FILHO, J. P. et al. Spatial and temporal variability of canopy cover and understory light in a Cerrado of Southern Brazil. **Brazilian Journal Biology**, São Carlos, v. 70, n. 1, p. 19-24, 2010.
- LOPES, I. S. et al. Dinâmica da regeneração natural no sub-bosque de *Pinus caribaea* Morelet. Var. *caribaea* na reserva biológica de saltinho, Tamandaré- PE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n.1, p. 95-107, 2016.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**, Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2002.
- MANSOURIAN, S.; VALLAURI, D. Restoring Forest Landscapes: important lessons learnt. **Environmental Management**. v. 53, p. 241-251, 2014.
- MARCUZZO, S. B. et al. Comparação entre áreas em restauração e área de referência no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 961–972, 2014.
- MARTINS, F. B. et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 14, p. 129-156, 2018.

MAZON, J.A.; SILVA, R. A. R.; WATZLAWICK, L. F. Estrutura e composição da regeneração natural em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista secundária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 39, p. 1-16, 2019.

McDONALD, T. et al. **International standards for the practice of ecological**. Washington: Society for Ecological Restoration, 2016.

MOTA, L. H. S.; SCALON, S. P. Q.; HEINZ, R. Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 423-431, 2012.

CORRÊA NETO, N. E. et al. Agroflorestando o mundo de facão a trator: Gerando práxis agroflorestal em rede. Barra do Turvo, **Cooperafloresta**, p. 91, 2016.

OLIVA, E. V. et al. Florística e estrutura de duas comunidades arbóreas secundárias com diferentes graus de distúrbio em processo de recuperação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1088-1103, 2018.

OLIVEIRA, R. E., ENGEL, V. L. Indicadores de monitoramento da restauração Atlântica e atributos para os ecossistemas restaurados. **Scientia Plena**. v. 13, p. 1–13, 2017.

OLIVEIRA FILHO, A. T. et al. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, p. 167-182, 1994.

OLIVEIRA FILHO, A. T. et al. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in South-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology** v. 131, n. 1, p. 45-66, 1997.

OLIVEIRA FILHO, F. X. et al. Compactação de solo cultivado com cana-de-açúcar em Baía Formosa, Rio Grande do Norte. **Revista Ceres**, v. 63, n. 5, p. 715-723, 2016.

PEREIRA, G. M. **Proposta de procedimento para avaliação da autossustentabilidade em projetos de restauração florestal**. 2011. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

PEREIRA, I. M. **Estudo da vegetação remanescente como subsídio à recomposição de áreas ciliares nas cabeceiras do Rio Grande, Minas Gerais**. 2006. 261 p. (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

PEREIRA, M. et al. Avaliação e proposta de conectividade dos fragmentos remanescentes no campus da Universidade Federal de Lavras. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 305-321, 2010.

PEREIRA, S. R. et al. Avaliação do uso de leguminosas no estabelecimento de espécies nativas na APA (Área de Proteção Ambiental) do Guariroba. **Embrapa Gado de Corte- Documentos (INFOTECA-E)**, 2019.

PIMENTA JUNIOR, F.; TINÔCO, M. S. Indicadores para avaliação do potencial de prestação de serviços ambientais por programas de recuperação de áreas degradadas em áreas verdes urbanas. **Geingá**, v. 13, n. 1, p. 146-163, 2021.

PINTO, L. V. A. et al. Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Cerne**, v. 11, n. 1, p. 49-60, 2005.

RATTER, J. A. et al. Observations on forests of some mesotrophic soils in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, p. 47-58, 1978.

RIBEIRO, C. A. **Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em áreas mecanizadas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista, 2010.

RIGOTTI, M. **Baccharis dracunculifolia D.C.:** diversidade genética e química de populações. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Campus De Botucatu – SP, 2011.

RODRIGUES, L. et al. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual. Luminárias, MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 25-35. 2007.

RODRIGUES, R. R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, 2009.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica:** referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF, p. 256, 2009.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recuperação de formações ciliares: conceitos, tendências, modelos de implantação e recomendações práticas. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F.(Ed.). *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. 2 ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, p. 233-247, 2001.

SALOMÃO, R. de P. et al. Indicadores de sustentabilidade da restauração florestal em áreas mineradas na Amazônia. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 2, p. 1251-1259, 2019.

SANTOS, D. S. **Influência de diferentes materiais para controle de plantas competidoras no crescimento inicial de *Araucaria angustifolia***. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2018.

SCOLFORO, J. R; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. **Inventário florestal de Minas Gerais:** floresta estacional semidecidual: florística, estrutura, diversidade, similaridade, distribuição diamétrica e de altura, volumetria, tendências de crescimento e manejo florestal. Lavras: UFLA, p. 363-438, 2009.

SILVA, C. H. **Análise do processo de restauração de ecossistema florestal aos quatro anos**. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SILVA, K. C. L. et al. Usos da terra e potencial de regeneração natural da vegetação nativa na bacia do rio Apeú, Castanhal, Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 63, 2020.

SILVA, T. D. **Aceleração do processo de restauração de florestas tropicais através do uso de cobertura transitória ou poda**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

SILVEIRA, C. J. A. **Proposta de indicadores para a avaliação de projetos de restauração de ecossistemas no Alto Jequitinhonha**. 2012. Dissertação (Mestrado em Conservação e

Restauração de Ecossistemas Florestais) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNACIONAL. **Princípios da SER Internacional sobre a restauração ecológica**. Society for Ecological Restoration Internacional, 2004.

SOUSA, F. Q. et al. Transposição do banco de sementes do solo para restauração ecológica da caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 50120-50138, 2020.

SOUZA, A. L.; SOUZA, D. R.; GAMA, J. R. V. Utilização do Excel no processamento de dados para elaboração de plano de manejo florestal. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003.

SOUZA, D. C.; ENGEL, V. L. Direct seeding reduces costs, but it is not promising for restoring tropical seasonal forests. **Ecological Engineering**, v. 116, n. 1, p. 35-44, 2018.

SOUZA, D.L., et al. Atividade antibacteriana e moduladora de *Cecropia pachystachya Trécul* sobre a ação de aminoglicosídeos. **Revista Cubana de Plantas Mediciniais**, v. 19, n. 1, p. 121-32, 2014.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, U. L. Recomendações para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF. Piracicaba, p. 9, 1983.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T. Does exists some relationship between restoration and hydrology of forests ecosystems? **Agricultural Research & Technology**, v.13, n. 8, 2018.

TURMINA, E. et al. Regeneração natural de uma área de floresta ombrófila mista. **Oecologia Australis**. v. 24, n. 1, p. 88-100, 2020.

TRENTIN, B. E. et al. Restauração florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**. v. 28, n. 1, p. 160-174, 2018.

UHL, C. et al. In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. **Biological Invasions**, v. 10, p. 1345-1351, 1998.

VIVEIROS, E. **Composição florística e formas de vida em duas comunidades regenerantes em áreas de restauração ecológica de floresta estacional semidecídua**. 2020. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2020.

WINK, C. et al. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 57-67, 2012.

APÊNDICE A – Densidade de espécies do estrato arbóreo

Tabela 16 – Relação da densidade de espécies (ind/ha) do levantamento do estrato arbóreo, com seu respectivo grupo ecológico (GE). Em que P: pioneiras, CL: clímax exigente de luz, CS: clímax tolerante à sombra.

Família/Espécie	GE	Número de indivíduos (ind/ha)					
		5.1	5.2	5.3	10.1	10.2	10.3
Anacardiaceae							
<i>Lithraea molleoides</i>	P	80	-	-	27	95	80
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	CL	-	-	-	27	29	93
<i>Schinus terebinthifolia</i>	P	93	227	93	80	86	80
<i>Tapirira guianensis</i>	P	13	-	27	-	38	-
Arecaceae							
<i>Acrocomia aculeata</i>	P	-	-	-	-	19	-
Asteraceae							
<i>Eremanthus erythropappus</i>	P	160	-	-	-	-	-
<i>Gochnatia polymorpha</i>	P	13	-	-	-	10	-
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	P	13	-	-	-	-	-
Bignoniaceae							
<i>Handroanthus albus</i>	CS	-	-	-	-	38	-
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	CL	-	-	-	-	38	-
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	CL	-	-	-	-	-	13
Boraginaceae							
<i>Cordia trichotoma</i>	CL	40	-	-	-	-	-
Calophyllaceae							
<i>Calophyllum brasiliensis</i>	CS	-	-	-	13	19	-
Cannabaceae							
<i>Trema micrantha</i>	P	-	27	67	-	-	-
Clusiaceae							
<i>Ceiba speciosa</i>	CL	-	27	40	13	-	-
Euphorbiaceae							
<i>Alchornea triplinervea</i>	CL	-	-	13	-	-	-
<i>Croton floribundus</i>	P	13	80	-	107	-	67
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	CS	-	-	-	-	-	13
Fabaceae-caesalpinioideae							
<i>Hymenaea courbaril</i>	CL	-	-	-	-	-	27
<i>Peltophorum dubium</i>	P	53	93	-	13	48	67
Fabaceae-faboideae							
<i>Dalbergia villosa</i>	P	-	-	-	-	38	-
<i>Erythrina falcata</i>	P	-	13	-	40	-	-
<i>Machaerium hirtum</i>	P	-	-	-	13	-	-
<i>Machaerium nyctitans</i>	P	40	-	-	-	29	-
<i>Myroxylon peruiferum</i>	CS	-	-	-	53	-	-
<i>Platycyamus regnellii</i>	CL	-	-	-	-	10	-

Família/Espécie	GE	Número de indivíduos (ind/ha)					
		5.1	5.2	5.3	10.1	10.2	10.3
Fabaceae-mimosoideae							
<i>Albizia polycephala</i>	P	-	-	-	-	38	-
<i>Anadenanthera colubrina</i>	P	27	13	-	-	-	-
<i>Enterolobium contortisiliquu</i>	P	-	-	40	-	-	-
<i>Inga affinis</i>	P	53	253	267	120	-	200
<i>Platypodium elegans</i>	P	53	-	-	-	-	-
<i>Samanea tubulosa</i>	P	-	53	-	-	-	-
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	CS	-	-	-	-	10	-
Lythraceae							
<i>Lafoensia vandellina</i>	CL	13	-	-	-	-	-
<i>Persea pyrifolia</i>	CL	-	-	-	-	10	-
Malvaceae							
<i>Guazuma ulmifolia</i>	P	253	-	160	293	-	27
<i>Ochroma pyramidale</i>	P	-	-	120	-	-	-
Melastomataceae							
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	CL	-	13	-	-	-	53
Meliaceae							
<i>Cedrela fissilis</i>	CL	-	-	27	27	10	-
Moraceae							
<i>Ficus insipida</i>	P	-	-	-	40	-	133
Myrsinaceae							
<i>Myrsine umbellata</i>	CL	-	-	13	-	10	13
Myrtaceae							
<i>Alibertia edulis</i>	CL	53	-	-	-	-	-
<i>Syzygium jambos</i>	CL	-	-	-	40	-	-
Phyllanthaceae							
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	P	-	-	-	-	10	-
Pinaceae							
<i>Pinus spp.</i>	P	-	-	-	-	38	-
Rhamnaceae							
<i>Hovenia dulcis</i>	CL	-	-	-	-	-	53
Rubiaceae							
<i>Genipa americana</i>	P	-	-	-	40	10	-
Salicaceae							
<i>Casearia sylvestris</i>	P	-	13	-	-	-	-
Sapindaceae							
<i>Cupania vernalis</i>	P	-	-	-	-	19	-
Solanaceae							
<i>Solanum granulosoleprosum</i>	P	-	67	213	-	29	13
Urticaceae							
<i>Cecropia pachystachya</i>	P	-	-	-	13	114	13
Verbenaceae							
<i>Citharexylum myrianthum</i>	P	-	360	267	147	-	93
Total Geral		973	1240	1347	1107	790	1040

APÊNDICE B - Densidade de espécies do estrato regenerante

Tabela 17 – Relação da densidade de espécies (ind/ha) do levantamento do estrato regenerante, com seu respectivo grupo ecológico (GE). Em que P: pioneiras, CL: clímax exigente de luz, CS: clímax tolerante à sombra.

Família/Espécie	GE	Número de indivíduos (ind/ha)					
		5.1	5.2	5.3	10.1	10.2	10.3
Anacardiaceae							
<i>Lithrea molleoides</i>	P	2133	1867	933	800	7143	267
<i>Mangifera indica</i>	P	-	-	-	-	-	133
<i>Schinus terebinthifolia</i>	P	267	133	133	133	-	-
<i>Tapirira guianensis</i>	P	-	400	-	-	-	-
Annonaceae							
<i>Annona dolabripetala</i>	P	-	-	-	133	-	-
<i>Rollinia sylvatica</i>	CL	267	-	-	-	190	-
Areaceae							
<i>Acrocomia aculeata</i>	P	-	-	-	-	667	-
Asteraceae							
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	P	4800	-	133	-	7524	-
<i>Dendropanax cuneatus</i>	CL	-	-	-	-	-	267
<i>Gochnatia polymorpha</i>	P	3067	-	-	-	381	-
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	P	267	133	2533	-	286	267
Bignoniaceae							
<i>Handroanthus albus</i>	CS	-	-	-	-	190	-
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	CL	133	-	-	-	-	-
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	CL	-	-	-	-	1143	-
Boraginaceae							
<i>Cordia trichotoma</i>	CL	133	-	-	-	-	-
Cannabaceae							
<i>Celtis iguanaea</i>	P	-	-	-	-	-	267
Clusiaceae							
<i>Ceiba speciosa</i>	CL	-	-	-	-	-	133
Erythroxylaceae							
<i>Erythroxilum deciduum</i>	P	-	400	-	-	-	133
Euphorbiaceae							
<i>Alchornea triplinervea</i>	CL	-	-	-	933	190	133
<i>Croton floribundus</i>	P	-	-	-	1467	95	-
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	CS	-	267	-	-	-	133
Fabaceae-caesalpinioideae							
<i>Bauhinia forficata</i>	CL	-	-	-	-	95	-
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	P	-	-	-	933	-	-
<i>Copaifera langsdorfii</i>	CS	800	133	400	2800	381	133
<i>Hymenaea courbaril</i>	CL	-	133	-	-	95	-
<i>Peltophorum dubium</i>	P	-	133	-	133	667	-
<i>Piptadenla gonoacantha</i>	P	-	-	-	400	762	-

Família/Espécie	GE	Número de indivíduos (ind/ha)					
		5.1	5.2	5.3	10.1	10.2	10.3
Fabaceae-faboideae							
<i>Dalbergia villosa</i>	P	-	-	-	-	952	-
<i>Machaerium hirtum</i>	P	-	-	-	19867	381	-
<i>Machaerium nyctitans</i>	P	-	-	-	-	286	-
Fabaceae-mimosoideae							
<i>Albizia polycephala</i>	P	-	-	-	-	95	-
<i>Inga affinis</i>	P	-	267	-	400	381	933
<i>Leucaena leucocephala</i>	P	-	-	-	-	-	667
Lauraceae							
<i>Nectandra nitidula</i>	P	400	133	-	667	-	267
Lythraceae							
<i>Persea pyriformis</i>	CL	533	-	-	-	-	-
Malvaceae							
<i>Luehea divaricata</i>	CL	-	-	-	-	95	-
<i>Guazuma ulmifolia</i>	P	-	-	133	133	95	-
Melastomaceae							
<i>Miconia albicans</i>	P	-	-	-	-	4000	-
Meliaceae							
<i>Cedrela fissilis</i>	CL	-	-	-	267	952	-
Moraceae							
<i>Ficus insipida</i>	P	-	-	-	133	-	-
<i>Morus nigra</i>	CL	-	-	-	533	-	-
Myrsinaceae							
<i>Myrsine umbellata</i>	CL	-	267	133	-	286	-
Myrtaceae							
<i>Alibertia edulis</i>	CL	-	400	-	-	-	267
<i>Eugenia candolleana</i>	CL	-	-	-	-	-	4000
<i>Eugenia uniflora</i>	CL	-	-	-	-	-	267
<i>Myrcia splendens</i>	P	-	533	-	533	190	800
<i>Psidium guajava</i>	CL	-	-	-	133	-	-
<i>Syzygium jambos</i>	CL	-	-	-	133	-	267
Pinaceae							
<i>Pinus spp.</i>	P	-	-	-	-	95	-
Piperaceae							
<i>Piper aduncum</i>	CL	-	667	-	133	286	267
Rhamnaceae							
<i>Hovenia dulcis</i>	CL	-	-	-	-	-	133
Rutaceae							
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	CL	-	133	-	133	190	133
Salicaceae							
<i>Casearia sylvestris</i>	P	-	-	133	533	286	400
Sapindaceae							
<i>Cupania vernalis</i>	P	-	-	-	533	95	-

Família/Espécie	GE	Número de indivíduos (ind/ha)					
		5.1	5.2	5.3	10.1	10.2	10.3
Styracaceae							
<i>Styrax camporum</i>	CL	667	400	-	267	1238	-
Urticaceae							
<i>Cecropia pachystachya</i>	P	-	-	-	-	190	-
Verbenaceae							
<i>Aegiphila sellowiana</i>	P	-	133	-	267	-	-
<i>Citharexylum myrianthum</i>	P	-	133	133	-	-	-
Total geral		13467	6667	4667	32400	29905	10267

APÊNDICE C – Parâmetros fitossociológicos do estrato arbóreo (cinco anos de restauração)

Tabela 38 – Parâmetros fitossociológicos do estrato arbóreo como número de indivíduos (Ni), área basal (g), densidade relativa (DeRi), dominância relativa (DoRi), frequência relativa (FrRi), índice de valor de importância (VI) e índice de valor de cobertura (VC) para as áreas com cinco anos de restauração.

Área 5.1 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Alibertia edulis</i>	4	0,047	5,479	0,659	5,479	11,618	6,139
<i>Anadenanthera colubrina</i>	2	0,030	2,740	0,416	2,740	5,896	3,156
<i>Cordia trichotoma</i>	3	0,028	4,110	0,392	4,110	8,611	4,502
<i>Croton floribundus</i>	1	0,044	1,370	0,613	1,370	3,352	1,983
<i>Eremanthus erythropappus</i>	12	0,632	16,438	8,888	16,438	41,764	25,326
<i>Gochnatia polymorpha</i>	1	0,002	1,370	0,030	1,370	2,770	1,400
<i>Guazuma ulmifolia</i>	19	5,522	26,027	77,641	26,027	129,696	103,668
<i>Inga verasubsp. affinis</i>	4	0,093	5,479	1,301	5,479	12,260	6,781
<i>Lafoensia vandellina</i>	1	0,003	1,370	0,048	1,370	2,788	1,418
<i>Lithraea molleoides</i>	6	0,189	8,219	2,659	8,219	19,097	10,878
<i>Machaerium nycitans</i>	3	0,077	4,110	1,086	4,110	9,305	5,195
<i>Peltophorum dubium</i>	4	0,131	5,479	1,848	5,479	12,807	7,327
<i>Platypodium elegans</i>	4	0,076	5,479	1,075	5,479	12,034	6,554
<i>Schinus terebinthifolia</i>	7	0,222	9,589	3,127	9,589	22,305	12,716
<i>Tapirira guianensis</i>	1	0,013	1,370	0,184	1,370	2,923	1,553
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	1	0,002	1,370	0,034	1,370	2,774	1,404

Área 5.2 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Anadenanthera colubrina</i>	1	0,004	1,075	0,028	1,075	2,178	1,103
<i>Casearia sylvestris</i>	1	0,002	1,075	0,015	1,075	2,166	1,091
<i>Ceiba speciosa</i>	2	0,019	2,151	0,121	2,151	4,422	2,271
<i>Citharexylum myrianthum</i>	27	11,757	29,032	74,300	29,032	132,364	103,332
<i>Croton floribundus</i>	6	0,163	6,452	1,032	6,452	13,935	7,484
<i>Erythrina falcata</i>	1	0,004	1,075	0,023	1,075	2,174	1,099
<i>Inga verasubsp. affinis</i>	19	2,007	20,430	12,686	20,430	53,546	33,116
<i>Peltophorum dubium</i>	7	0,213	7,527	1,344	7,527	16,398	8,871
<i>Samanea tubulosa</i>	4	0,245	4,301	1,549	4,301	10,151	5,850
<i>Schinus terebinthifolia</i>	17	1,060	18,280	6,700	18,280	43,259	24,979
<i>Solanum granulosoleprosum</i>	5	0,315	5,376	1,992	5,376	12,744	7,368
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	1	0,003	1,075	0,020	1,075	2,171	1,095
<i>Trema micrantha</i>	2	0,030	2,151	0,191	2,151	4,492	2,341

Área 5.3 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m ²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Alchornea triplinervea</i>	1	0,002	0,990	0,034	0,990	2,014	1,024
<i>Cedrela fissilis</i>	2	0,006	1,980	0,094	1,980	4,055	2,075
<i>Ceiba speciosa</i>	3	0,031	2,970	0,455	2,970	6,396	3,425
<i>Citharexylum myrianthum</i>	20	1,651	19,802	24,087	19,802	63,691	43,889
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	3	0,017	2,970	0,250	2,970	6,191	3,220
<i>Guazuma ulmifolia</i>	12	1,527	11,881	22,284	11,881	46,046	34,165
<i>Inga verasubsp. affinis</i>	20	0,773	19,802	11,283	19,802	50,887	31,085
<i>Myrsine umbellata</i>	1	0,000	0,990	0,002	0,990	1,982	0,992
<i>Ochroma pyramidale</i>	9	2,017	8,911	29,433	8,911	47,255	38,344
<i>Schinus terebinthifolia</i>	7	0,053	6,931	0,776	6,931	14,637	7,707
<i>Solanum granulosoleprosum</i>	16	0,505	15,842	7,365	15,842	39,048	23,207
<i>Tapirira guianensis</i>	2	0,004	1,980	0,059	1,980	4,020	2,039
<i>Trema micrantha</i>	5	0,266	4,950	3,878	4,950	13,779	8,828

APÊNDICE D – Parâmetros fitossociológicos do estrato arbóreo (dez anos de restauração)

Tabela 19 - Parâmetros fitossociológicos do estrato arbóreo como número de indivíduos (Ni), área basal (g), densidade relativa (DeRi), dominância relativa (DoRi), frequência relativa (FrRi), índice de valor de importância (VI) e índice de valor de cobertura (VC) para as áreas com dez anos de restauração.

Área 10.1 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Calophyllum brasiliensls</i>	1	0,002	1,205	0,011	1,205	2,421	1,216
<i>Cecropia pachystachya</i>	1	0,025	1,205	0,137	1,205	2,547	1,342
<i>Cedrela fissilis</i>	2	0,013	2,410	0,074	2,410	4,893	2,483
<i>Ceiba speciosa</i>	1	0,081	1,205	0,446	1,205	2,856	1,651
<i>Citharexylum myrianthum</i>	11	2,721	13,253	14,960	13,253	41,466	28,213
<i>Croton floribundus</i>	8	1,922	9,639	10,567	9,639	29,845	20,206
<i>Erythrina falcata</i>	3	0,348	3,614	1,911	3,614	9,140	5,525
<i>Ficus insipida</i>	3	0,065	3,614	0,359	3,614	7,588	3,973
<i>Genipa americana</i>	3	0,035	3,614	0,193	3,614	7,422	3,808
<i>Guazuma ulmifolia</i>	22	10,539	26,506	57,933	26,506	110,945	84,439
<i>Inga verasubsp. affinis</i>	9	1,178	10,843	6,474	10,843	28,161	17,317
<i>Lithraea molleoides</i>	2	0,018	2,410	0,097	2,410	4,916	2,507
<i>Machaerium hirtum</i>	1	0,004	1,205	0,024	1,205	2,434	1,229
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	2	0,016	2,410	0,085	2,410	4,905	2,495
<i>Myroxylon peruiferum</i>	4	0,994	4,819	5,466	4,819	15,105	10,286
<i>Peltophorum dubium</i>	1	0,026	1,205	0,142	1,205	2,552	1,347
<i>Schinus terebinthifolia</i>	6	0,158	7,229	0,870	7,229	15,328	8,099
<i>Syzygium jambos</i>	3	0,045	3,614	0,249	3,614	7,478	3,864

Área 10.2 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Acrocomia aculeata</i>	2	0,010	2,410	0,275	2,410	5,094	2,685
<i>Albizia polycephala</i>	4	0,041	4,819	1,154	4,819	10,793	5,973
<i>Calophyllum brasiliensls</i>	2	0,007	2,410	0,202	2,410	5,021	2,612
<i>Cecropia pachystachya</i>	12	0,893	14,458	25,200	14,458	54,115	39,658
<i>Cedrela fissilis</i>	1	0,010	1,205	0,275	1,205	2,685	1,480
<i>Cupania vernalis</i>	2	0,017	2,410	0,482	2,410	5,301	2,892
<i>Dalbergia villosa</i>	4	0,108	4,819	3,060	4,819	12,699	7,879
<i>Genipa americana</i>	1	0,002	1,205	0,059	1,205	2,469	1,264
<i>Gochnatia polymorpha</i>	1	0,006	1,205	0,164	1,205	2,573	1,368
<i>Handroanthus albus</i>	4	0,396	4,819	11,164	4,819	20,803	15,984
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	1	0,006	1,205	0,176	1,205	2,586	1,381
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	4	0,528	4,819	14,886	4,819	24,524	19,705
<i>Lithraea molleoides</i>	10	0,469	12,048	13,224	12,048	37,320	25,272

Área 10.2 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m ²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Machaerium nycitans</i>	3	0,204	3,614	5,747	3,614	12,976	9,362
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	3	0,034	3,614	0,949	3,614	8,177	4,563
<i>Myrsine umbellata</i>	1	0,002	1,205	0,061	1,205	2,471	1,266
<i>Peltophorum dubium</i>	5	0,223	6,024	6,290	6,024	18,338	12,314
<i>Persea pyrifolia</i>	1	0,003	1,205	0,073	1,205	2,482	1,278
<i>Pinus spp.</i>	4	0,089	4,819	2,499	4,819	12,137	7,318
<i>Platycyamus regnellii</i>	1	0,013	1,205	0,368	1,205	2,778	1,573
<i>Schinus terebinthifolia</i>	9	0,290	10,843	8,190	10,843	29,877	19,033
<i>Solanum granulosoleprosum</i>	3	0,052	3,614	1,480	3,614	8,709	5,095
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	1	0,005	1,205	0,140	1,205	2,550	1,345
<i>Tapirira guianensis</i>	4	0,138	4,819	3,882	4,819	13,521	8,701

Área 10.3 - Estrato arbóreo							
Nome científico	Ni	g (m ²)	DeRi (%)	DoRi (%)	FrRi (%)	VI	VC
<i>Peltophorum dubium</i>	5	0,256	6,410	2,576	6,410	15,397	8,987
<i>Lithraea molleoides</i>	6	0,358	7,692	3,594	7,692	18,978	11,286
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	7	0,534	8,974	5,364	8,974	23,313	14,338
<i>Schinus terebinthifolia</i>	6	0,413	7,692	4,152	7,692	19,537	11,844
<i>Croton floribundus</i>	5	0,374	6,410	3,757	6,410	16,577	10,167
<i>Cecropia pachystachya</i>	1	0,006	1,282	0,056	1,282	2,620	1,338
<i>Ficus insipida</i>	10	2,865	12,821	28,786	12,821	54,427	41,606
<i>Solanum granulosoleprosum</i>	1	0,027	1,282	0,269	1,282	2,833	1,551
<i>Inga verasubsp. affinis</i>	15	3,342	19,231	33,580	19,231	72,042	52,811
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	1	0,008	1,282	0,077	1,282	2,641	1,359
<i>Hymenaea courbaril</i>	2	0,016	2,564	0,158	2,564	5,287	2,722
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1	0,003	1,282	0,033	1,282	2,597	1,315
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	0,098	2,564	0,981	2,564	6,109	3,545
<i>Citharexylum myrianthum</i>	7	1,272	8,974	12,778	8,974	30,726	21,752
<i>Myrsine umbellata</i>	1	0,008	1,282	0,082	1,282	2,646	1,364
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	4	0,074	5,128	0,748	5,128	11,005	5,877
<i>Hovenia dulcis</i>	4	0,299	5,128	3,009	5,128	13,266	8,138

APÊNDICE E – Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante (cinco anos de restauração)

Tabela 20 - Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante como número de indivíduos (Ni), densidade relativa (DeRi) e frequência relativa (FrRi) para as áreas com cinco anos de restauração.

Área 5.1 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	36	35,644	0,3564
<i>Copaifera langsdorffii</i>	6	5,941	0,0594
<i>Cordia trichotoma</i>	1	0,990	0,0099
<i>Gochnatia polymorpha</i>	23	22,772	0,2277
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	1	0,990	0,0099
<i>Lithraea molleoides</i>	16	15,842	0,1584
<i>Nectandra nitidula</i>	3	2,970	0,0297
<i>Persea pyrifolia</i>	4	3,960	0,0396
<i>Rollinia sylvatica</i>	2	1,980	0,0198
<i>Schinus terebinthifolia</i>	2	1,980	0,0198
<i>Styrax camporum</i>	5	4,950	0,0495
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	2	1,980	0,0198
Área 5.2 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Aegiphila sellowiana</i>	1	2	0,02
<i>Alibertia edulis</i>	3	6	0,06
<i>Citharexylum myrianthum</i>	1	2	0,02
<i>Copaifera langsdorffii</i>	1	2	0,02
<i>Erythroxylum deciduum</i>	3	6	0,06
<i>Hymenaea courbaril</i>	1	2	0,02
<i>Inga verasubsp</i>	2	4	0,04
<i>Lithraea molleoides</i>	14	28	0,28
<i>Myrcia splendens</i>	4	8	0,08
<i>Myrsine umbellata</i>	2	4	0,04
<i>Nectandra nitidula</i>	1	2	0,02
<i>Peltophorum dubium</i>	1	2	0,02
<i>Piper aduncum</i>	5	10	0,1
<i>Schinus terebinthifolia</i>	1	2	0,02
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	2	4	0,04
<i>Styrax camporum</i>	3	6	0,06
<i>Tapirira guianensis</i>	3	6,00	0,06
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	1	2,00	0,02
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	1	2,00	0,02

Área 5.3 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	1	2,857	0,029
<i>Casearia sylvestris</i>	1	2,857	0,029
<i>Citharexylum myrianthum</i>	1	2,857	0,029
<i>Copaifera langsdorffii</i>	3	8,571	0,086
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1	2,857	0,029
<i>Lithraea molleoides</i>	7	20,000	0,200
<i>Myrsine umbellata</i>	1	2,857	0,029
<i>Schinus terebinthifolia</i>	1	2,857	0,029
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	19	54,286	0,543

APÊNDICE F – Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante (dez anos de restauração)

Tabela 21 - Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante como número de indivíduos (Ni), densidade relativa (DeRi) e frequência relativa (FrRi) para as áreas com dez anos de restauração.

Área 10.1 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Aegiphila sellowian</i>	2	0,823	0,008
<i>Alchornea triplinervea</i>	7	2,881	0,029
<i>Annona dolabripetala</i>	1	0,412	0,004
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	7	2,881	0,029
<i>Casearia sylvestris</i>	4	1,646	0,016
<i>Cedrela fissilis</i>	2	0,823	0,008
<i>Copaifera langsdorffii</i>	21	8,642	0,086
<i>Croton floribundus</i>	11	4,527	0,045
<i>Cupania vernalis</i>	4	1,646	0,016
<i>Ficus insipida</i>	1	0,412	0,004
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1	0,412	0,004
<i>Inga verasubsp. affinis</i>	3	1,235	0,012
<i>Lithraea molleoides</i>	6	2,469	0,025
<i>Machaerium hirtum</i>	149	61,317	0,613
<i>Morus nigra</i>	4	1,646	0,016
<i>Myrcia splendens</i>	4	1,646	0,016
<i>Nectandra nitidula</i>	5	2,058	0,021
<i>Peltophorum dubium</i>	1	0,412	0,004
<i>Piper aduncum</i>	1	0,412	0,004
<i>Piptadenla gonoacantha</i>	3	1,235	0,012
<i>Psidium guajava</i>	1	0,412	0,004
<i>Schinus terebinthifolia var. acutifolia</i>	1	0,412	0,004
<i>Styrax camporum</i>	2	0,823	0,008
<i>Syzygium jambos</i>	1	0,412	0,004
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	1	0,412	0,004

Área 10.2 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Acrocomia aculeata</i>	7	2,23	0,02
<i>Albizia polycephala</i>	1	0,32	0,00
<i>Alchornea triplinervea</i>	2	0,64	0,01
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	79	25,16	0,25
<i>Bauhinia forficata</i>	1	0,32	0,00
<i>Casearia sylvestris</i>	3	0,96	0,01

Área 10.2 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Cecropia pachystachya</i>	2	0,64	0,01
<i>Cedrela fissilis</i>	10	3,18	0,03
<i>Copaifera langsdorffii</i>	4	1,27	0,01
<i>Croton floribundus</i>	1	0,32	0,00
<i>Cupania vernalis</i>	1	0,32	0,00
<i>Dalbergia villosa</i>	10	3,18	0,03
<i>Gochnatia polymorpha</i>	4	1,27	0,01
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1	0,32	0,00
<i>Handroanthus albus</i>	2	0,64	0,01
<i>Hymenaea courbaril</i>	1	0,32	0,00
<i>Inga verasubsp. affinis</i>	4	1,27	0,01
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	12	3,82	0,04
<i>Lithrea molleoides</i>	75	23,89	0,24
<i>Luehea divaricata</i>	1	0,32	0,00
<i>Machaerium hirtum</i>	4	1,27	0,01
<i>Machaerium nyctitans</i>	3	0,96	0,01
<i>Miconia albicans</i>	42	13,38	0,13
<i>Myrcia splendens</i>	2	0,64	0,01
<i>Myrsine umbellata</i>	3	0,96	0,01
<i>Peltophorum dubium</i>	2	0,64	0,01
<i>Peltophorum dubium</i>	5	1,59	0,02
<i>Pinus spp.</i>	1	0,32	0,00
<i>Piper aduncum</i>	3	0,96	0,01
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	8	2,55	0,03
<i>Rollinia sylvatica</i>	2	0,64	0,01
<i>Styrax camporum</i>	13	4,14	0,04
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	3	0,96	0,01
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	2	0,64	0,01

Área 10.3 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Eugenia candolleana</i>	30	38,961	0,390
<i>Alchornea triplinervea</i>	1	1,299	0,013
<i>Alibertia edulis</i>	2	2,597	0,026
<i>Casearia sylvestris</i>	3	3,896	0,039
<i>Ceiba speciosa</i>	1	1,299	0,013
<i>Celtis iguanaea</i>	2	2,597	0,026
<i>Copaifera langsdorffii</i>	1	1,299	0,013
<i>Dendropanax cuneatus</i>	2	2,597	0,026
<i>Erythroxylum deciduum</i>	1	1,299	0,013
<i>Eugenia uniflora</i>	2	2,597	0,026

Área 10.3 - Estrato Regenerante			
Nome científico	Ni	DeRi (%)	FrRi (%)
<i>Hovenia dulcis</i>	1	1,299	0,013
<i>Inga verasubsp. affinis</i>	7	9,091	0,091
<i>Lithraea molleoides</i>	2	2,597	0,026
<i>Mangifera indica</i>	1	1,299	0,013
<i>Myrcia splendens</i>	6	7,792	0,078
<i>Nectandra nitidula</i>	2	2,597	0,026
<i>Piper aduncum</i>	2	2,597	0,026
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1	1,299	0,013
<i>Syzygium jambos</i>	2	2,597	0,026
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	2	2,597	0,026
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	1	1,299	0,013