



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**ROBERTINO DOMINGUES DA SILVA**

**INDICADORES DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL EM DIFERENTES  
COBERTURAS FLORESTAIS, ALEGRE - ES**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES  
ABRIL - 2012

ROBERTINO DOMINGUES DA SILVA

**INDICADORES DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL EM DIFERENTES  
COBERTURAS FLORESTAIS, ALEGRE - ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sustanis Horn Kunz

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

ABRIL – 2012

**Dissertação 0043**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

S586i Silva, Robertino Domingues da, 1984-  
Indicadores de recuperação ambiental em diferentes coberturas florestais, Alegre - ES / Robertino Domingues da Silva. – 2012.  
61 f. : il.

Orientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira.  
Coorientador: Sustanis Horn Kunz.  
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Mata Atlântica. 2. Floresta – Reprodução. 3. Floresta – Restauração. 4. Serapilheira. 5. Solos florestais. 6. Alegre (ES) – Indicadores ambientais. I. Caldeira, Marcos Vinicius Winckler. II. Kunz, Sustanis Horn. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 630

---

**INDICADORES DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL EM DIFERENTES  
COBERTURAS FLORESTAIS, ALEGRE - ES**

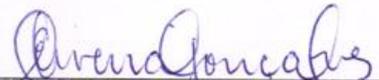
**Robertino Domingues da Silva**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 12 de Janeiro de 2012.



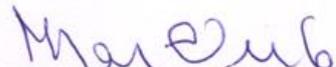
Prof. Dr. Otacílio José Passos Rangel  
IFES-Campus de Alegre  
Membro Externo



Profª. Drª. Elzimar de Oliveira Gonçalves  
CCA/UFES  
Membro Externo



Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva  
CCA/UFES  
Membro Interno



Prof. Dr. Marcos Vinícius Winckler Caldeira  
CCA/UFES  
Orientador

“Jamais perca o seu equilíbrio, por mais forte que seja o vento da tempestade, busque no interior o abrigo”

(Ponto de Equilíbrio)

## **Dedico**

“A minha eterna Vó Ruti, que infelizmente não pode presenciar toda essa caminhada, mas que muito me apoiou e ensinou com sua vida de simplicidade, bondade e amor”.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores e funcionários do CCA - UFES e Departamento de Engenharia Florestal. Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo. A Fibria S/A, pela bolsa concedida durante parte do meu mestrado.

Ao meu orientador, Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Marcos Vinícius Winckler Caldeira e a Coorientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sustanis Horn Kunz, pela orientação, compreensão e atenção.

Ao professor Mauro Eloi Nappo pelas dicas e conselhos.

Aos companheiros de coletas em campo, peões... João Paulo Fernandes, meus irmãos Igor e Victor, Pizzol, Davi, Michael, Rachel, Ademar, Danilo, Lucio Leoni, Tiago Godinho. A Yhasmin e Tiago Tuler pela ajuda com os mapas.

Aos Professores Nilton e Minette, que me receberam muito bem e me deram muita força no começo.

Aos amigos estudantes da graduação e da pós.

A minha família, minha esposa e meus amigos, sempre presentes em minha vida e dispostos a ajudar.

A Prefeitura Municipal de Alegre, ES e a Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente (SEMAGMA) e seus funcionários, inclusive os funcionários da ARIE.

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência técnica e extensão rural – Incaper, especialmente aos funcionários do Laboratório de pesquisa e rotina de solos e nutrição de plantas (CRDR – Centro Serrano), pela parceria necessária a realização das análises químicas.

**Valeu!!!**

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVO GERAL .....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1. O BIOMA MATA ATLÂNTICA .....	4
2.2. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS .....	5
2.3. INDICADORES DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL .....	7
<b>2.3.1. Regeneração natural.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3.2. Serapilheira acumulada.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.3. Indicadores químicos de qualidade de solos florestais .....</b>	<b>11</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	16
3.2. ALOCAÇÃO DE PARCELAS .....	16
3.3. ANÁLISE DA REGENERAÇÃO NATURAL.....	17
3.4. ANÁLISE DA SERAPILHEIRA ACUMULADA.....	21
3.5. ANÁLISE DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO .....	22
3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	22
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
4.1. ANÁLISE DA REGENERAÇÃO NATURAL.....	23
4.2. ANÁLISE DA SERAPILHEIRA ACUMULADA.....	32
<b>4.2.1. Biomassa .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.2. Teores de macro e micronutrientes e carbono orgânico .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.3. Acúmulo de macro e micronutrientes na serapilheira.....</b>	<b>36</b>
4.3. ANÁLISE DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO .....	39
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

## RESUMO

SILVA, Robertino Domingues da. **Indicadores de recuperação ambiental em diferentes coberturas florestais, Alegre – ES.** 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sustanis Horn Kunz.

Este estudo teve como objetivo avaliar a regeneração natural, biomassa e nutrientes da serapilheira e os atributos químicos do solo, como indicadores de recuperação ambiental em uma Unidade de Conservação localizada no município de Alegre, ES. As atividades em campo foram realizadas entre setembro de 2010 e março de 2011, usando-se como tratamentos, três diferentes coberturas florestais inseridas na Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Laerth Paiva Gama, sendo uma Mata Nativa (MN), um Reflorestamento de Eucalipto e Acácia (REA) e um Reflorestamento de Espécies Diversas (RED). A regeneração natural foi avaliada pela florística e fitossociologia dos indivíduos; a serapilheira acumulada, pela quantidade de biomassa, teores e acúmulo de nutrientes em duas épocas de coleta, a primeira no final da estação seca e a segunda no final da estação chuvosa; e, os atributos químicos do solo, pela análise da fertilidade em duas profundidades, de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Na regeneração natural das coberturas observou-se uma diversidade florística baixa para REA e um pouco maior para MN e RED, elevada dominância de poucas espécies, a equabilidade foi semelhante entre as coberturas e apenas a espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. foi similar entre as mesmas. Em todas as coberturas, a quantidade de biomassa foi maior na estação seca e os valores seguiram a ordem decrescente na quantidade de biomassa em ambas as coletas: REA > RED > MN. Os teores de potássio, magnésio e boro, foram mais altos também na estação seca, enquanto o nitrogênio, fósforo, cálcio, enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco, e o teor de carbono orgânico só diferiram entre as coberturas. O acúmulo de nutrientes foi maior na estação seca, corroborando também com o maior acúmulo de biomassa. A ordem decrescente de macronutrientes acumulados para a coleta realizada na estação seca foi na MN e REA: N > Ca > K > Mg > S > P e na RED: N > Ca > Mg > K > S > P. Na estação chuvosa a ordem decrescente foi N > Ca > S > Mg > K > P para a MN, bem como N > Ca > Mg > S > K > P para REA e por fim, N > Ca > Mg > S = K > P para a RED. Os micronutrientes apresentaram a ordem Fe > Mn > B > Zn > Cu na estação seca. Enquanto na estação chuvosa apresentaram a mesma ordem para a MN e REA, sendo Fe > Mn > B > Zn > Cu, já para a RED foi Fe > Mn > Zn > B > Cu.

**Palavras-chave:** Indicadores, Regeneração natural, Restauração florestal, Serapilheira, Solos florestais.

## ABSTRACT

SILVA, Robertino Domingues da. **Indicators of environmental recovery in different forest covers, Alegre – ES**. 2012. Dissertation (Master's degree on Forest Science) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Adviser: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Co-adviser: Prof.a Dr.a Sustanis Horn Kunz.

This study aimed to evaluate the natural regeneration, biomass and nutrients from the litter and soil chemical properties, as indicators of environmental recovery in a conservation area on the municipality of Alegre, ES. The field activities were conducted between September 2010 and March 2011, using as treatments, three different forest covers included on the Area of Ecological Interest (ARIE) Laerth Paiva Gama, being a Native Forest (MN), a reforestation of eucalyptus and acacia (REA) and Reforestation of various species (RED). Natural regeneration was evaluated by floristic and phytosociology of individuals, accumulated litter, the amount of biomass, nutrient content and accumulation in two collection periods, the first in the late dry season and the second in the late rainy season, and the soil chemical properties, analysis of fertility in two depths, 0 - 20 cm and 20 - 40 cm. In the natural regeneration of the coverage there was a low floristic diversity for REA and somewhat higher for MN and RED, high dominance of few species, equability was similar between the covers and just kind *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. was similar between them. In all the covers, the quantity of biomass was greater in the dry season and followed values decreasing the amount of biomass in both samples, REA > RED > MN. The levels of potassium, magnesium and boron, were also higher in the dry season, while the nitrogen, phosphorus, calcium, sulfur, copper, iron, manganese and zinc, and organic carbon content differed only between the covers. The accumulation of nutrients was higher in the dry season, also corroborating with the highest accumulation of biomass. The decreasing order of macronutrients accumulated for collection was performed in the dry season in MN and REA: N > Ca > K > Mg > S > P and RED: N > Ca > Mg > K > S > P. In the rainy season the decreasing order was N > Ca > S > Mg > K > P to MN, and N > Ca > Mg > S > K > P for REA and finally, N > Ca > Mg > K = S > P for RED. Micronutrients were the order Fe > Mn > B > Zn > Cu in the dry season. While the rainy season showed the same order for the MN and REA, and Fe > Mn > B > Zn > Cu, while for the RED was Fe > Mn > Zn > B > Cu.

Keywords: Indicators, Natural regeneration, Forest Restoration, Litter, forest soils.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país privilegiado pela qualidade e exuberância de suas florestas tropicais, apresentando diversos biomas por sua extensa área territorial. No entanto, desde o seu descobrimento teve uma ocupação caracterizada pelo modelo predatório, levando a uma rápida destruição de grande parte dos recursos naturais, em especial as florestas. O grande atrativo para os exploradores foi o pau-brasil, depois vieram os ciclos econômicos do açúcar e do café que diminuíram ainda mais a Mata Atlântica (PIOLLI et al., 2004).

Considerada um dos biomas mais importantes do mundo, a Mata Atlântica é detentora de enorme diversidade biológica e alto grau de endemismos. Este fato, associado ao alto grau de degradação do bioma o classifica como um dos maiores “hotspots” do mundo. O Espírito Santo tinha originalmente quase 100% de sua superfície coberta por Mata Atlântica, enquanto atualmente, apresenta aproximadamente 11% de sua cobertura original, se apresentando distribuídos em pequenos fragmentos isolados, sendo, portanto, necessárias medidas urgentes para sua conservação e restauração (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2010).

Estudos já realizados permitem concluir que a fragmentação de florestas tropicais é a maior ameaça à biodiversidade, mas que esse processo é uma realidade atual que vem aumentando nas últimas décadas em função das altas taxas de desmatamento (WHITMORE, 1997; GODINHO, 2011).

No entanto, recuperar uma área degradada não é um processo simples, pois esta teve eliminada, a vegetação e os seus meios de regeneração, impedindo, assim, o retorno do ecossistema à condição inicial, sendo necessária, portanto uma intervenção antrópica para que sejam reestabelecidos os meios de regeneração. Assim, possibilita-se a recuperação da área, tendendo à condição original, preexistente ou a algum estado estável permanente (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001; FERREIRA, 2006)

Jordan (1985) indica princípios importantes em um manejo adequado para áreas em cultivo ou exploração, sendo: i) existe um limite para a intensidade, tamanho e duração da perturbação que um ecossistema pode

suportar, mantendo ainda sua produtividade e capacidade de recuperação; ii) espécies nativas são na maioria das vezes mais eficazes na manutenção da capacidade produtiva de um local, ou de restaurar a fertilidade do solo, pois são naturalmente adaptadas às condições locais, e; iii) os nutrientes são muito susceptíveis de serem críticos, ou seja, é um fator limitante para a produção.

Atualmente, podem ser descritos inúmeros indicadores, que devem representar as condições do meio, como análises de solo, ciclagem de nutrientes, estrutura da vegetação, diversidade e dispersão de sementes (MARTINS, 2001).

No Brasil, ainda são poucos os trabalhos que tratam da avaliação do sucesso de reflorestamentos e da eficiência das técnicas utilizadas até então (FERREIRA, 2006).

As florestas plantadas com destinação comercial ou mesmo para recuperação devem ser bem manejadas, pois caso contrário, podem gerar impactos severos sobre os ciclos da água, dos nutrientes e sobre o equilíbrio ecológico dos ecossistemas naturais adjacentes se não forem tomadas as medidas adequadas de monitoramento, (POGGIANI et al, 1998).

Alguns pesquisadores vêm estudando sobre avaliação de indicadores de restauração florestal realizados em outros estados, como Reis (2006) no PA e Ferreira (2006) em MG, no entanto, existe uma carência, principalmente na região sul do Espírito Santo, onde pouco se sabe sobre o sucesso de projetos de restauração que foram implementados nas décadas passadas.

Para verificar se os reflorestamentos conseguirão, efetivamente, constituir novamente um ecossistema, capaz de se regenerar e abrigar a fauna, assim como as florestas naturais, mais estudos são necessários para que se possa entender melhor os processos de uma floresta natural e conseguir reproduzi-los em florestas plantadas com esse objetivo (FERREIRA, 2006).

## 1.1. OBJETIVO GERAL

Analisar indicadores de recuperação ambiental em trechos de floresta nativa e de reflorestamentos mistos na Área de Relevante Interesse Ecológico Laerth Paiva Gama, município de Alegre - ES.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar e interpretar em três diferentes coberturas florestais, sendo Mata Nativa (MN), Reflorestamento de Eucalipto e Acácia (REA) e Reflorestamento de espécies diversas (RED):

- Os parâmetros da florística e fitossociologia da regeneração natural e a diversidade florística;
- Quantificar a biomassa e o acúmulo de nutrientes na serapilheira acumulada; e,
- Os atributos químicos do solo.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. O BIOMA MATA ATLÂNTICA**

Bioma pode ser definido como um conjunto de vida (vegetal e animal) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta em uma diversidade biológica própria (IPEMA, 2005).

O Brasil, por sua extensa área, apresenta características peculiares, de acordo com cada região, classificados originalmente em 6 biomas continentais, apresentados pelo IBGE (2004) como Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa.

A alta diversidade de espécies das florestas tropicais permite entender que a diferença em relação a biomas com baixa diversidade nos climas temperados é a grande interação entre as plantas, os animais e os microrganismos, constatando que a grande maioria das espécies arbóreas tropicais é polinizada por insetos, morcegos e beija-flores e que, animais frugívoros podem dispersar também as sementes (BAWA et al. 1985; BARBOSA, 2006).

O bioma Mata Atlântica, é um complexo e exuberante conjunto de ecossistemas de grande importância por abrigar uma parcela significativa da diversidade biológica do Brasil. É também um dos biomas mais ameaçados do mundo devido às constantes agressões ou ameaças de destruição dos habitats (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2010), agravados pela grande concentração populacional, sendo a região de grandes metrópoles, sofrendo com a elevada taxa de expansão e poluição.

A Mata Atlântica apresenta diversas fitofisionomias florestais, que são classificados em Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual, e; Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste (BRASIL, 2006).

O município de Alegre, na região sul do estado do Espírito Santo, tem a maior parte de seu território sob a Floresta Estacional Semidecidual, que se caracteriza pela dupla estacionalidade climática, representada por uma seca, que pode ser chamada seca fisiológica provocada pelas baixas temperaturas do inverno, e outra de chuvas intensas e elevadas temperaturas. A percentagem das árvores que perdem as folhas no conjunto florestal situa-se entre 20 e 50% (IBGE, 1992).

As características intrínsecas de cada tipo de cobertura florestal fazem com que alguns resultados possam ser em parte explicados, daí a importância em se diferenciar as fitofisionomias e entender a sazonalidade estacional ao qual a comunidade vegetal está submetida.

## 2.2. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Uma das principais consequências do elevado nível de perturbações antrópicas nos ecossistemas naturais é a sua fragmentação (LIMA, 2008), que segundo Primack, (2001), é o processo em que uma grande ou contínua área é tanto diminuída em tamanho, quanto dividida em dois ou mais fragmentos sendo frequentemente isolados uns dos outros por paisagens modificadas ou degradadas. Essa situação se torna ainda mais crítica quando o grau de isolamento entre os fragmentos é elevado, pois isso afeta a probabilidade de trocas de indivíduos (migração) com fragmentos vizinhos, comprometendo assim, a persistência das populações e dificultado o fluxo gênico e a propagação das espécies (LIMA, 2008). Deste modo, alguns fragmentos tornaram-se muito susceptíveis à degradação, diante de algum fator de perturbação natural ou antrópica.

As áreas propensas a serem recuperadas, representam importante papel na formação de corredores ecológicos, ocupando áreas antes degradadas, favorecendo assim a ligação entre fragmentos isolados. A união de fragmentos é uma estratégia para mitigar os efeitos da fragmentação e das pressões antrópicas (BERGHER, 2008). Os corredores ecológicos têm como principal função, proporcionar o intercâmbio e incrementar as possibilidades de movimento de indivíduos de populações (da fauna e da flora) que se encontram

isoladas, em busca de áreas de habitat mais propício à sua sobrevivência. Com isso, é possível aumentar a área efetiva de habitat para a fauna, melhorando os vínculos entre a fauna e o habitat (AYRES et al.,2005; DÁRIO; ALMEIDA, 2000).

Segundo Moreira (2004), uma área pode ser considerada degradada, quando, após algum distúrbio perdeu seus meios de regeneração natural, ou seja, perdeu parcial ou totalmente sua capacidade de resiliência, sendo necessária a ação antrópica para acelerar a sua recuperação. Já aquela que sofreu distúrbio, mas manteve seus meios de regeneração biótica, pode ser caracterizada como área perturbada ou alterada, assim a intervenção humana apenas acelera o processo de recuperação. O autor afirma ainda que a avaliação da degradação ou perturbação do ambiente é fator determinante para o planejamento de sua recuperação, que deve levar em consideração o tipo, o grau e a intensidade dos distúrbios.

Os projetos de recuperação de áreas degradadas têm o propósito de estabelecer uma vegetação que possa atenuar os agravantes da degradação do solo, restabelecer um equilíbrio dinâmico no local degradado e retomar algumas características do ambiente natural da área. De acordo com o objetivo de um projeto de recuperação pode-se considerá-lo como de restauração quando a intenção é restabelecer as características mais próximas possíveis da floresta original (RODRIGUES; GANDOLFI, 1998). Porém, se o objetivo não é retornar ao estado original, mas sim a um “estado estável alternativo” ou “intermediário”, o termo mais adequado é reabilitação (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001).

Os projetos de restauração em geral, devem estipular em seu cronograma um prazo para monitoramento após a execução das atividades de plantio e demais intervenções, podendo esse prazo, ser definitivo para o seu sucesso ou fracasso. O sucesso do projeto deve ser avaliado por meio de indicadores da recuperação do ambiente, através dos quais, é possível definir a necessidade de determinado projeto sofrer novas interferências ou até mesmo ser redirecionado, visando acelerar o processo de sucessão e de restauração (MARTINS, 2001).

### 2.3. INDICADORES DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

Nas últimas décadas tem aumentado muito a utilização de plantios de essências florestais para recuperar as áreas perturbadas ou degradadas, porém, o acompanhamento desses projetos e a avaliação dessas áreas ainda são falhos, no que diz respeito ao conhecimento das características desse novo ecossistema.

No estudo das áreas submetidas à recuperação, algumas considerações devem ser entendidas, como os princípios, que são metas a serem alcançadas e junto com os critérios, devem apontar “o que” está sendo analisado, enquanto os indicadores e verificadores devem indicar “se” e “até que ponto” a meta foi atendida. O critério é algo que pode ser medido, ou seja, é a categoria de informação a ser verificada através dos indicadores (FSC, 1998; COTA, 2000).

Assim, o Forest Stewardship Council (FSC) (1998) define indicadores como parâmetros qualitativos ou quantitativos que podem ser verificados em relação a um critério. Indicadores descrevem uma característica objetiva, não ambígua, verificável do ecossistema ou sistema social relacionado. Por isso, geralmente vários indicadores são elaborados para cada critério. São eles que dão aos critérios a viabilidade de verificação objetiva, sendo elaborados de forma que fiquem entre a acuidade científica e a necessidade de informação concisa e de verificação simples. Os indicadores devem geralmente permitir que se chegue a um veredicto (COTA, 2000), e suas variáveis podem ser avaliadas repetidamente ao longo do tempo (POGGIANI et al, 1998).

Um indicador deve ter um parâmetro para comparação, afinal, pode ser uma forma de saber o quanto um ecossistema é parecido com o outro. Por exemplo, se uma floresta é plantada com intenção de restauração, os indicadores devem indicar a existência de semelhança com florestas nativas, pois esse era o objetivo inicial. O indicador serve também para indicar se o ambiente está sustentável, ou seja, as condições ecológicas encontradas permitem que ele se desenvolva e se mantenha sem a influência antrópica, regenerando-se naturalmente e produzindo um habitat e condições para a fauna e flora se estabelecerem e disseminarem no ecossistema.

Martins (2001) cita que vários estudos têm proposto indicadores de avaliação da recuperação, sendo sugeridos, por exemplo, alguns insetos como formigas, cupins, vespas, abelhas e besouros, além da meso e macrofauna presente nos solos nas diferentes etapas de sucessão na recuperação, que serviria como indicador para cada etapa. Relata também alguns indicadores de mensuração relativamente fácil quando comparados com outros bioindicadores, como a regeneração natural, banco de sementes, abertura de dossel, produção de serapilheira e chuva de sementes.

Alguns indicadores podem surgir também de associações entre outros dois ou mais, como o solo e a serapilheira, podendo-se analisar qual a contribuição da serapilheira presente acima do solo em relação aos nutrientes e suas quantidades no solo, além da matéria orgânica.

Os indicadores são gerados por um processo de criatividade, baseando-se na motivação, informação e flexibilidade, condicionados, entretanto pela disponibilidade financeira e de tempo. A seleção dos indicadores é o momento mais importante, e a partir de critérios e padrões comuns é possível uma comparação adequada (BECERRA, 2003; VIVAN; FLORIANI, 2004)

### **2.3.1. Regeneração natural**

A seleção de espécies é primordial na implantação de um projeto de recuperação, essas espécies devem ser de ocorrência natural na região, pois assim já são adaptadas ao ambiente e poderão se estabelecer, crescer e sobreviver. Também têm que ser capazes de se estabelecer rapidamente, mesmo em condições temporariamente modificadas e ser compatíveis com outras espécies, não devendo apresentar alelopatia com as mesmas (REIS, 2006).

Muitos reflorestamentos realizados para recuperar áreas perturbadas ou alteradas foram implantados incluindo espécies alóctones, principalmente exóticas, que acabaram se tornando invasoras. Assim, alguns projetos executados englobando o uso de tais espécies, se tornaram ambientes desequilibrados, com dominância das exóticas, que acabaram por inibir o

desenvolvimento de espécies naturais desses ambientes (SILVA et al., 2010). Segundo Espíndola et al. (2005) este tipo de ação compromete o funcionamento de um ambiente ecologicamente equilibrado, ameaçando de extinção espécies da flora regional por impedir o processo de regeneração das mesmas.

A regeneração das espécies vegetais é um processo que ocorre naturalmente, no qual cada espécie desenvolve características próprias, em sintonia com as condições ambientais (GANDOLFI, 1991). Poggiani (1989) cita que a regeneração natural pode ocorrer em clareiras e após o desmatamento parcial ou total de uma área, sendo um processo evolutivo da vegetação até a formação de uma floresta semelhante à primária, sendo que este processo pode durar séculos.

Garwood (1989) afirma que a regeneração das espécies tropicais se dá principalmente por meio da chuva de sementes, do banco de sementes do solo, do banco de plântulas e de brotações (emissão rápida de brotos e ou raízes provenientes de indivíduos danificados). Souza (2000) reconhece que a fauna é um fator importantíssimo no processo, principalmente aves e morcegos, que promovem a dispersão de propágulos, sendo essenciais na sucessão secundária e na restauração da biodiversidade.

Os processos dinâmicos de modificação na composição de espécies e da estrutura de uma comunidade vegetal ao longo do tempo, até atingir um estado próximo do equilíbrio dinâmico com o ambiente, denominado clímax, são definidos como sucessão (LAMPRECHT, 1990; LOUMAN et al., 2001; MEDEIROS, 2004).

A sucessão pode ser de dois tipos, sendo primária, quando o estabelecimento e desenvolvimento de comunidades vegetais acontecem em habitats recém formados, anteriormente desprovidos de biota e secundária quando a seqüência de comunidades inicia-se partir de uma perturbação (MAUHS, 2002).

Medeiros (2004) sugere o modelo de sucessão proposto por Budowski (1965) que divide as espécies em grupos ecológicos, sendo as intolerantes à sombra, classificadas como pioneiras e secundárias iniciais e, aquelas

tolerantes ao sombreamento como secundárias tardias e clímax, ocorrendo a sucessão de forma gradativa de acordo com o grau de tolerância.

Uma floresta climácica abriga todos os estratos na estrutura vertical tendo em seu interior, o estrato inferior, com os indivíduos regenerantes, herbáceos e arbustivos, o estrato médio com palmeiras e outras espécies intermediárias, assim como o estrato superior, com indivíduos de espécies clímax, de grande diâmetro, altura e qualidade de madeira.

De certa forma, deve-se buscar sempre imitar a natureza, quando se pensa em interações ecológicas complexas, visto que o ambiente se auto-regenera com o tempo. No entanto, pode-se utilizar de meios para acelerar esse processo em projetos de recuperação.

### **2.3.2. Serapilheira acumulada**

A serapilheira pode ser definida como a camada de resíduos orgânicos constituída por folhas, gravetos, ramos, caules, cascas, frutos, flores, sementes, entre outras partes vegetais, além de corpos e dejetos de animais que se acumulam sobre o solo dos ecossistemas florestais (CARPANEZZI, 1980).

A biomassa de serapilheira contribui, juntamente com os demais compartimentos florestais, na interceptação da água da chuva, favorecendo seu armazenamento no solo e no aumento das taxas de infiltração e condicionamento dos fluxos superficiais (OLSON, 1963).

À medida que os materiais presentes na serapilheira começam a sofrer o processo de decomposição, os nutrientes vão aos poucos sendo incorporados ao solo e, conseqüentemente, ocorre a disponibilização para as plantas. Uma parte dos nutrientes absorvidos retorna ao piso florestal por meio da queda de folhas, galhos, frutos e sementes ou da lavagem foliar (CARPANEZZI, 1997; MEDEIROS, 2010).

A formação da camada de serapilheira que se acumula sobre o solo depende basicamente da diferença entre a quantidade de resíduos orgânicos depositados e a parte que foi decomposta destes materiais (VITOUSEK; SANFORD 1986; MEDEIROS, 2010).

A taxa de decomposição, ou a quantidade de serapilheira acumulada, pode variar em função da procedência, da espécie, da cobertura florestal, do estágio sucessional, da idade, da época da coleta, do tipo de floresta e do local. Também dependem do clima, precipitação, temperatura, relevo, luminosidade, etc. Esse acúmulo de serapilheira desempenha um papel essencial no crescimento das plantas, pois influencia nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (CALDEIRA et al., 2007).

A manutenção da produtividade das florestas naturais está intimamente relacionada com a eficiência nos processos de ciclagem de nutrientes (POGGIANI, 1985; CABIANCHI, 2010).

Jordan (1985) afirma que as perdas reais de nutrientes em florestas tropicais não perturbadas geralmente são baixas, pois a vegetação nativa foi adaptada para o elevado potencial de lixiviação através de uma variedade de mecanismos de conservação de nutrientes. Um ponto importante é que esses mecanismos são realmente eficazes apenas enquanto a floresta nativa está intacta.

### **2.3.3. Indicadores químicos de qualidade de solos florestais**

A EMBRAPA (1999) conceitua solo como uma coleção de corpos naturais constituídos por parte sólida, líquida e gasosa, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais. Contém matéria viva e podem ser vegetados.

Uma definição mais tradicional, vem de 1877, quando iniciou-se a Pedologia, pelo geólogo Dokuchaev, e diz que os solos correspondem à camada viva que recobre a superfície da terra, em evolução permanente, por meio da alteração das rochas e de processos pedogenéticos comandados por agentes físicos, biológicos e químico. Assim, os solos podem ser caracterizados como meios porosos e constituem sistemas físicos que apresentam três fases distintas: uma fase sólida composta de material mineral e orgânico; uma fase líquida que se trata da água ou solução do solo; e, uma

fase gasosa que compõem o ar do solo (TAVARES et al., 2008), além de uma fase viva.

O solo é a base para qualquer cultivo, sendo assim, as práticas conservacionistas são extremamente importantes no manejo das culturas. Quando cultivado por muito tempo ininterrupto, ou seja, sem o tempo de pousio e sem as práticas adequadas de manejo, o solo pode ter sua estrutura física e química comprometida, podendo ocorrer erosão e perda de fertilidade.

Um diagnóstico exato sobre o estado do solo é de difícil concepção, pois a análise química do solo fornece apenas informações sobre a capacidade do solo de manter a produtividade vegetal. Entretanto, alterações nos atributos físicos ou a perda de matéria orgânica do solo podem demorar muitos anos para ocorrer de forma significativa, podendo revelar tardiamente um estado de degradação do solo (BRUGGEN; SEMENOV, 2000; SPOSITO; ZABEL, 2003; CARTER, 1986; ZILLI et al, 2003).

Doran (1997) afirma que a Qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para poder assim sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens.

Um conceito mais atual de qualidade de solo compreende o equilíbrio entre os condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos do solo.

A qualidade do solo pode ser um importante indicador de sustentabilidade, podendo ser monitorado a partir do comportamento de indicadores ao longo do tempo, ou comparando seus desempenhos com valores de referência, que podem ser obtidos em ecossistemas nativos, localizados nas mesmas condições do solo avaliado (DORAN; PARKIN, 1994; KARLEN et al., 1997; SPERANDIO, 2010).

Para complementar o entendimento da dinâmica de qualidade do solo e desenvolvimento da floresta, a matéria orgânica é fundamental, sendo originada, principalmente, no acúmulo dos resíduos de tecidos vegetais e ocorre no solo em diferentes estágios de decomposição (TAVARES et al., 2008). Constitui-se como um dos principais agentes de agregação das

partículas do solo, sendo que quanto maior o teor de carbono orgânico, maior o índice de estabilidade de agregados no solo (SATTLER, 2006).

A complexidade dos solos florestais é grande, contudo o estudo de sua fertilidade e matéria orgânica, associados a outros indicadores, como a regeneração natural e a serapilheira, permitem interpretá-los de forma mais generalizada, sendo que estudos mais específicos sobre os solos também são necessários.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O presente estudo foi realizado na Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) Laerth Paiva Gama, inserida na bacia do Rio Alegre, município de Alegre/ES, que está no entorno do Parque Nacional do Caparaó (PARNA CAPARAÓ), uma das mais importantes Unidades de Conservação dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

A ARIE encontra-se sob o domínio da Mata Atlântica, sua formação florestal é classificada como Estacional Semidecidual. Apresentando grande proximidade com o perímetro urbano (Figura 01), sua área está totalmente localizada na sede do município de Alegre, no sul do Espírito Santo, entre as latitudes - 20,76° e - 20,77° e longitudes de - 41,54° e - 41,55.

O solo que predomina na ARIE é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, possuindo 83,17% de suas áreas com declividade entre 30 e 100% (ESPÍRITO SANTO, 1994).

O clima é caracterizado de acordo com a classificação de Köppen, como do tipo Cwa, caracterizado pelo inverno seco e o verão chuvoso. De maneira geral, a topografia da região possui relevo bastante acidentado (NASCIMENTO et al., 2005).

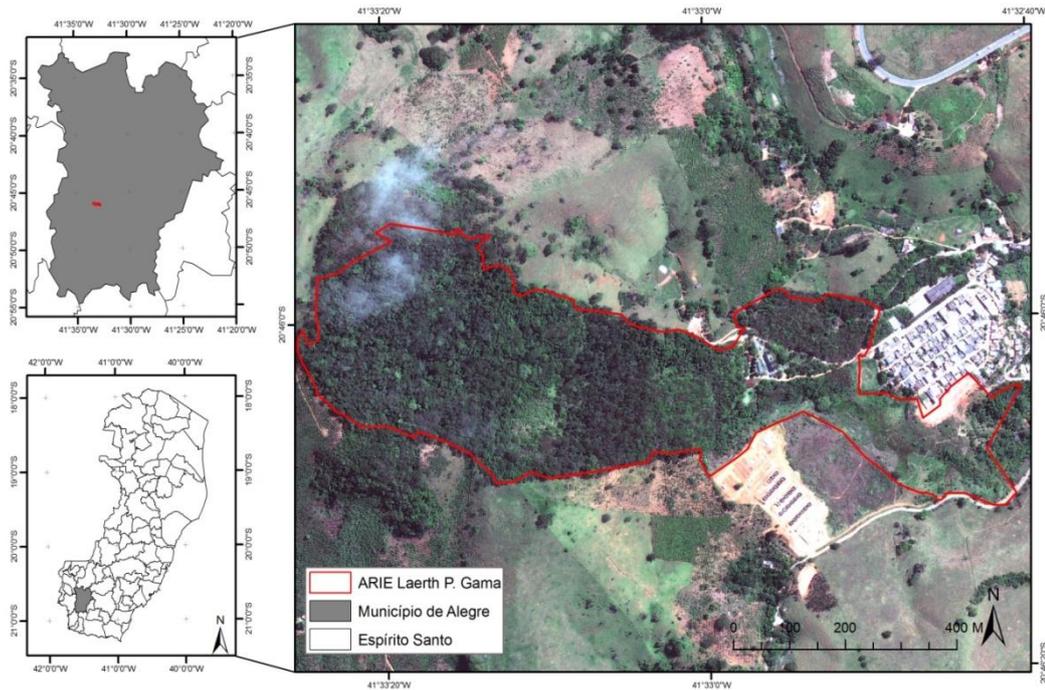


Figura 01. Localização da ARIE Laerth Paiva Gama, município de Alegre - ES

A Figura 07 mostra o gráfico da precipitação na região de Alegre, ES, tendo como comparativos o ano de 2010, o início de 2011 e a média para os anos de 1976 a 2010. Durante os meses de fevereiro, março e abril a cidade passou por grande quantidade de chuva, superando muito a média histórica e o ano de 2010.

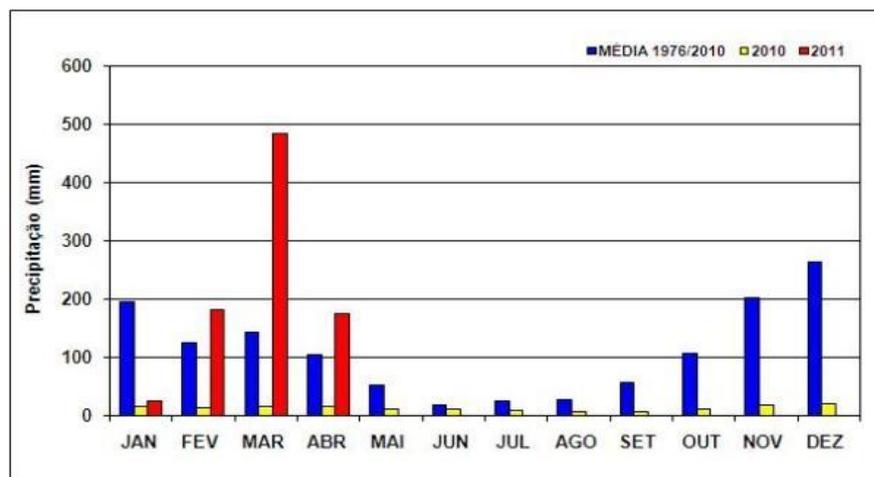


Figura 02. Gráfico de precipitação para a região de Alegre - ES. Fonte: Incaper. Disponível em: <http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>, acesso em 03/05/2011

A ARIE Laerth Paiva Gama sofreu, no passado, diversas alterações em virtude das ações antrópicas para expansão de áreas agricultáveis. Após um período de exploração agrícola, foi criado em 1992 o Horto Florestal Municipal de Alegre - ES, de acordo com a Lei Municipal nº. 1942/91, que dispõe sobre o Plano de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Município de Alegre-ES. Contendo uma área de aproximadamente 27,57 ha, a localidade apresenta um fragmento de floresta nativa secundária e uma área onde foram realizados plantios com espécies nativas e exóticas no ano de 1992.

Com o objetivo de proteger a área, realizaram-se reuniões com representantes da sociedade civil e do poder público, a fim de discutir os rumos a serem tomados para a mesma. Com isso, ficou evidenciada a necessidade de enquadrá-la em uma das modalidades de Unidades de Conservação da Lei Federal Nº 9.985 que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, decidiu-se então, enquadrá-la como Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE (SEMAGMA).

Classificada como Unidade de Conservação de Uso Sustentável. De acordo com o SNUC, são objetivos da ARIE:

- I - Preservar os exemplares raros, endêmicos, ameaçados de extinção ou insuficientemente conhecidos da fauna e da flora;
- II - Preservar e recuperar a cobertura vegetal nativa existente;
- III - Garantir a integridade do patrimônio ecológico, paisagístico e cultural;
- IV - Desenvolver estudos e pesquisas científicas sujeitas a autorização prévia da Secretaria Municipal de Agricultura e meio Ambiente;
- V - Desenvolver educação Ambiental;
- VI - Estimular atividades de lazer, quando compatíveis com os demais objetivos da ARIE.

Para este estudo, foram consideradas três diferentes áreas dentro da ARIE, sendo as coberturas florestais:

**Mata Nativa (MN):** com 9,54 ha, trata-se de um fragmento florestal secundário em estágio médio de regeneração, importante por abrigar diversas espécies da fauna e da flora nativa, porém muito antropizado.

**Reflorestamento de Eucalipto e Acácia (REA):** com 3,59 ha, destinada ao cultivo de espécies florestais para utilização na própria unidade em variadas

formas (lenha, estacas, mourões, postes, vigas de ponte, etc.), constituída basicamente por espécies de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook e *Eucalyptus robusta* Sm.) e acácia (*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth e *Acacia mangium* Willd).

**Reflorestamento com Espécies Diversas (RED):** com 7,89 ha, tendo como principal finalidade avaliar e demonstrar o comportamento de diferentes espécies e a possibilidade de recuperação de ecossistemas degradados. Dentre as espécies encontradas pode-se mencionar: *Astronium graveolens* Jacq (aderne), *Bactris gasipaes* Kunth (pupunha), *Euterpe oleracea* Mart (açai), *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo (ipê roxo), *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bur. (ipê felpudo), *Chorisia speciosa* (A. St.-Hil.) (paineira), *Joannesia princeps* Vell. (boleira), *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (guapuruvu), *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All (jacarandá), *Acacia mangium* Willd (acácia australiana), *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth (acácia), *Syzygium cumini* (L.) Skeels (jamelão), entre outras.

### 3.2. ALOCAÇÃO DE PARCELAS

As parcelas foram alocadas sistematicamente nas três coberturas florestais estudadas (MN, REA e RED). Para efeito de estudo, foi delimitada uma área para amostragem em cada cobertura, apresentando formato retangular de 30 x 50 metros, com maior comprimento no sentido da maior declividade e sempre no interior do fragmento, evitando-se o efeito de borda e também as trilhas e pirambeiras, consideradas representativas de cada cobertura.

Em cada área selecionada para amostragem, foram alocadas 4 parcelas de 10 x 20 m, para coleta de amostras da serapilheira acumulada e de solo, além de 4 subparcelas de 5 x 10 m, para estudo da regeneração natural (Figura 03).

A delimitação das parcelas foi definida por meio de um equipamento conhecido como esquadro de agrimensor, com 2 balizas auxiliares e uma trena de 50 metros. O procedimento consiste na fixação de um esquadro no ponto inicial definido previamente, e a partir dele determinar o alinhamento e

orientação das balizas no sentido desejado até a fixação de um segundo esquadro na outra extremidade. Depois, tiram-se as balizas orientadoras para conferir com o esquadro inicial. Para demarcar os vértices das UAs foram usadas estacas de eucalipto com 80 cm de comprimento e de 50 cm de comprimento para as parcelas e subparcelas. A parte superior foi pintada com spray fluorescente para fácil visualização na mata e para definir bem os limites das parcelas. Usou-se também uma fita zebra para as parcelas de 10 x 20 m e fitilho para as subparcelas de 5 x 10 m.

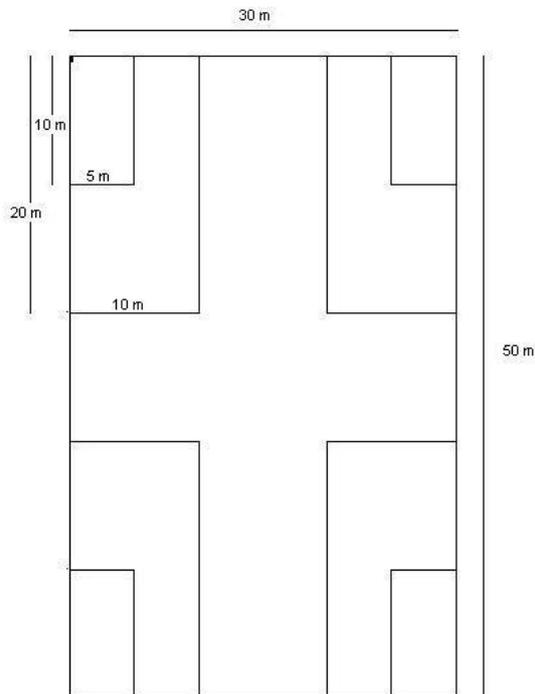


Figura 03. Esquema de distribuição de parcelas e subparcelas na área de amostragem das coberturas florestais: mata nativa (MN), reflorestamento de Eucalipto e Acácia (REA) e em reflorestamento de espécies diversas (RED), amostrados na ARIE Laerth Paiva Gama, Alegre-ES

### 3.3. ANÁLISE DA REGENERAÇÃO NATURAL

Foram medidos nas subparcelas (5 x 10 m), o diâmetro a altura do solo (DAS) e a altura total (H) dos indivíduos regenerantes de espécies arbóreas com H acima de 30 cm e DAS máximo de 5 cm. Os diâmetros foram obtidos com suta e as alturas com uso de uma fita métrica ou régua. Todos os

indivíduos foram marcados com etiquetas plásticas enumeradas e presas com fio de nylon. A identificação dos indivíduos foi em campo com a ajuda de especialistas e comparações com bibliografias específicas, sendo coletadas amostras de material botânico de algumas espécies, para comparação com exsicatas de herbários da região.

Foi utilizado o programa FITOPAC 2.1 para análise da estrutura horizontal e foram utilizados parâmetros fitossociológicos elaborados por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) sendo obtidos a densidade absoluta e relativa, frequência absoluta e relativa, dominância absoluta e relativa e índice de valor de importância. As expressões matemáticas para cálculo dos parâmetros e suas definições são apresentadas a seguir:

A densidade absoluta (DA) corresponde ao número de indivíduos de cada espécie por hectare. A densidade relativa (DR) é uma medida da porcentagem que a espécie representa na densidade total.



Em que:

$n_i$  = número de indivíduos da espécie  $i$ ;

$A$  = área total amostrada em hectare; e,

$N$  = número total de indivíduos amostrados.

A frequência absoluta (FA) se refere ao número de vezes que uma dada espécie ocorre nas parcelas amostrais (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974), e a frequência relativa (FR) se refere à frequência de uma espécie, relativamente às outras espécies da comunidade amostrada.



---

Em que:

$PA_i$  = número de parcelas amostrais em que a espécie  $i$  ocorre;

$PA_t$  = número total de parcelas amostrais; e,

$FA_i$  = frequência absoluta da espécie  $i$ .

A dominância expressa uma proporção de cobertura ou volume de cada espécie, em relação ao espaço ou volume ocupado pela comunidade. É calculada na forma de Dominância Absoluta (DoA), expressa pela área basal de determinada espécie por unidade de área e Dominância Relativa (DoR), que expressa o percentual de cobertura da espécie, relativamente à área de cobertura total da comunidade. Para tanto, a Área Basal (AB) é calculada em função do diâmetro das árvores.

---

---

---

Em que:

$d$  = o diâmetro à altura do peito em centímetros;

$A$  = área amostral em hectare;

$AB_i$  = área basal da espécie  $i$ ;

$AB_t$  = somatório das áreas basais de todas espécies da comunidade amostrada.

De acordo com Mauhs (2002) o Índice de Valor de Importância (IVI) foi proposto por Curtis e McIntosh (1951) e é obtido pela soma dos valores relativos da densidade (DR), frequência (FR) e dominância (DoR), expressando melhor a importância de cada espécie na comunidade, do que um índice que considerasse os valores absolutos.

---

A diversidade florística, obtida pelo índice de diversidade de Shannon-Wiener, é calculada com base na relação entre o número de indivíduos por espécie e o número total de indivíduos amostrados (SCHNEIDER; FINGER, 2000), conforme sugestão de Medeiros (2004).

---

Em que:

$H'$  = índice de Shannon-Wiener (quanto maior o  $H'$  maior a diversidade);

$N$  = número de indivíduos amostrados;

$n_i$  = número de indivíduos amostrados da espécie  $i$ ;

$\ln$  = logaritmo neperiano.

A equabilidade de Pielou representa a uniformidade na distribuição dos indivíduos entre todas as espécies existentes, sendo representada pela razão entre a diversidade apresentada ( $H'$ ) e a diversidade máxima que poderia existir, ou seja, se cada indivíduo pertencesse a uma espécie diferente ( $H'_{\text{máx}}$ ). Este índice pode variar de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, maior é a uniformidade na distribuição.

---

Em que:

J = índice de equabilidade ou uniformidade de Pielou;

H' = índice de Shannon-Wiener ;

H'<sub>Máx</sub> = diversidade máxima; e,

N = numero de indivíduos amostrados.

Todos os parâmetros fitossociológicos da regeneração natural analisados (Densidade, Frequência, Dominância e Valor de Importância), a diversidade de Shannon-Wiener e a Equabilidade de Pielou, foram aplicados de acordo com Mueller-Dombois & Ellenberg (1974), por meio do programa FITOPAC 2.1 (SHEPHERD, 2009).

### 3.4. ANÁLISE DA SERAPILHEIRA ACUMULADA

Para a coleta da serapilheira acumulada sobre o solo, utilizou-se um coletor com formato quadrado de lados de 25 cm, ou seja, com área de 0,625 cm<sup>2</sup>. Em cada parcela de 10 x 20 m foram coletadas 10 amostras, sendo o total coletado por unidade amostral de 40 amostras. Foram realizadas duas coletas, a primeira em outubro de 2010, na estação mais seca e a segunda em março de 2011, no período de chuvas, para analisar assim a diferença na produção de serapilheira acumulada nas condições encontradas em cada estação.

Colocaram-se as amostras em sacos de papel para secar em estufa de circulação e renovação de ar, a 65 °C, até alcançar massa constante, sendo em seguida pesadas em balança de precisão (0,01g) individualmente, resultando assim na biomassa (em gramas) presente em 0,625 cm<sup>2</sup>, que foi então, estimada em tonelada (t) por hectare (ha).

O acúmulo de nutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) na serapilheira acumulada sobre o solo foi obtido a partir da biomassa seca encontrada (t ha<sup>-1</sup>) e dos teores dos nutrientes (g kg<sup>-1</sup> e mg kg<sup>-1</sup>) presentes na serapilheira.

Para a análise química, o material foi triturado em moinho do tipo Wiley, passados em peneira de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenado em frasco de vidro (TEDESCO et al., 1995; MIYAZAWA et al., 1999).

As análises nutricionais seguiram a metodologia proposta pela EMBRAPA (2009) para macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn, B) e carbono orgânico (CO) da serapilheira acumulada e foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos e Plantas do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), localizado no município de Domingos Martins-ES.

### 3.5. ANÁLISE DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

As amostras para análise química do solo foram coletadas com trado do tipo holandês, em todas as coberturas florestais, sendo uma amostra composta de 10 simples (misturadas) para cada parcela de 10 x 20 m, totalizando assim 4 amostras compostas para cada uma das três áreas. As profundidades utilizadas foram de 0-20 cm e 20-40 cm, a fim de estudar se os resultados corroboram com os dados da serapilheira, que contribuem com nutrientes para o solo. Conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (2009) foram determinados os atributos edáficos de rotina e teor de matéria orgânica no solo, realizadas no Laboratório de Análises de Solos e Plantas do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), localizado no município de Domingos Martins-ES.

### 3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Considerando que a área delimitada para amostragem é representativa de cada cobertura florestal ou tratamento estudado na área, o experimento foi montado num esquema fatorial 2 x 3, sendo:

- Duas épocas de coleta (estação seca e chuvosa) e os três tipos de cobertura florestal, num delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições, para a análise da biomassa e dos teores de macro e micronutrientes e carbono orgânico na serapilheira acumulada.

- Duas profundidades do solo (0 – 20 e 20 – 40 cm) e os três tipos de cobertura florestal num delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições, para a análise dos atributos químicos do solo.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o Software SISVAR (FERREIRA, 2000) e quando significativos foi utilizado o teste de Tukey com nível de 5% de probabilidade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ANÁLISE DA REGENERAÇÃO NATURAL

Foi constatada no levantamento florístico da regeneração natural a presença de 47 espécies de hábito arbóreo, pertencentes a 21 famílias. Dentro das parcelas alocadas nas três coberturas (MN, REA e RED) foram encontrados 163 indivíduos, sendo que a família Fabaceae apresentou maior riqueza, com treze espécies (Figura 04).

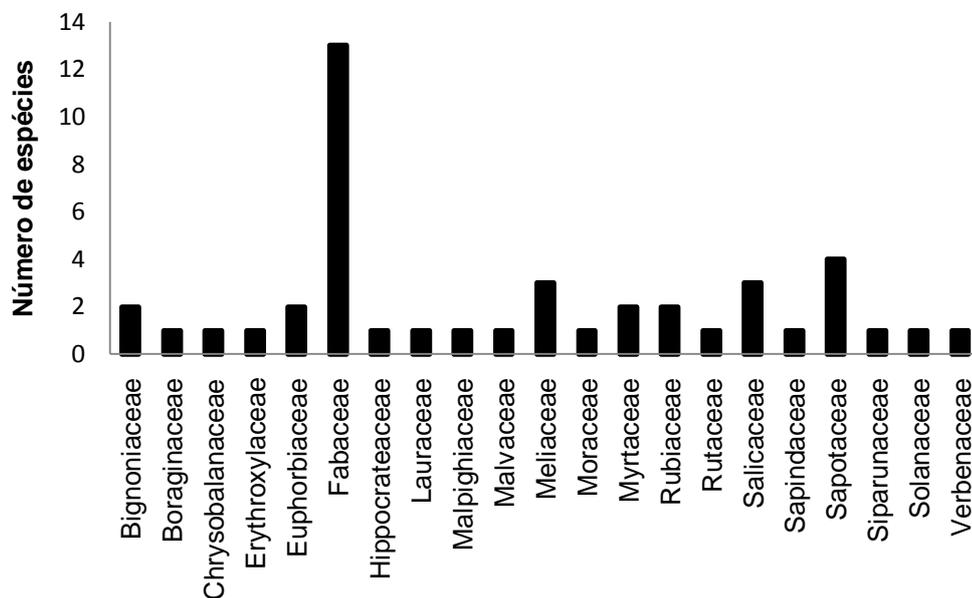


Figura 04. Número de espécies registradas para cada família nas três coberturas florestais: mata nativa (MN), reflorestamento de Eucalipto e Acácia (REA) e em reflorestamento de espécies diversas (RED), amostradas na ARIE Laerth Paiva Gama, Alegres

São muitas as espécies da família Fabaceae utilizadas em áreas em recuperação, pois são fixadoras de nitrogênio e se desenvolvem bem para esta finalidade, como constatou também Klippel (2011) no norte do ES, Costa et al. (2010) em uma mata ciliar em recuperação, localizada em Alegre, ES e Ferreira (2006) em Minas Gerais.

No entanto, treze famílias tiveram apenas uma espécie representando-as, o que resulta em 27,6% das espécies registradas, fato semelhante ao observado por Alves e Metzger (2006) em uma floresta secundária de Mata Atlântica em São Paulo, onde registrou aproximadamente 30% das espécies sendo representantes únicas das suas respectivas famílias, tendo um número reduzido de espécies abundantes e um número de espécies raras relativamente alto.

Para os parâmetros gerais da regeneração constantes na Tabela 01, a MN apresentou maior densidade de plantas, número de famílias, número de espécies e diversidade, seguida pela RED e por último a REA. O valor de diversidade registrado na REA foi considerado baixo, enquanto na MN e na RED foram considerados baixos a médios, sendo equiparados ao encontrado por Nappo et al. (2000), que variou entre 2,655 e 2,85 em áreas recuperadas após extração de bauxita. Vale ressaltar que alguns estudos integram espécies de arbustos e herbáceas no cálculo da diversidade, o que pode levá-lo a um aumento considerável, enquanto que, para o presente estudo consideraram-se apenas as espécies de hábito arbóreo.

A equabilidade apresentou valores dentro da média encontrada por Nappo et al. (2000), sendo menor para a REA e maior para a RED, que apresentou uniformidade na distribuição de espécies um pouco maior que a MN. Entretanto, as espécies tenderam a se agruparem, sendo que algumas espécies foram registradas apenas em uma parcela de uma cobertura florestal, onde provavelmente existe um indivíduo adulto nas proximidades, fornecendo as sementes que deram origem à regeneração. A síndrome de dispersão pode ser o principal fenômeno responsável pela maneira em que cada espécie se encontra distribuída na regeneração.

Tabela 1. Parâmetros gerais da regeneração natural em mata nativa (MN), reflorestamento de Eucalipto e Acácia (REA) e em reflorestamento de espécies diversas (RED), amostrados na ARIE Laerth Paiva Gama, Alegre-ES

Parâmetros	MN	REA	RED	TOTAL
Número de indivíduos	84	22	57	163
Número de espécies	28	7	20	47
Número de famílias	17	4	12	21
Densidade (Ind./ha)	4200	1100	2850	-
Diversidade (H')	2.77	1.363	2.603	-
Equabilidade (J')	0,82	0,70	0,87	-

A espécie com maior número de indivíduos foi a *Diploon cuspidatum* (Hoehne) Cronquist, com vinte e dois representantes encontrados apenas na MN, seguida pela *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., presente nas três coberturas e pela *Trichilia pallida* Sw. presente na REA e RED, ambas as espécies com dezesseis. Depois vêm a *Pseudopiptadenia contorta* (DC) G.P.Lewis com quatorze, também da família Fabaceae e a Meliaceae *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. A Figura 05 mostra as cinco espécies mais abundantes, observando-se que a *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. foi a única espécie presente nas três coberturas florestais estudadas (Tabela 2), e trata-se de uma espécie exótica de alto potencial invasor, colocando em risco o desenvolvimento das espécies regionais.

As espécies exóticas invasoras afetam o funcionamento natural do ecossistema, impedindo o desenvolvimento das espécies nativas. Essas espécies podem dominar o ambiente e ao contrário da maioria dos problemas ambientais, que tendem a ser absorvidos, com o passar do tempo elas ocupam cada vez mais espaço, pois se disseminam muito rapidamente, mudando também a fisionomia da vegetação regional (ZILLER, 2001).

De acordo com estudo realizado por Castanho (2009), o uso de espécies exóticas em plantios de restauração não só é desnecessário, como pode ser prejudicial, devido aos seus efeitos negativos.

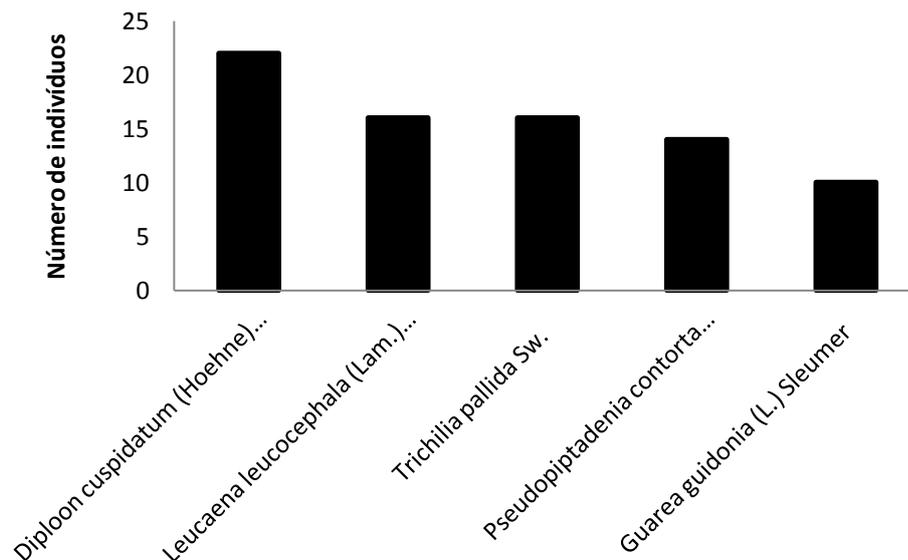


Figura 05. Número de indivíduos de cada uma das 5 espécies mais abundantes nas três coberturas florestais: mata nativa (MN), reflorestamento de Eucalipto e Acácia (REA) e em reflorestamento de espécies diversas (RED), amostrados na ARIE Laerth Paiva Gama, Alegre-ES

Pesquisas sobre as espécies que ocorrem naturalmente na região se fazem extremamente importantes para projetos de restauração, inclusive analisando-se a viabilidade de mudas dessas espécies, o que não ocorreu na implantação do projeto da ARIE, várias espécies exóticas utilizadas poderiam ter sido substituídas por espécies de ocorrência local.

A similaridade florística entre as coberturas foi muito pequena, o que demonstra mais uma vez que os plantios não levaram em consideração a ocorrência natural das espécies escolhidas na época de implantação, tornando esses ecossistemas muito diferentes das florestas nativas. *Andira* sp., *Guarea guidonia*, *Trichilia pallida* e *Psidium guajava* foram as espécies que ocorreram nos dois ambientes reflorestados. *Ocotea* sp. foi encontrada na MN e na REA.

Tabela 2. Espécies de hábito arbóreo amostradas na regeneração natural e suas respectivas áreas de ocorrência: mata nativa (MN), reflorestamento de Eucalipto e Acácia (REA) e reflorestamento de espécies diversas (RED), na ARIE Laerth Paiva Gama, Alegre – ES

Família	Espécie	Área de Ocorrência		
		MN	REA	RED
BIGNONIACEAE	Bignoniaceae sp.	x		
	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.)			
	Mattos			x
BORAGINACEAE	<i>Cordia</i> sp.			x
CHRYSOBALANACEAE	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch			x
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum cf. citrifolium</i> A.St.-Hil.	x		
EUPHORBIACEAE	Euphorbiaceae sp.	x		
	<i>Joannesia princeps</i> Vell.			x
FABACEAE	<i>Andira</i> sp.		x	x
	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	x		
	<i>Bauhinia</i> sp.	x		
	<i>Bauhinia</i> sp. 2	x		
	Fabaceae sp.			x
	<i>Machaerium</i> sp.	x		
	<i>Inga</i> sp.	x		
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	x	x	x
	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.		x	
	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms			x
	<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.			x
	<i>Platycyamus regnellii</i> Benth.			x
	<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC) G.P.Lewis	x		
HIPPOCRATEACEAE	Hippocrateaceae sp.	x		
LAURACEAE	<i>Ocotea</i> sp.	x	x	
MALPIGHIACEAE	<i>Byrsonima</i> sp.	x		
MALVACEAE	<i>Ceiba cf. speciosa</i> (A. ST.-Hil.) Ravenna	x		
MELIACEAE	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer		x	x
	Meliaceae sp.	x		x
	<i>Trichilia pallida</i> Sw.		x	x
MORACEAE	<i>Sorocea</i> sp.	x		
MYRTACEAE	Myrtaceae sp.	x		
	<i>Psidium guajava</i> L.		x	x
RUBIACEAE	<i>Genipa americana</i> L.			x

Continua...

Tabela 2, continuação:

	<i>Amaioua cf guianensis</i> Aubl.	x	
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. var. <i>petiolaum</i> Engl.	x	
SALICACEAE	<i>Banara</i> sp.		x
	<i>Banara kuhlmannii</i> (Sleumer) Sleumer	x	
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.		x
SAPINDACEAE	Sapindaceae sp.		x
SAPOTACEAE	<i>Diploon cuspidatum</i> (Hoehne) Cronquist	x	
	<i>Pouteria</i> sp.	x	
	<i>Pradosia lactescens</i> (Vell.) Radlk.	x	
	Sapotaceae sp.	x	
SIPARUNACEAE	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.		x
SOLANACEAE	<i>Brunfelsia</i> sp.	x	
VERBENACEAE	<i>Vitex</i> sp.		x

Tendo em vista que as plântulas são de difícil identificação em razão de não possuírem partes como os órgãos reprodutivos ou características do tronco que ajudam no processo de reconhecimento das espécies, ou até mesmo por apresentar quando jovens características que diferem do indivíduo adulto, algumas identificações foram realizadas apenas em nível de família ou gênero (GOMES, 2000; CAMPOS E LANDGRAF, 2001; PINHEIRO et al., 1989).

As espécies de maior Índice de Valor de Importância (IVI), para a MN, REA e RED foram respectivamente *Diploon cuspidatum* (Tabela 3), *Trichilia pallida* (Tabela 4) e *Leucaena leucocephala* (Tabela 5). Estas espécies tem alta representatividade na comunidade em termos de IVI, com destaque para *T. pallida* que representa cerca de 53% da comunidade que foi reflorestada com eucalipto e acácia.

A espécie *Guarea guidonia* foi a segunda de maior IVI na REA e na RED enquanto a *Andira* sp. foi a terceira na REA e quarta na RED, configurando as espécies similares nessas áreas. Dentre as duas espécies similares entre REA e RED, a *Guarea guidonia*, tem ocorrência natural na região. Como dito anteriormente, a *Leucaena leucocephala* está presente nas três coberturas, porém, apresentou baixo IVI na MN e REA, com apenas um indivíduo.

Tabela 3. Parâmetros quantitativos da regeneração natural para a cobertura Mata Nativa (MN) na ARIE Laerth Paiva Gama. Ni: número de indivíduos; DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; FA: frequência absoluta; FR: frequência relativa; DoA: dominância absoluta; DoR: dominância relativa, e; IVI: Índice de valor de importância.

<b>Espécies</b>	<b>Ni</b>	<b>DA</b>	<b>DR</b>	<b>FA</b>	<b>FR</b>	<b>DoA</b>	<b>DoR</b>	<b>IVI</b>
<i>Diploon cuspidatum</i>	22	1100,0	26,19	75,00	8,57	0,65	33,08	67,84
<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	14	700,0	16,67	100,00	11,43	0,17	8,43	36,52
<i>Amaioua cf guianensis</i>	5	250,0	5,95	75,00	8,57	0,26	13,14	27,67
<i>Ceiba cf. speciosa</i>	5	250,0	5,95	25,00	2,86	0,07	3,62	12,43
<i>Myrtaceae sp.</i>	3	150,0	3,57	25,00	2,86	0,10	5,21	11,64
<i>Hippocrateaceae sp.</i>	3	150,0	3,57	25,00	2,86	0,10	5,21	11,64
<i>Sapotaceae sp.</i>	2	100,0	2,38	25,00	2,86	0,13	6,38	11,62
<i>Inga sp.</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,09	4,33	8,37
<i>Pouteria sp.</i>	2	100,0	2,38	25,00	2,86	0,06	2,81	8,05
<i>Brunfelsia sp.</i>	3	150,0	3,57	25,00	2,86	0,03	1,55	7,98
<i>Apuleia leiocarpa</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,07	3,34	7,39
<i>Machaerium sp.</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,05	2,72	6,77
<i>Sorocea sp.</i>	2	100,0	2,38	25,00	2,86	0,02	1,22	6,46
<i>Ocotea sp.</i>	2	100,0	2,38	25,00	2,86	0,02	1,02	6,26
<i>Zanthoxylum rhoifolium Lam.</i> <i>var. petiolaum Engl.</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,04	2,04	6,08
<i>Erythroxylum cf. citrifolium</i>	2	100,0	2,38	25,00	2,86	0,02	0,77	6,01
<i>Byrsonima sp.</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,04	1,91	5,96
<i>Indeterminada sp.1</i>	2	100,0	2,38	25,00	2,86	0,01	0,29	5,53
<i>Indeterminada sp.2</i>	2	100,0	2,38	25,00	2,86	0,00	0,15	5,38
<i>Bauhinia sp.2</i>	2	100,0	2,38	25,00	2,86	0,00	0,07	5,31
<i>Euphorbiaceae sp.</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,02	0,96	5,01

Continua...

Tabela 3, continuação:

<i>Pradosia lactescens</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,02	0,80	4,84
<i>Bauhinia sp.</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,01	0,34	4,38
<i>Leucaena leucocephala</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,00	0,20	4,25
<i>Banara kuhlmannii</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,00	0,16	4,21
<i>Indeterminada sp.3</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,00	0,13	4,17
<i>Meliaceae sp.</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,00	0,10	4,15
<i>Bignoniaceae sp.</i>	1	50,0	1,19	25,00	2,86	0,00	0,05	4,10

Tabela 4. Parâmetros quantitativos da regeneração natural para a cobertura Reflorestamento de Eucalipto e Acácia (REA) na ARIE Laerth Paiva Gama. Ni: número de indivíduos; DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; FA: frequência absoluta; FR: frequência relativa; DoA: dominância absoluta; DoR: dominância relativa, e; VI: Valor de importância.

<b>Espécies</b>	<b>Ni</b>	<b>DA</b>	<b>DR</b>	<b>FA</b>	<b>FR</b>	<b>DoA</b>	<b>DoR</b>	<b>IVI</b>
<i>Trichilia pallida</i>	13	650,0	59,09	50,00	25,00	0,24	77,56	161,65
<i>Guarea guidonia</i>	3	150,0	13,64	25,00	12,50	0,03	9,66	35,80
<i>Andira sp.</i>	2	100,0	9,09	25,00	12,50	0,01	3,71	25,31
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	1	50,0	4,55	25,00	12,50	0,02	5,02	22,06
<i>Ocotea sp.</i>	1	50,0	4,55	25,00	12,50	0,01	2,12	19,17
<i>Psidium guajava</i>	1	50,0	4,55	25,00	12,50	0,01	1,81	18,85
<i>Leucaena leucocephala</i>	1	50,0	4,55	25,00	12,50	0,00	0,11	17,16

Os parâmetros contidos nas tabelas são utilizados em inventários tanto para indivíduos adultos como para a regeneração natural, diferindo de acordo com cada estudo, geralmente a amplitude de diâmetro e altura que serão incluídos na amostragem.

Tabela 5. Parâmetros quantitativos da regeneração natural para a cobertura Reflorestamento de Espécies Diversas (RED) na ARIE Laerth Paiva Gama. Ni: número de indivíduos; DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; FA: frequência absoluta; FR: frequência relativa; DoA: dominância absoluta; DoR: dominância relativa, e; VI: Valor de importância.

<b>Espécies</b>	<b>Ni</b>	<b>DA</b>	<b>DR</b>	<b>FA</b>	<b>FR</b>	<b>DoA</b>	<b>DoR</b>	<b>IVI</b>
<i>Leucaena leucocephala</i>	14	700,0	24,56	50,00	6,25	0,16	23,64	54,46
<i>Guarea guidonia</i>	7	350,0	12,28	100,00	12,50	0,08	12,53	37,31
<i>Joannesia princeps</i>	5	250,0	8,77	50,00	6,25	0,04	5,98	21,01
<i>Andira sp.</i>	3	150,0	5,26	50,00	6,25	0,06	9,05	20,56
<i>Sapindaceae sp.</i>	3	150,0	5,26	50,00	6,25	0,05	8,27	19,78
<i>Licania tomentosa</i>	5	250,0	8,77	50,00	6,25	0,02	3,68	18,70
<i>Fabaceae sp.</i>	1	50,0	1,75	25,00	3,13	0,09	13,22	18,10
<i>Trichilia pallida</i>	3	150,0	5,26	50,00	6,25	0,02	2,67	14,18
<i>Vitex sp.</i>	1	50,0	1,75	25,00	3,13	0,06	9,10	13,98
<i>Genipa americana</i>	2	100,0	3,51	50,00	6,25	0,01	2,18	11,94
<i>Meliaceae sp.</i>	2	100,0	3,51	50,00	6,25	0,01	1,02	10,78
<i>Siparuna guianensis</i>	2	100,0	3,51	50,00	6,25	0,00	0,68	10,44
<i>Psidium guajava</i>	2	100,0	3,51	25,00	3,13	0,01	2,13	8,76
<i>Cordia sp.</i>	1	50,0	1,75	25,00	3,13	0,01	1,73	6,61
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	1	50,0	1,75	25,00	3,13	0,01	1,01	5,89
<i>Ormosia arborea</i>	1	50,0	1,75	25,00	3,13	0,01	0,86	5,74
<i>Banara sp.</i>	1	50,0	1,75	25,00	3,13	0,01	0,86	5,74
<i>Platycyamus regnellii</i>	1	50,0	1,75	25,00	3,13	0,00	0,60	5,48
<i>Casearia sylvestris</i>	1	50,0	1,75	25,00	3,13	0,00	0,48	5,36
<i>Plathymentia foliolosa</i>	1	50,0	1,75	25,00	3,13	0,00	0,29	5,17

## 4.2. ANÁLISE DA SERAPILHEIRA ACUMULADA

### 4.2.1. Biomassa

A biomassa de serapilheira acumulada diferiu estatisticamente entre as coberturas florestais e entre as épocas de coleta, como se observa na Figura 06.

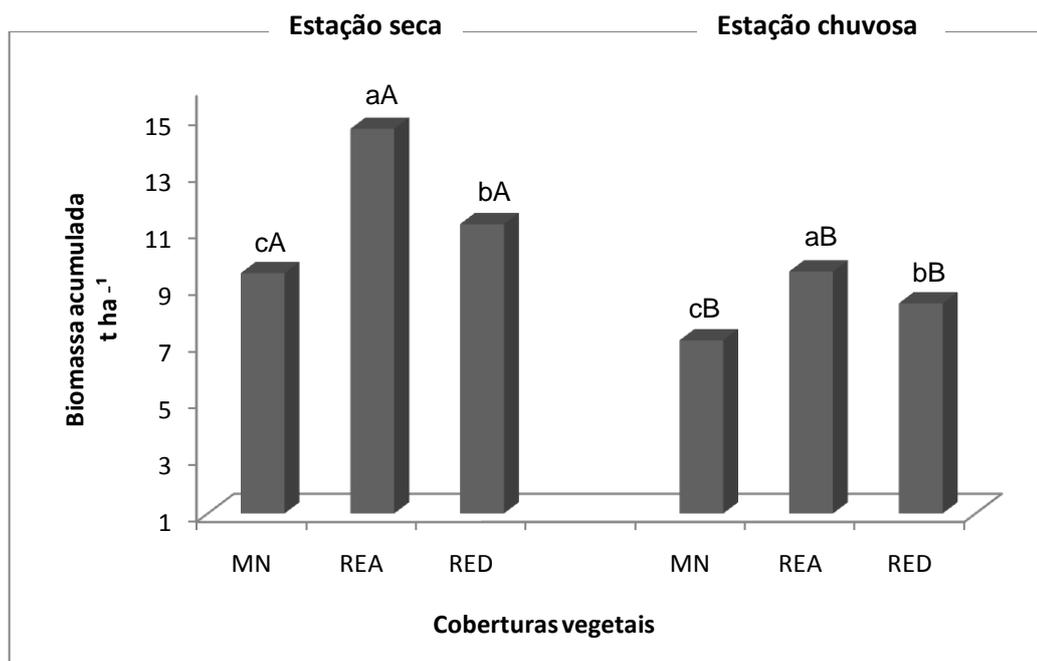


Figura 6. Níveis de biomassa de serapilheira acumulada, em duas épocas de coletas, na ARIE Laerth Paiva Gama, Alegre – ES

Colunas seguidas por uma mesma letra minúscula para cada cobertura e maiúscula para cada época de coleta, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores seguiram a mesma ordem decrescente na quantidade de biomassa em ambas as estações: REA > RED > MN, sendo que, na estação seca a média de biomassa acumulada (t ha<sup>-1</sup>) foi respectivamente 14,5522 > 11,1966 > 9,4678, enquanto que na estação chuvosa os valores foram 9,5261 > 8,4030 > 7,0986. Os valores de biomassa obtidos na estação chuvosa foram proporcionalmente menores para as três coberturas florestais, podendo ser resultado de fatores pertinentes às espécies presentes, da taxa de

decomposição e principalmente por influência da temperatura e precipitação (CALDEIRA et al., 2008).

A produção de serapilheira das espécies em geral, é muito variável, sendo que o eucalipto e a acácia fornecem grande quantidade de biomassa, além de que, o eucalipto possui folhas e galhos com grandes concentrações de lignina e celulose, o que torna baixa a taxa de decomposição, acumulando a serapilheira no solo (CORTINES et al., 2005).

Um fato relevante a ser observado é a elevada taxa de precipitação apresentada para os meses de fevereiro e março, que pode ter ocasionado o carreamento da serapilheira que estava acumulada sobre o solo, explicando a relativa proporcionalidade na diminuição da biomassa entre as épocas (BORÉM; RAMOS, 2002; CALDEIRA et al., 2007; 2008)

Além disso, a presença de espécies decíduas, que na época seca perdem suas folhas e a taxa de decomposição, que aumenta com a temperatura e umidade podem explicar os resultados obtidos.

Santana et al. (2009) encontraram resultados semelhantes para mata nativa, no entanto, observou aumento na biomassa para plantios homogêneos de espécies florestais na época chuvosa. Borém e Ramos (2002), estudando fragmento de Mata Atlântica no Rio de Janeiro encontraram resultados que se equiparam aos do presente estudo, registrando 9,34 t ha<sup>-1</sup> para o fim do período seco e 6,19 t ha<sup>-1</sup> para o fim do período chuvoso.

A sazonalidade na quantidade de biomassa acumulada foi semelhante à observada por Godinho (2011) na Floresta Nacional de Pacotuba, no sul do Espírito Santo, apresentando os maiores valores no final da estação seca, bem como pelo resultado de correlação negativa com a precipitação.

#### **4.2.2. Teores de macro e micronutrientes e carbono orgânico**

Na Tabela 6 foram apresentados os resultados dos teores de macro e micronutrientes da serapilheira acumulada, verificados através da interação dupla (época de coleta e cobertura florestal). Quando as interações foram não significativas, analisaram-se somente as coberturas florestais.

Para potássio, magnésio e boro verificou-se que houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para a interação dupla entre os fatores cobertura florestal e épocas de coleta, sendo que os teores encontrados foram mais altos na estação chuvosa e na cobertura MN (e igual a RED também para o magnésio). Os resultados encontrados contrariam o observado por Resck et al. (1991) que afirmaram que os teores de nutrientes na serapilheira são variáveis com a época do ano, sendo maiores os teores de Ca na época seca e os de P no período chuvoso, enquanto este estudo não encontrou diferença estatística significativa.

Marschner (1997) afirma que a variabilidade dos teores de K encontrados em serapilheira se dá em função da época de avaliação, uma vez que o potássio possui relação com a precipitação pluviométrica. Segundo Pagano e Durigan (2000) o potássio ocorre sob a forma solúvel, o que o torna altamente susceptível a lixiviação, o que pode ter ocorrido, pois estatisticamente o teor encontrado foi menor na estação chuvosa.

A análise da serapilheira acumulada para os macronutrientes nitrogênio, fósforo, cálcio e enxofre e os micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco, e o teor de carbono orgânico mostrou efeito significativo ( $p < 0,05$ ) somente para o fator cobertura florestal.

Na coleta de serapilheira acumulada ao final da estação seca, os teores de nitrogênio encontrados nas áreas MN, REA e RED não diferiram estatisticamente entre si.

Na estação chuvosa, as coberturas MN e RED não apresentaram diferença significativa para os teores de nitrogênio, sendo que a REA apresentou menor média comparando com a MN. No entanto, REA foi estatisticamente igual a RED.

Tabela 6. Teores médios de macro, micronutrientes e carbono orgânico da serapilheira acumulada, em duas épocas de coletas, na ARIE Laerth Paiva Gama, Alegre – ES

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	CO	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>						%	t kg <sup>-1</sup>				
<b>Estação Seca</b>												
<b>MN</b>	17,50aA	0,45aA	2,65aA	16,75aA	1,93aA	1,55aA	52,25aA	47,75aA	12,00aA	2190,62bA	539,00aA	27,75bA
<b>REA</b>	16,75aA	0,40aA	1,32bA	11,37bA	1,12bA	0,80bA	53,00aA	25,25bA	8,25bA	3628,12bA	409,75aA	19,00bA
<b>RED</b>	15,50aA	0,50aA	1,50bA	13,37abA	1,87aA	0,95bA	48,00bA	27,00bA	12,25aA	7823,12aA	526,50aA	37,75aA
<b>Estação Chuvosa</b>												
<b>MN</b>	18,00aA	0,50aA	0,82abB	13,87aA	1,03bB	1,82aA	52,00aA	30,00aB	12,75aA	4096,87aA	500,00aA	25,75bA
<b>REA</b>	14,75bA	0,45aA	0,52bB	10,50aA	1,00bB	0,77bA	52,50aA	23,00aB	8,50bA	4093,75aA	435,75aA	20,00bA
<b>RED</b>	15,50abA	0,40aA	1,00aB	13,75aA	2,12aB	1,00bA	50,75aA	24,75aB	12,00aA	5565,62aA	441,50aA	38,50aA

MN (mata nativa); REA (reflorestamento de Eucalipto e Acácia); RED (Reflorestamento com espécies diversas)

Colunas seguidas por uma mesma letra minúscula para cada cobertura e maiúscula para cada época de coleta, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo Campos et al (2007) a decomposição da serapilheira é o processo que praticamente controla, através da disponibilização de N contido no material vegetal em decomposição, os teores de nitrogênio disponíveis às plantas em áreas florestais.

Dentre os teores de cálcio e cobre mensurados na estação seca, as maiores médias obtidas foram encontradas nas coberturas MN e RED, enquanto o enxofre foi maior na MN. Porém, para os nutrientes ferro e zinco, os maiores teores foram encontrados na cobertura RED e o carbono orgânico foi menor na RED.

Na estação chuvosa, os teores de fósforo, cálcio, carbono orgânico, boro, ferro e manganês não diferiram estatisticamente entre si sob nenhuma cobertura ( $p < 0,05$ ). Os teores de enxofre obtiveram maior média na cobertura MN; o zinco na RED e o cobre em ambos (MN e RED, respectivamente).

De acordo com Caldeira et al (2007) a serapilheira acumulada é a principal via de transferência de N, K e Ca e carbono orgânico para o solo. Já Haag (1985) considera que a tendência de concentração de nutrientes na serapilheira de sistemas florestais naturais é bastante similar ao de florestas implantadas.

#### **4.2.3. Acúmulo de macro e micronutrientes na serapilheira**

Na tabela 7 são apresentados os resultados do acúmulo de macro e micronutrientes na serapilheira, analisados através da interação dupla (épocas de coleta e coberturas florestais). Quando as interações foram não significativas, analisou-se somente a coberturas.

Para os macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e os micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês, zinco e enxofre avaliados neste trabalho verificou-se que há efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para a interação dupla entre os fatores cobertura florestal e épocas de coleta para o fator conteúdo de nutrientes na biomassa acumulada. Os conteúdos encontrados e que apresentaram diferença estatística significativa foram mais altos na coleta da estação seca para todos os parâmetros. Quanto à cobertura florestal observou-se que para o fósforo, cálcio, manganês e zinco não houve diferença entre os tipos de coberturas (MN, REA e RED); para o potássio, enxofre e boro

as maiores médias obtidas foram na MN; nitrogênio na REA e o magnésio obteve maiores médias na MN e RED.

O conteúdo médio dos nutrientes foi respectivamente (em kg ha<sup>-1</sup>) na coleta da estação seca e chuvosa para a MN de 413,071 e 289,426, para a REA de 521,915 e 309,889 e para RED foi de 471,67 e 336,173. Observa-se com isso que a perda de nutrientes na estação chuvosa pela MN e RED foi de aproximadamente 30%, mantendo-se constante de acordo com a quantidade de biomassa perdida, enquanto na REA foi de aproximadamente 40%, revelando maior perda de nutrientes.

A ordem decrescente de macronutrientes acumulados para a coleta realizada na estação seca foi na MN e REA: N > Ca > K > Mg > S > P e na RED: N > Ca > Mg > K > S > P. Na estação chuvosa a ordem decrescente foi N > Ca > S > Mg > K > P para a MN, bem como N > Ca > Mg > S > K > P para REA e por fim, N > Ca > Mg > S = K > P para a RED. Klippel (2011), em mata de tabuleiros no norte do ES e Godinho (2010) em uma mata nativa no sul do ES encontraram valores menores para N em relação ao Ca, diferindo de todos os resultados deste estudo. No entanto os resultados foram iguais aos encontrados por Caldeira et al. (2008) em uma Floresta Ombrófila Densa Submontana em Blumenau (SC).

A ordem decrescente de micronutrientes acumulados para a estação seca e chuvosa para as coberturas MN e REA foi Fe > Mn > B > Zn > Cu. Enquanto na RED também para as duas estações, os micronutrientes apresentaram a mesma ordem, que foi Fe > Mn > Zn > B > Cu. Klippel (2011), para os micronutrientes encontrou ordem semelhante, excetuando-se apenas na RED, que nesse estudo apresentou maior conteúdo de B em relação ao Cu. Godinho (2011), também no sul do ES, encontrou ordem semelhante à encontrada na MN e REA.

Tabela 7. Acúmulo médio de macro e micronutrientes da serapilheira acumulada, em duas épocas de coletas, na ARIE Laerth Paiva Gama, Alegre – ES

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	kg ha <sup>-1</sup>										
<b>Estação Seca</b>											
<b>N</b>	165,686bA	4,260aA	24,852aA	158,585aA	18,343abA	14,675aA	0,452aA	0,113aA	20,740cA	5,103aA	0,262bA
<b>REA</b>	243,749aA	5,820aA	19,281bA	165,531aA	16,371bA	11,641bA	0,367bA	0,120aA	52,797bA	5,962aA	0,276bA
<b>RED</b>	173,547bA	5,598aA	16,794bA	149,754aA	20,993aA	10,636bA	0,302bA	0,137aA	87,592aA	5,895aA	0,422aA
<b>Estação Chuvosa</b>											
<b>MN</b>	127,774aB	3,194aB	5,856aB	98,493aB	7,329bB	12,954aB	0,212aB	0,090aB	29,082bB	4,260aB	0,182bB
<b>REA</b>	140,509B	3,810aB	5,001aB	100,024aB	9,526bB	7,382bB	0,219aB	0,080aB	38,997bB	4,151aB	0,190bB
<b>RED</b>	130,246aB	4,621aB	8,403aB	115,541aB	17,853aB	8,403bB	0,207aB	0,100aB	46,767aB	3,709aB	0,323AB

#### 4.3. ANÁLISE DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Na Tabela 8 são apresentados os resultados dos atributos químicos do solo, analisados através da interação dupla (profundidades e coberturas florestais). Quando as interações duplas foram não significativas, analisou-se somente a cobertura florestal.

A análise dos atributos estudados mostrou que para o potássio, acidez potencial (H + Al) e a CTC a pH 7,0 (T) houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para a interação dupla, ou seja, diferiu entre as profundidades coletadas e entre pelo menos uma das coberturas florestais, sendo as maiores médias obtidas na profundidade de 0 – 20 cm. Segundo Prezotti et al (2007) os níveis de K, (H + Al) e T podem ser classificados como baixo, alto e médio, respectivamente. O resultado obtido para o potássio é concordante com Ferreira et al, (2009) que também verificaram menores teores deste nutriente em profundidades maiores que 20 cm, formando gradientes decrescentes de concentração de K a partir da superfície do solo. Segundo Camargo et al (2010) a acidez potencial (H+Al) é maior na superfície, diminuindo enquanto se aprofunda no perfil. A acidez potencial está diretamente relacionada com a matéria orgânica e segue o mesmo padrão de distribuição, ou seja, diminui com a profundidade, concordando com os resultados encontrados neste estudo.

Para os atributos químicos pH, cálcio, magnésio, alumínio, soma de bases (SB), CTC efetiva (t), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) observou-se que não houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) entre as profundidades. Os efeitos da vegetação sobre a acidez do solo foram estudados por Silva (1988) na região Sul da Bahia, onde não houve diferença no pH do solo, cálcio, magnésio e alumínio, sob *Pinus caribaea* var. hondurensis em relação à mata nativa.

A MN e a RED não diferiram estatisticamente para o atributo SB. O teor de fósforo não diferiu estatisticamente na MN, REA e RED na profundidade 0 – 20 cm. A ausência de diferença estatística para o fósforo pode ter ocorrido em função da acidez dos solos coletados na profundidade de 0 – 20 cm, conforme indica Silva (1999) que afirma que em solos ácidos há menor disponibilidade de fósforo, em função de sua adsorção às argilas. E também da pobreza natural dos solos brasileiros.

Tabela 8. Médias das quatro parcelas para o resultado da análise química do solo para cada cobertura em duas profundidades de coletas, na ARIE Laerth Paiva Gama, Alegre – ES

Tratamento	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	V	m	MO
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					%		dag/kg	
<b>(Profundidade) 0 – 20 cm</b>													
<b>MN</b>	4,87abA	1,25aA	81,00aA	1,29aA	0,45abA	1,25aA	5,90aA	1,82aA	3,07aA	7,67aA	23,50aA	41,50abA	2,56aA
<b>REA</b>	4,75bA	2,50aA	55,75bA	0,45bA	0,22bA	1,45aA	5,62aA	0,82bA	2,40bA	6,57bA	27,25aA	60,00aA	1,75bA
<b>RED</b>	4,95aA	1,50aA	51,25bA	0,72bA	0,57aA	0,50bA	3,60bA	1,45abA	1,95bA	5,02cA	28,50aA	26,25bA	1,35cA
<b>(Profundidade) 20 – 40 cm</b>													
<b>MN</b>	4,97bA	1,00bA	58,25aB	0,93aA	0,47aA	1,25aA	4,97aB	1,42aA	2,67bA	6,47aB	22,00aA	47,00abA	2,02aB
<b>REA</b>	4,77cA	2,25abA	41,00abB	0,36bA	0,25aA	1,55aA	5,45aB	0,75aA	2,30aA	6,20aB	25,00aA	67,25aA	1,55bB
<b>RED</b>	5,18aA	3,00aA	34,50bB	0,72abA	0,52aA	0,40bA	2,90bB	1,27aA	1,67bA	4,25bB	30,75aA	23,75bA	1,12cB

MN (mata nativa); REA (reflorestamento de Eucalipto e Acácia); RED (Reflorestamento com espécies diversas)

Colunas seguidas por uma mesma letra minúscula para cada cobertura e maiúscula para cada profundidade, não diferem estatisticamente entre si ao nível de, respectivamente, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com Prezotti et al (2007), os níveis encontrados para os atributos químicos estudados pertencem a mesma classificação dentro das profundidades coletadas, podendo ser classificados como de acidez elevada para pH, baixo para o fósforo, cálcio, magnésio, SB e V, médio para potássio, t e T e alto para o alumínio, H+Al e m, exceto para RED.

Verificou-se através da análise dos atributos avaliados na profundidade 20 – 40 cm que, dentre as médias que obtiveram diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ), o pH foi maior na RED, o fósforo na REA e RED, o cálcio, T e m na RED e MN e para o t na REA. Enquanto que os demais atributos avaliados (magnésio, alumínio, SB e V) não diferiram estatisticamente na MN, REA e RED na profundidade 20 – 40 cm. Os resultados obtidos para magnésio, alumínio, SB e V são discordantes dos encontrados por Correa et al (2009), em estudo realizado na região semiárida de Pernambuco, uma vez que observaram que a variação dos atributos do solo na vegetação nativa é muito menor quando se compara com solos com outros usos, como REA e RED.

## 5. CONCLUSÃO

A única espécie presente na regeneração natural, que ocorre similarmente nas três coberturas florestais analisadas foi a *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., uma exótica de alto potencial invasor, que pode prejudicar o estabelecimento de algumas espécies nativas. Por isso, a ARIE Laerth Paiva Gama necessita de um manejo para favorecer o desenvolvimento das florestas, para que cumpram suas funções adequadamente.

A biomassa de serapilheira acumulada foi influenciada pela sazonalidade, apresentando maiores valores na estação seca.

As análises nutricionais da serapilheira acumulada mostraram que os teores de potássio, magnésio e boro foram maiores na estação seca. Os teores de nitrogênio, fósforo, cálcio, enxofre, cobre, ferro, manganês, zinco e carbono orgânico na serapilheira acumulada, em geral variaram pouco de acordo com a cobertura florestal.

O acúmulo de nutrientes na biomassa acumulada foi maior na estação seca para todas as coberturas, acompanhando as quantidades de biomassa observadas.

A ordem decrescente do acúmulo de macronutrientes para a estação seca foi na MN e REA:  $N > Ca > K > Mg > S > P$ ; e na RED:  $N > Ca > Mg > K > S > P$ . Na estação chuvosa a ordem decrescente foi  $N > Ca > S > Mg > K > P$  para a MN, bem como  $N > Ca > Mg > S > K > P$  para REA e por fim,  $N > Ca > Mg > S = K > P$  para a RED

O acúmulo de micronutrientes apresentaram a seguinte ordem:  $Fe > Mn > B > Zn > Cu$ , excetuando-se apenas a RED na estação chuvosa, que foi  $Fe > Mn > Zn > B > Cu$ .

Os resultados obtidos com o estudo dos atributos químicos do solo nas duas profundidades revelaram que os teores de potássio e os níveis de  $H + Al$ , CTC a pH 7,0 e MO foram maiores na camada superficial (0 – 20 cm). O teor de fósforo não diferiu entre as áreas estudadas.

Na camada de 0 – 20 cm, os teores de potássio, cálcio, CTC efetiva (t), e CTC a pH 7,0 (T) obtiveram maiores teores na cobertura florestal MN. Os teores de fósforo e saturação por bases (V) não diferiram entre as coberturas.

Na camada de 20 – 40 cm o pH foi maior na RED e a CTC efetiva (t) na REA. Os teores de Mg, SB e saturação por bases (V) não diferiram entre as coberturas.

Os indicadores estudados mostraram de uma maneira geral que podem ser utilizados para comparar a influencia das diferentes coberturas florestais estudadas sobre as características do ambiente, porém necessitam de avaliações e estudos em longo prazo para serem efetivamente usados como critérios em projetos de recuperação de áreas degradadas. Neste estudo a Mata Nativa não se mostrou com os valores ideais, mas ainda assim foram melhores que os reflorestamentos.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALEGRE (Município). **Lei nº 1942, de ... de 1991**. Alegre, 1991.
- ALEGRE (Município). **Lei nº 2693, de 28 de dezembro de 2005**. Alegre, 2005.
- ALVES, L.F.; METZGER, J. P. **A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP**. *Biota Neotrop.* May/Aug 2006 vol. 6 no. 2
- AYRES, J. M., FONSECA, G. A. B. DA, RYLANDS, A. B., QUEIROZ, H. L., PINTO, L. P., MASTERSON, D., CAVALCANTI, R. B. **Os Corredores Ecológicos das Florestas Tropicais do Brasil**. Belém, PA: Sociedade Civil Mamirauá, 2005. 256p.
- BARBOSA, L. M. **Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: matas ciliares do interior paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006.
- BAWA, K. S.; PERRY, D. R.; GRAYUM, M. H. & COVILLE, R. E. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. **American Journal of botany** 72: 346-356. 1985.
- BECERRA, A. T. **Design an Indicators Net of Sustainability to Dynamic Evaluation of Rural Development Process in Leader and Proder Areas**. Universidade de Almeria, 2003. 20p.
- BERGHER, I. S. **Estratégias para edificação de micro-corredores ecológicos entre fragmentos de mata atlântica no sul do Espírito Santo**. 2008. 111 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, CCA-UFES, Alegre, ES, 2008.
- BOREM, R.A.T.; RAMOS, D.P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **Cerne**, Lavras, v.8, n.2, p.42-59, 2002.
- BRASIL. **Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000**. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.ecosocialnet.com/legislacao/SNUC.pdf>> Acesso em: 02 de setembro de 2010.
- BRASIL. **Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica e dá outras providências (Lei da Mata Atlântica). Brasília, 2006. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm)> Acesso em: 27 de agosto de 2011.
- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rain Forest species, in the light of successional processes. **Turrialba**, Costa Rica, v.15, n.1, p.40-42, 1965.

CABIANCHI, G.M. **Ciclagem de nutrientes via serapilheira em um fragmento ciliar dorio Urupá, (Rondônia)**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, SP. Piracicaba, SP. 2010.

CALDEIRA, M. V. W. MARQUES, R., SOARES, R. V., BALBINOT, R. Quantificação de serrapilheira e de nutrientes - Floresta Ombrófila Mista Montana - Paraná. **Revista Acadêmica. Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 5, p. 101-116, 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CAMARGO, M. F.; ROQUE, C. G.; UMETSU, R. K. PIERANGELI, A. P.; SILVA, T. R. C. Fertilidade do solo da área ciliar da sub-bacia hidrográfica Mariana, para fins de conservação ambiental. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 5, n. 1, 2010.

CAMPOS, J. C.; LANDGRAF, P. R. C. Análise da regeneração natural de espécies florestais em matas ciliares de acordo com a distância da margem do lago. **Ciência Florestal**, v.11, n.2, p.143-15, 2001.

CAMPOS, M. L.; MARCHI, G.; LIMA, D. M.; SILVA, C. A. **Ciclagem de nutrientes em floretas e pastagens**. **Boletim Agropecuário**, n.65, p. 1-61 Lavras/MG, 2007

CARPANEZZI, A. A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e uma plantação de eucalyptus no interior do Estado de São Paulo**. 1980. 107f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

CARPANEZZI, A. A. **Banco de sementes e deposição de folheto e seus nutrientes em povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) na região metropolitana de Curitiba- PR**. 1997. 177 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1997.

CARVALHO, F. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em florestas de *Araucaria angustifolia* O. Ktze. no Estado de São Paulo**. Piracicaba, 2005. 95p. Dissertação (Mestrado) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

CASTANHO, G.G. **Avaliação de dois trechos de uma Floresta Estacional Semidecidual restaurada por meio de plantio, com 18 e 20 anos, no Sudeste do Brasil**. 2009. 112 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2009.

CORRÊA, R. M.; SANTOS, M. B. G. F.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 33, p.305-314, 2009.

COSTA, M. do. P.; NAPPO, M. E.; CAÇADOR, F. R. D.; BARROS, H. H. D. de. Avaliação do processo de reabilitação de um trecho de floresta ciliar na bacia do rio Itapemirim-ES. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 5, p. 835-851, 2010.

CURTIS, J. T. & MCINTOSH, R. P. An upland forest continuum in the prairieforest border region of Wisconsin. **Ecology**, Durham, 32(3): 476-496, 1951.

DADALTO, G.G.; FULLIN, E.A. **Manual de Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 4ª aproximação. Vitória: INCAPER, SEAG, 2001. p.118-121.

DÁRIO, F. R., ALMEIDA, A. F. Influência de corredor florestal sobre a avifauna da Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, n.58, p.99-109, 2000.

DEMATTE, L. L. I.; DEMATTE, J. A. M. Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões de floresta Amazônica e do cerrado do Brasil central. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 272-286, 1993.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1997.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. SPI, Brasília, DF, 412 p, 1999.

ESPÍNDOLA, M. B. de; BECHARA, F. C.; BAZZO, M. S.; REIS, A. Recuperação ambiental e contaminação ecológica: aspectos ecológicos e legais. **Biotemas**, Florianópolis, 18 (1): 27 - 38, 2005.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado de Ações Estratégicas e Planejamento. Departamento Estadual de Estatística. **Informações municipais do Estado do Espírito Santo**. Vitória, V.1, 803 p, 1994.

ESTRADA, A. & FLEMING, T. H. Frugivores and seed dispersal. (Junk, W. publish.). **The Hague**. 346 p, 1986.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

FERREIRA, W. C. **Estabelecimento de mata ciliar em áreas degradada e perturbada**. Lavras, MG: UFLA, 2006. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, 2006.

FERREIRA, E. V. O.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F; GIGANTE, S. E, V. CAO, E. G. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 33, p.1675-1684, 2009.

FINOL, U. H. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, v. 14, n. 21, p. 29-42, 1971.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL - FSC. **Padrões de certificação do FSC para manejo florestal em terra firme na Amazônia Brasileira**. Brasília: Grupo de Trabalho do FSC no Brasil. 33p, 1998.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2008-2010: Relatório parcial**. São Paulo. 60 p, 2010.

GANDOLFI, S. **Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta residual na área do Aeroporto Internacional de São Paulo, município de Guarulhos, SP**. 1991. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

GARWOOD, N. C. Tropical soil seed banks: a review. In: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. **Ecology of soil seed banks**. Academic Press, San Diego, 1989.

GODINHO, T. O. **Quantificação de biomassa e de nutrientes na serapilheira em trecho de floresta estacional semidecidual submontana, Cachoeiro de Itapemirim, ES**. Jerônimo Monteiro, ES: UFES, 2011. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

GOMES, A. P. C. **Crítérios e indicadores de sustentabilidade para o manejo de florestas tropicais**. 2000. 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, IBGE. Manuais técnicos em Geociências nº 1, 91 pp, 1992.

IBGE. Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE. 2004. Acessível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

IPEMA (Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica). **Conservação da Mata Atlântica no Espírito Santo: cobertura florestal e unidades de conservação**. Vitória: IPEMA, Conservação Internacional. 142 p, 2005.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical Forest ecosystems**. Chichester: John Wiley & Sons. 190p, 1985.

KLIPPEL, V. H. **Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata Atlântica de Tabuleiros**. 2011. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Tradução de: ALMEIDA-SEDAS, G.; CALCAGNOTTO, G. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges., 343 p, 1990

LIMA, K. F. **Determinação de indicadores biológicos para áreas de floresta secundária no município de Manaus-AM**. 2008. 83 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

LOUMAN, B.; DAVID, Q.; MARGARITA, N. **Silvicultura de bosques latifoliados úmidos com ênfases em América Central**. Costa Rica, Turrialba: CATIE. 265 p, 2001.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2<sup>a</sup> ed. London: Academic Press, 1997. 889 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil/Centro de Produções Técnicas, 146 p, 2001.

MAUHS, J. **Fitossociologia e regeneração natural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista exposto a perturbações antrópicas**. 2002. 66p. Dissertação (Mestrado em Diversidade e Manejo de Vida Silvestre). UNISINUS, São Leopoldo, 2002.

MEDEIROS, R. A. **Dinâmica de sucessão secundária em floresta de transição na Amazônia Meridional**. 2004. 104 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Ed). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, p. 171-223, 1999.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, poços de caldas, MG**. Rio Claro, SP: UEP, 2004. 139p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas: Área de Concentração: Biologia Vegetal) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2004.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons. 547 p, 1974.

NAPPO, M. E. **Dinâmica da regeneração natural de espécies arbóreas e arbustivas no sub-bosque de povoamento de *Mimosa scabrella* Bentham, em Poços de Caldas - MG.** Viçosa, MG: UFV, 2002. 97 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.

NAPPO, M. E.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MARTINS, S. V. A estrutura do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 17-29, 2000.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Delimitação automática de áreas de preservação permanente (APP) e identificação de conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Alegre. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia - GO. **Anais...** São José dos Campos, INPE, 2005.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, p. 322-330, 1963.

PINHEIRO, A. L.; RAMALHO, R. S.; VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. Estudos dendrológicos com vistas à regeneração natural de Meliaceae na microrregião de Viçosa. I. Identificação e descrição de dez espécies. **Revista Árvore**, v. 13, n. 1, p.1-66, 1989.

PIOLLI, A. L.; CELESTINI, R. M.; MAGON, R. **Teoria e prática em recuperação de áreas degradadas:** plantando a semente de um mundo melhor. Apostila da Associação de Defesa do Meio Ambiente – Planeta Água. Serra Negra, SP, 2004.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo. **5ª aproximação.** Vitória, ES: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 305 p., 2007.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação.** Londrina, E. Rodrigues, 328 p, 2001.

POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*:** implicações silviculturais. Piracicaba, 1985. 211 p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

POGGIANI, F. Estrutura, funcionamento e classificação de florestas: implicação ecológica em florestas plantadas. **Documentos Florestais**, 3:9-14, 1989.

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

REIS, L. L. **Monitoramento da recuperação ambiental de áreas de mineração de bauxita na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Porto Trombetas (PA)**. Tese de doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 175 p, 2006.

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E.; PEREIRA, J. **Matéria orgânica em solos de cerrado**. In: RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS 1985/1987. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1991. p. 105-107

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan S.A. 470 p, 1996.

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

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

SANTANA, J. A. S. et al. Acúmulo de serapilheira em plantios puros e em fragmentos de Mata Atlântica na Floresta Nacional de Nísia Floresta – RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 59-66, 2009.

SATTLER, M. A. **Variabilidade espacial de atributos de um Argissolo vermelho-amarelo sob pastagem e vegetação nativa na bacia hidrográfica do Itapemirim**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidâneas heterogêneas**. Santa Maria: UFSM. 195 p, 2000.

SEMAGMA - Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente de Alegre, ES. **Diagnóstico sócio ambiental da ARIE “Laerth Paiva Gama” e seu entorno, município de Alegre – ES**. Alegre, ES. 344 p. Material não publicado.

SHEPHERD, G.J. **Fitopac 2.01** - Manual do usuário. UNICAMP, Campinas. 2009.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999.

SILVA, L. F. Alterações edáficas provocadas por essências florestais implantadas em solos de tabuleiro no Sul da Bahia. **Revista Theobroma**, v.18, n.4, p.259-267, 1988

SILVA, R. D.; ZORZANELLI, J. P. F.; SANTOS, E. M.. Utilização de espécies exóticas invasoras em reflorestamentos mistos para recuperação em duas Unidades de Conservação. In: VI Simpósio de Pós Graduação em Ciências Florestais e II Simpósio de Ciência e Tecnologia da Madeira do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. **Anais...** Rio de Janeiro, UFRRJ, 2010.

SOUZA, F. M. **Estrutura e dinâmica do estrato arbóreo e da regeneração natural em áreas restauradas**. 2000. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.

SPERANDIO, H. V. **Avaliação de Sistemas de Restauração Florestal**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro - ES, 55 p, 2010.

TAVARES, S. L. R. Et Al. **Curso de Recuperação de Áreas Degradadas - Visão da Ciência do Solo no Contexto do Diagnóstico, Manejo, Indicadores de monitoramento e Estratégias de Recuperação**. EMBRAPA SOLOS, Documento 103, Rio de Janeiro, 2008.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed., Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5).

VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. Nutrient Cycling in Moist Tropical Forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, p. 137-167, 1986.

VIVAN J. L. FLORIANI, G. dos S.. **Construção participativa de indicadores de sustentabilidade em sistemas agroflorestais em rede na mata atlântica**. Artigo elaborado para o Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais em Curitiba PR, 2004.

WHITMORE, T. C.. Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. In: LAWRENCE W. F.; BIERREGAARD JR, R. O. (Ed.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: The University of Chicago Press, p.3-12, 1997.

ZILLER, S. R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas invasoras. **Revista Ciência Hoje**. n. 178, dez. 2001.

ZILLI, E. J.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. C.; NEVES, M. C. P.. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, 2003.