

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
EDUCAÇÃO AGRÍCOLA**

**DISSERTAÇÃO**

**A PESQUISA CIENTÍFICA NO PROCESSO DE  
ENSINO-APRENDIZAGEM: UMA ABORDAGEM A  
PARTIR DO ESTUDO DA CICLAGEM DE  
NUTRIENTES NA CULTURA DO EUCALIPTO**

**JACKSON APARECIDO GOMES VIEIRA**

**2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AGRÍCOLA**

**A PESQUISA CIENTÍFICA NO PROCESSO DE ENSINO-  
APRENDIZAGEM: UMA ABORDAGEM A PARTIR DO ESTUDO DA  
CICLAGEM DE NUTRIENTES NA CULTURA DO EUCALIPTO**

**JACKSON APARECIDO GOMES VIEIRA**

**Sob a Orientação do Professor  
Eduardo Lima**

**e Co-orientação do Professor  
Everaldo Zonta**

**Dissertação submetida como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
Mestre em Ciências, no Programa de  
Pós-Graduação em Educação  
Agrícola, Área de Concentração em  
Educação Agrícola.**

**Seropédica, RJ  
Outubro-2009**

630.7

V658p

T

Vieira, Jackson Aparecido Gomes, 1963-.

A pesquisa científica no processo de ensino-aprendizagem: uma abordagem a partir do estudo da ciclagem de nutrientes na cultura do eucalipto / Jackson Aparecido Gomes Vieira - 2009.

60 f.: il.

Orientador: Eduardo Lima.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola.

Bibliografia: f. 52-58.

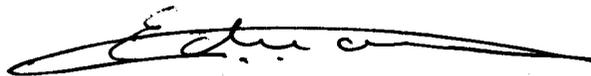
1. Ensino agrícola - Teses. 2. Ensino técnico - Teses. 3. Eucalipto - Cultivo - Teses. I. Lima, Eduardo. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AGRÍCOLA**

**JACKSON APARECIDO GOMES VIEIRA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola, Área de Concentração em Educação Agrícola.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 09 de outubro de 2009.



---

Eduardo Lima, Dr. UFRRJ



---

Sandra Barros Sanchez, Dra. UFRRJ



---

Alexander Silva de Resende, Dr. EMBRAPA Agrobiologia

Á minha família: minha amada esposa Marcella e minha querida filha Rafaella, por terem sabido entender as minhas ausências durante esse período, sempre com carinho e compreensão; à minha mãe, aos meus irmãos, ao meu pai e a Indinha (*in memoriam*), que, mesmo de longe e, com certeza, na companhia de Deus, terem-me dado muita luz.

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos Professores Eduardo Lima e Everaldo Zonta, pela orientação, pelos ensinamentos, pela amizade, pela disponibilidade e pelo incentivo.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola (PPGEA), em especial aos Professores Gabriel de Araújo Santos e Sandra Barros Sanchez, mentores e coordenadores do PPGEA; ao técnico-administrativo Nilson de Brito Carvalho, pelo apoio e ensinamentos durante o Curso.

À Professora Lia Mar, pelas valiosas contribuições no âmbito educacional; e ao doutorando em Agronomia-Ciência do Solo Arcângelo Loss, por ter contribuído magnificamente no capítulo de Ciclagem de Nutrientes e na formatação deste trabalho.

Ao meu amigo de longa data Professor José Ricardo, pelas palavras amigas e grandes favores durante todas as fases do projeto.

À Direção da Escola Agrotécnica Federal de São João Evangelista, em nome do seu diretor-geral Professor Kleber Gonçalves Glória, pelo incentivo e apoio financeiro ao PPGEA.

Aos alunos da EAFSJE, pela participação voluntária do projeto e por terem dado todo o brilho especial a esta pesquisa.

Ao Grande arquiteto do universo que é Deus, por tudo de bom que tem colocado na minha vida, sempre na hora certa.

A todos o meu muito obrigado.

## BIOGRAFIA

JACKSON APARECIDO GOMES VIEIRA, filho de João Paulino Vieira e Creusa Maria Flor de Maio Vieira, nasceu na cidade de São João Evangelista, MG, no dia 15 de fevereiro de 1963.

Em 1980, concluiu o Curso Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de São João Evangelista, MG.

Em 1984, diplomou-se em Licenciatura em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Em 1986, concluiu o Curso de Aperfeiçoamento em Irrigação e Drenagem pelo Centro Nacional de Engenharia Agrícola, em Iperó, SP.

Em 1988, concluiu o Curso de Especialização em Metodologia de Ensino Superior (*Lato sensu*) pela Fundação Percival Farquhar, em Governador Valadares, MG.

Em 1996, concluiu o Curso de Especialização em Didática aplicada à Educação Tecnológica (*Lato sensu*) pelo CEFET-RJ.

Em 2001, especializou-se em Cafeicultura Empresarial (*Lato sensu*) pela Universidade Feral de Lavras (UFLA), em Lavras, MG.

Exerceu a função de Diretor-Adjunto da EAFSJE-MG, no período de 1995 a 1999.

Em 2006, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Educação Profissional Agrícola, no Instituto de Agronomia, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

## RESUMO

VIEIRA, Jackson Aparecido Gomes. **A pesquisa científica no processo de ensino-aprendizagem: uma abordagem a partir do estudo da ciclagem de nutrientes na cultura do eucalipto.** 2009. 60 f. Dissertação (Mestrado em Educação Agrícola). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

O fazer para aprender descolado dos demais saberes já não cabe como premissa pedagógica nos dias de hoje das nossas escolas, visto que é preciso utilização de novas tecnologias no processo de produzir conhecimentos flexibilizados no tempo/espaço de construção. Este trabalho teve como objetivo oferecer subsídios teórico-metodológicos, para a compreensão da ciência a partir de métodos e processos de investigação, que no âmbito da formação profissional na Escola Agrotécnica poderá desenvolver o espírito crítico científico do aluno do curso Técnico em Agropecuária. O trabalho foi desenvolvido por meio de um processo de ensino-aprendizagem baseado em abordagem a partir do estudo da ciclagem de nutrientes na cultura do eucalipto. O estudo foi desenvolvido na Escola Agrotécnica Federal de São João Evangelista, hoje Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG – Campus São João Evangelista). Duas turmas de alunos voluntários, compostas por 21 alunos, foram submetidas ao processo de ensino-aprendizagem. Uma turma foi trabalhada com o método tradicional de ensino e a outra com o método científico. Às duas turmas foi aplicado um questionário contendo 10 questões referentes à cultura do eucalipto. No primeiro capítulo, avaliou-se, por meio da metodologia científica, a ciclagem de nutrientes na cultura do eucalipto. Verificou-se que a deposição de serapilheira sobre o solo permitiu a liberação de macronutrientes para o solo, destacando-se o N e Ca. O acúmulo de serapilheira também beneficiou a fertilidade do solo, sendo verificada melhoria em quase todos os atributos avaliados, com ênfase na matéria orgânica do solo. No segundo capítulo, avaliou-se a eficiência das metodologias de ensino (tradicional e científica) no processo de ensino-aprendizagem, tendo o método científico se mostrado mais eficiente que o tradicional, pois neste os alunos adquiriram mais conhecimentos sobre o assunto, além de maior interesse, por estarem descobrindo e esclarecendo suas antigas dúvidas e crenças. Esse maior aprendizado foi facilmente verificado, observando-se as notas do questionário e também as suas participações, bem efetivas durante as atividades.

**Palavras-chave:** Metodologia de ensino. Curso técnico. Interface aluno-planta-solo.

## ABSTRACT

VIEIRA, Jackson Aparecido Gomes. **The scientific research in the teaching-learning process: an approach starting from the study of the cycling of nutrients in the culture of the eucalyptus.** 2009. 60 f. Dissertation (Master Science in Agricultural Education). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

Doing to learn unstuck of the others know no longer it fits as pedagogic premise in the days today of our Schools, because it is necessary use of new technologies, in the process of producing knowledge flexible in the construction time/space. This work had as objective offers theoretical-methodological subsidies, for the understanding of the science starting from methods and investigation processes, that in the extent of the professional formation in the Agrotécnica School, it can develop the student's of the technical course scientific critical spirit in farming. The work was developed through a teaching-learning process based on an approach starting from the study of the cycling of nutrients in the culture of the eucalyptus. The study was developed at the School Federal Agrotécnica of São João Evangelista, today Federal Institute of Education Science and Technology of Minas Gerais (IFMG-Campus São João Evangelista). Two groups of voluntary students, composed by 21 students, they were submitted to the teaching-learning process. A group was worked with the traditional method of teaching and the other with the scientific method. To the two groups a questionnaire was applied containing 10 subjects regarding the culture of the eucalyptus. In the first chapter it was evaluated, through the methodology it informs, the cycling of nutrients in the culture of the eucalyptus. It was verified that the burlap deposition on the soil allowed the macronutrients liberation for the soil, standing out N and Ca. The burlap accumulation also benefitted the fertility of the soil, being verified improvement in almost all of the appraised attributes, with emphasis in the organic matter of the soil. In the second chapter the efficiency of the teaching methodologies was evaluated (traditional and it informs) in the teaching-learning process, and the scientific method was shown more efficient than the traditional, because in this the students acquired more knowledge on the subject besides a larger interest, for they be discovering and explaining their old doubts and faiths. This larger learning was verified being observed the notes of the questionnaire easily and also in their participations, very effective during the developed activities.

**Words key:** Teaching methodology. I study technician. Interface student-plant-soil.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Serapilheira total e precipitação anual no período de maio/2007 a abril/2008 ....	27
<b>Tabela 2</b> – Concentração anual de nutrientes depositados pela serapilheira.....	28
<b>Tabela 3</b> – Caracterização da fertilidade do solo na área de estudo no início e final do cultivo do eucalipto .....	30
<b>Tabela 4</b> – Distribuição das notas dos alunos que participaram do estudo .....	48

## LISTAS DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Mapa de localização da Microbacia do Ribeirão São Nicolau Grande.....	22
<b>Figura 2</b> – Perfil do solo Latossolo Vermelho-Amarelo da área de estudo.....	23
<b>Figura 3</b> – Relevo e situação das áreas de plantio de eucalipto na região. ....	24
<b>Figura 4</b> – Gráfico 1. Produção mensal de serapilheira ( $t\ ha^{-1}$ ) e índices pluviométricos (mm). .....	26
<b>Figura 5</b> – Gráfico 2: concentração mensal de nutrientes na serapilheira depositada.....	28
<b>Figura 6</b> – Gráfico 3: Produção mensal de nutrientes da serapilheira. ....	29
<b>Figura 7</b> – Gráfico 4: Transferência anual de nutrientes ao solo. ....	29
<b>Figura 8</b> – Gráfico 5: Quantidade de nutrientes na serapilheira acumulada. ....	30
<b>Figura 9</b> – Alunos da EAFSJE, voluntários, que participaram do projeto (modelo científico). .....	39
<b>Figura 10</b> – Alunos da EAFSJE, voluntários, que participaram do estudo (modelo convencional). Respondendo ao questionário.....	40
<b>Figura 11</b> – Talhão de eucalipto utilizado na condução do experimento da ciclagem de nutrientes.....	41
<b>Figura 12</b> – Coletor de madeira e sombrite utilizados para a coleta da serapilheira depositada. .....	42
<b>Figura 13</b> – Coleta de serapilheira depositada nos coletores. ....	43
<b>Figura 14</b> – Secagem da serapilheira em estufa de circulação de ar forçada.....	44
<b>Figura 15</b> – Pesagem da serapilheira seca.....	45
<b>Figura 16</b> – Detalhe do coletor de serapilheira (coletor vazado de madeira). ....	46
<b>Figura 17</b> – Material acumulado sobre o solo na área de plantio de eucalipto. ....	46
<b>Figura 18</b> – Amostragem do solo para avaliação da fertilidade.....	47

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
2.	<b>REVISÃO DE LITERATURA GERAL</b> .....	4
2.1.	Definições de Ciência .....	4
2.1.1.	Critérios de cientificidade .....	4
2.2.	Conhecimento Popular e Conhecimento Científico .....	5
2.2.1.	Características comparativas entre conhecimento popular e conhecimento científico .....	6
2.3.	Pesquisa Científica e Métodos Científicos.....	6
2.3.1.	Pesquisa científica .....	6
2.3.2.	Método científico .....	7
2.4.	A Ciclagem de Nutrientes .....	8
2.5.	Produção e Decomposição de Serapilheira .....	9
2.6.	O Eucalipto e o Solo .....	13
2.7.	O Manejo Florestal e suas Implicações Ecológicas.....	14
	<b>CAPÍTULO I - CICLAGEM DE NUTRIENTES NA CULTURA DO EUCALIPTO</b>	<b>18</b>
	<b>RESUMO</b> .....	<b>19</b>
	<b>ABSTRACT</b> .....	<b>20</b>
1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
2.	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
2.1.	Caracterização da Área de Estudo .....	22
2.2.	Estimativa de Produção Mensal e Anual de Serapilheira .....	24
2.3.	Estimativa das Concentrações de Nutrientes na Serapilheira Depositada e Transferência Mensal e Anual de Nutrientes pela Serapilheira.....	24
2.4.	Estimativa do Estoque de Serapilheira Acumulada sobre o Solo.....	25
2.5.	Estimativa da Mineralomassa Contida na Serapilheira Acumulada.....	25
2.6.	Avaliação da Fertilidade do Solo.....	25
3.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
3.1.	Estimativa de Produção Mensal e Anual de Serapilheira .....	26
3.2.	Estimativa de Concentrações de Nutrientes na Serapilheira Depositada.....	27
3.3.	Transferência Mensal e Anual de Nutrientes via Serapilheira.....	28
3.4.	Estoque de Nutrientes na Serapilheira Acumulada .....	30
3.5.	Análise das Quantidades de Nutrientes do Solo .....	30
4.	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>32</b>
	<b>CAPÍTULO II - UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE PESQUISA CIENTÍFICA NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM</b> .....	<b>33</b>
	<b>RESUMO</b> .....	<b>34</b>
	<b>ABSTRACT</b> .....	<b>35</b>
1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>36</b>
2.	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>38</b>
2.1.	A Estruturação do Projeto de Pesquisa .....	38
2.2.	Escolha do Talhão de Eucalipto .....	40
2.3.	Construção e Distribuição dos Coletores de Serapilheira.....	41

2.4. Coleta Mensal de Serapilheira.....	42
2.5. Secagem na Estufa .....	44
2.6. Pesagem da Serapilheira .....	44
2.7. Coleta de Serapilheira Acumulada .....	45
2.8. Coleta de Solo.....	47
2.9. Estudos Realizados .....	47
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>50</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A pesquisa, em geral, aparece como sustentáculo fundamental do desenvolvimento econômico e social, mas no contexto escolar funciona como ferramenta primordial para aquisição de capacidades investigativas e reflexivas essenciais ao exercício da cidadania e das profissões. Percebe-se, sobretudo, que especificamente os técnicos em agropecuária, das Escolas Agrotécnicas Federais do país, necessitam de valorização das bases científicas na profissionalização, para que esse profissional tenha não somente condições de atender melhor ao mercado de trabalho, mas que ele possa também buscar soluções de problemas e indagações do seu dia a dia no trabalho, com mais fundamentos na pesquisa e na ciência, suprimindo, assim, as necessidades da comunidade na qual ele está inserido. Essa demanda de conhecimentos se torna ainda maior, devido à distância que esses municípios estão dos centros de pesquisa. Muitos problemas regionais poderiam ser estudados na sua própria origem, com a participação da comunidade; assim, todos poderiam dar sua parcela de contribuição.

As Escolas Agrotécnicas Federais passam, atualmente, por mudanças e adaptações profundas na sua estrutura física e curricular. Com a autonomia amplamente adquirida desde meados da década de 1990, as escolas, hoje, podem criar cursos superiores de nível tecnológico, desde que sejam aprovados pelo MEC. Essas mudanças requerem novas investidas, principalmente na abordagem didático-pedagógica. Vêm ocorrendo com isso novas exigências na formação inicial e em serviço de professores, para que num curto espaço de tempo, em ritmo bem acelerado, todos possam atender às adaptações e exigências das novas políticas educacionais.

Algumas escolas mais estruturadas e, sobretudo, aquelas com maior poder político já chegaram a um degrau acima e foram transformadas em Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFETs), recendo com isso mais recursos financeiros para suas adequações ao novo modelo. Nota-se, nos estudos de Nascimento, um capítulo somente dedicado ao poder político dos dirigentes de escolas agrotécnicas desde o tempo em que esses estabelecimentos educacionais se denominavam Patronatos ou Aprendizados, vinculados ao Ministério da Agricultura. Tal história se vincula aos dirigentes e ao mandonismo no campo, nas primeiras escolas de agricultura, em face das produções em larga escala das oligarquias.

Essa evolução do ensino técnico no país mostra, mais uma vez, preocupação em manter as populações menos privilegiadas no seu ponto de origem, evitando, assim, maior aglomerado de pessoas nos grandes centros urbanos, em busca do conhecimento científico e da formação profissional.

Parece-nos uma volta ao passado, no início dos anos de 1930, quando o ensino técnico foi coroado pela existência de vários projetos de construção de nacionalidade, alguns modernizantes, outros reacionários, mas todos valorizando o papel que a educação deveria cumprir na execução do projeto, coerente com a ideologia da época.

Nesse cenário de transformações é criado o Ministério da Educação e Saúde, cuja concepção salvacionista, adaptada às condições postas pelo Primeiro Governo Vargas, promove a reforma da educação e do ensino, enfatizando a importância da “criação” de cidadãos e de reprodução e modernização das elites, acrescida da consciência, cada vez mais explícita, da função da escola no trato da questão social: a educação rural, na lógica capitalista, para conter a migração do campo para as cidades; e a formação técnico-profissional de trabalhadores, visando solucionar o problema das agitações urbanas (SHIROMA, 2002).

A política de transformação das escolas técnicas e agrotécnicas em CEFETs não se consolidou na sua plenitude. Outra proposta foi lançada pelo governo, a criação dos Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia (IFs), que uniria Escolas Técnicas, Escolas Agrotécnicas e CEFETs regionalmente com um novo nome e formado por vários *campi*, com a administração centralizada numa Reitoria e com padrões administrativos e políticas bem próximos aos das universidades. A decisão de adesão a essa nova proposta não é obrigatória, pelo menos em tese, mas fica nas entrelinhas do projeto que os recursos ficarão bem mais escassos para aqueles que não o aderirem. Será essa a política correta de expansão do ensino técnico no país ou será mais uma de inclusão dos menos favorecidos?

Não iremos focar essas discussões de caráter mais político, pois isso nos levaria a uma nova linha de trabalho e pesquisa. Esta dissertação volta-se para o objetivo de investigar nos alunos do Curso Técnico em Agropecuária da EAFSJE a inclusão da Pesquisa Científica como ferramenta e finalidade didático-pedagógica no processo de ensino-aprendizagem para tratar do conhecimento agrônômico sobre a Ciclagem de Nutrientes na Cultura do Eucalipto. Tal estudo pretende, ainda, expandir tal possibilidade para as demais Escolas Agrotécnicas Federais, CEFETs ou IFETs, apontando a investigação científica como metodologia de ensino-aprendizagem que propicia o desenvolvimento e aprimoramento de capacidades reflexivas e críticas.

O fazer para aprender isolado dos demais saberes já não cabe como premissa pedagógica nos dias de hoje das nossas escolas, visto que é necessária a utilização de novas tecnologias no processo de produzir conhecimentos flexibilizados no tempo/espço de construção e, ainda, levar em consideração que novos conhecimentos são necessários para flexibilizar também tempo/espço de acesso ao conhecimento para os pequenos produtores da região, que ficam, na sua maioria, excluídos das novas descobertas tecnológicas. Essa perspectiva promove a pesquisa de temas mais regionais e comuns à nossa comunidade, dando suporte tecnológico para esses agricultores, além de proporcionar novos horizontes para os alunos das Escolas Agrotécnicas em meio aonexo local-global.

Nem sempre as universidades e demais instituições de pesquisa se encontram próximas das áreas produtivas; além disso, torna-se difícil o acesso a quem realmente precisa. Falta um elo para que a pesquisa e o conhecimento cheguem até “as mãos” do produtor. Existe, então, uma necessidade de acharmos e prepararmos esse elo; fazemos pesquisas mais participativas com alguém que estará bem próximo aos agricultores. A Ciência veio justificada como estando a serviço de todos e da humanidade, estendendo seus benefícios e serviços a todos, pois muitas vezes ela surge de conhecimentos adquiridos do dia a dia, de atividades rotineiras e, às vezes, passadas de geração a geração.

Na opinião de Lakatos e Marconi (1991), o conhecimento popular não se distingue do conhecimento científico, nem pela veracidade nem pela natureza do objeto conhecido: o que os diferencia é a forma, o modo ou o método e os instrumentos do “conhecer”. Para que o conhecimento seja considerado científico, é necessário analisar as particularidades do objeto ou fenômeno em estudo. A partir desse pressuposto, Lakatos e Marconi (1991) apresentaram dois aspectos importantes: a ciência não é o único caminho de acesso ao conhecimento e à verdade. Um mesmo objeto ou fenômeno pode ser observado tanto pelo cientista quanto pelo homem comum. O que leva ao conhecimento científico é a forma de observação do fenômeno.

Esse padrão nos leva a perceber que a pesquisa científica pode ser bem mais democratizada, interiorizada, participativa, enfim todos os adjetivos que a podem fazer mais universal. Contudo, cabem as seguintes questões: qual é o papel e a função social da ciência? O que a faz ser uma pesquisa social e ambientalmente aceitável? Como se articula a pesquisa sobre determinado fenômeno às exigências curriculares da formação profissional de nível técnico em agropecuária? Como se pode tratar do tema ciclagem de nutrientes na cultura do

eucalipto, no processo ensino-aprendizagem da disciplina de culturas perenes na formação profissional em nível técnico?

A partir dessas questões, chega-se a hipótese: Há diferença considerável no ganho de conhecimento entre as metodologias de ensino adotadas: convencional e, ou, metodologia científica.

Este trabalho objetivou oferecer subsídios teórico-metodológicos para a compreensão da ciência a partir de métodos e processos de investigação que no âmbito da formação profissional na agrotécnica, visa desenvolver o espírito crítico científico do aluno do curso técnico.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA GERAL

### 2.1. Definições de Ciência

Etimologicamente, o termo ciência provém do verbo em latim *Scire*, que significa aprender, conhecer. Essa definição etimológica, entretanto, não é suficiente para diferenciar ciência de outras atividades também envolvidas com o aprendizado e o conhecimento. Segundo Trujillo Ferrari (1974), ciência é todo um conjunto de atitudes e de atividades racionais dirigidas ao sistemático conhecimento com objetivo limitado, capaz de ser submetido à verificação.

Lakatos e Marconi (1991) acrescentaram que, além de ser uma sistematização de conhecimentos, ciência é um conjunto de proposições logicamente correlacionadas sobre o comportamento de certos fenômenos que se deseja estudar.

Na concepção de Kerlinger (1980), a ciência se desenvolveu, parcialmente, pela necessidade de um método mais seguro, confiável e controlado de compreensão e conhecimento dos fenômenos naturais.

Trujillo Ferrari (1974), por sua vez, considerou que a ciência, no mundo de hoje, tem várias tarefas a cumprir, como: aumento e melhoria do conhecimento; descoberta de novos fatos ou fenômenos; aproveitamento espiritual do conhecimento na supressão de falsos milagres, mistérios e superstições; aproveitamento material do conhecimento, visando à melhoria da condição de vida humana; e estabelecimento de certo tipo de controle sobre a natureza.

Castro (1978) julgou a ciência como tentativa de descrever, interpretar e generalizar uma realidade observada isenta de questões ideológicas e éticas ou juízos de valor. Para Castro (1978), o rigor na expressão das ideias e a lógica impecável, constantemente utilizado como critérios de demarcação entre ciência e não ciência, não são, na verdade, suficientes para sua caracterização, ainda que imprescindíveis.

Demo (1995), em contrapartida, acreditou ser mais fácil definir o que não é ciência. Para esse autor, apesar de não haver limites rígidos para tais conceitos, não são ciência a ideologia, com sua natureza intrinsecamente tendenciosa, e o senso comum, marcado pela falta de profundidade, rigor lógico e espírito crítico.

Apesar das diversas definições de ciência, seu conceito fica mais claro quando se analisam suas características, denominadas critérios de cientificidade.

#### 2.1.1. Critérios de cientificidade

Os critérios de cientificidade normalmente citados na literatura científica são (DIAS; FERNANDES, 2000):

a) Objeto de estudo bem definido e de natureza empírica: delimitação e descrição objetiva e eficiente de realidade empiricamente observável, isto é, daquilo que se pretende estudar, analisar, interpretar ou verificar por meio de métodos empíricos.

b) Objetivação: tentativa de conhecer a realidade tal como é, evitando contaminá-la com ideologia, valores, opiniões ou preconceitos do pesquisador.

c) Observação controlada dos fenômenos: preocupação em controlar a qualidade do dado e o processo utilizado para sua obtenção.

d) Originalidade: trabalho criativo, original.

- e) Coerência: argumentação lógica, bem estruturada, sem contradições.
- f) Consistência: base sólida, resistente a argumentações contrárias.
- g) Linguagem precisa: sentido exato das palavras, restringindo ao máximo o uso de adjetivos.
- h) Intersubjetividade: opinião dominante da comunidade científica de determinada época e lugar. Este último, a intersubjetividade, é considerado um critério externo à ciência, pois a opinião é algo atribuído de fora, por mais que provenha de um cientista ou especialista na área.

Demo (1995) ressaltou, no entanto, que a intersubjetividade é tão importante para a ciência quanto os critérios internos, ditos de qualidade formal. Desse critério decorrem outros, como a comunicação, a comparação crítica, o reconhecimento dos pares, o encadeamento de pesquisas em um mesmo tema etc., os quais possibilitam à ciência cumprir sua função de aperfeiçoamento, a partir do crescente acervo de conhecimentos da relação do homem com a natureza.

## 2.2. Conhecimento Popular e Conhecimento Científico

Por existir mais de uma forma de conhecimento, é conveniente destacar o que vem a ser conhecimento científico em oposição ao chamado conhecimento popular, vulgar ou de senso comum. Não deixa de ser conhecimento aquele que foi observado ou passado de geração em geração, através da educação informal ou baseado em imitação ou experiência pessoal. Esse tipo de conhecimento dito popular diferencia-se do conhecimento científico por lhe faltar o embasamento teórico necessário à ciência.

De acordo com Trujillo Ferrari (1974), o conhecimento popular é dado pela familiaridade que se tem com alguma coisa, sendo resultado de experiências pessoais ou suposições, ou seja, é uma informação íntima que não foi suficientemente refletida para ser reduzida a um modelo ou fórmula geral, dificultando, assim, sua transmissão de uma pessoa a outra, de forma fácil e compreensível.

Para Ander-Egg *apud* Lakatos e Marconi (1991), o conhecimento popular caracteriza-se por ser predominante:

- a) Superficial, isto é, conforma-se com a aparência, com aquilo que se pode comprovar simplesmente estando junto das coisas; e se expressa por frases como “porque o vi”, “porque o senti”, “porque o disseram”, “porque todo mundo diz”.
- b) Sensitivo, ou seja, referente a vivências, estados de ânimo e emoções da vida diária.
- c) Subjetivo, pois é o próprio sujeito que organiza suas experiências e conhecimentos, que os adquire por vivência própria.
- d) Assistemático, pois essa organização das experiências não visa a uma sistematização das ideias, nem na forma de adquiri-las nem na tentativa de validá-las.
- e) “Acrítico, pois, verdadeiros ou não, a pretensão de que esses conhecimentos o sejam não se manifesta sempre de forma crítica.”

O conhecimento científico difere dos outros tipos de conhecimento por ter toda uma fundamentação e metodologias a serem seguidas, além de se basear em informações classificadas, submetidas à verificação, que oferecem explicações plausíveis a respeito do objeto ou evento em questão.

Segundo Galliano (1979), ao analisar um fato o conhecimento científico não apenas trata de explicá-lo, mas também busca descobrir e explicar suas relações com outros fatos, conhecendo a realidade além de suas aparências.

O conhecimento científico é considerado por vários autores como:

- a) Acumulativo, por obedecer a um processo de acumulação seletiva, em que novos conhecimentos substituem outros antigos, ou somam-se aos anteriores.

- b) Útil para a melhoria da condição da vida humana.
- c) Analítico, pois procura compreender uma situação ou fenômeno global por meio de seus componentes.
- d) Comunicável, já que a comunicabilidade é um meio de promover o reconhecimento de um trabalho como científico. A divulgação do conhecimento é responsável pelo progresso da ciência.
- e) Preditivo, pois, a partir da investigação dos fatos e do acúmulo de experiências, o conhecimento científico pode dizer o que foi passado e prever o que será futuro.

### **2.2.1. Características comparativas entre conhecimento popular e conhecimento científico**

Com base nas definições anteriormente citadas, pode-se elaborar um quadro comparativo entre conhecimento popular e científico, conforme Dias e Fernandes (2000). Para o conhecimento popular, destacam-se as seguintes características:

- Falível e inexato – conforma-se com a aparência e com o que se ouviu dizer a respeito do objeto ou fenômeno. Não permite a formulação de hipóteses sobre a existência de fenômenos situados além das percepções objetivas.
- Verificável – porém limitado no âmbito do cotidiano do pesquisador sobre a existência de fenômenos situados além das percepções objetivas.

Em relação ao conhecimento científico, destacam-se as seguintes características:

- Real - lida com fatos.
- Contingente – sua veracidade ou falsidade é conhecida através da experiência.
- Sistemático – forma um sistema de ideias e não conhecimentos dispersos e desconexos.
- Verificável ou demonstrável - o que não pode ser verificado ou demonstrado não é incorporado no âmbito da ciência.
- Falível e aproximadamente exato – por não ser definitivo absoluto ou final. Novas técnicas e proposições podem reformular ou corrigir uma teoria.

## **2.3. Pesquisa Científica e Métodos Científicos**

### **2.3.1. Pesquisa científica**

A pesquisa científica é uma atividade humana, cujo objetivo é conhecer e explicar os fenômenos, fornecendo respostas às questões significativas para a compreensão da natureza. Para essa tarefa, o pesquisador utiliza o conhecimento anterior acumulado e manipula cuidadosamente os diferentes métodos e técnicas para obter resultados pertinentes às suas indagações (DIAS; FERNANDES, 2000).

Segundo Ander-Egg *apud* Lakatos e Marconi (1991), a pesquisa é um procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento. Esse procedimento fornece ao investigador um caminho para o conhecimento da realidade ou de verdades parciais. O termo “pesquisa”, por vezes, é usado indiscriminadamente, confundindo-se com uma simples indagação, procura de dados ou certos tipos de abordagens exploratórias. A pesquisa, como atividade científica completa, é mais do que isso, pois percorre, desde a formulação do

problema até a apresentação dos resultados, a seguinte sequência de fases (DIAS; FERNANDES, 2000):

- a) Preparação da pesquisa:
  - Seleção, definição e delimitação do tópico ou problema a ser investigado.
  - Planejamento de aspectos logísticos para a realização da pesquisa.
  - Formulação de hipóteses e construção de variáveis.
- b) Trabalho de campo (coleta de dados).
- c) Processamento dos dados (sistematização e classificação dos dados).
- d) Análise e interpretação dos dados.
- e) Elaboração do relatório da pesquisa.

### **2.3.2. Método científico**

Partindo da concepção de que método é um procedimento ou caminho para alcançar determinado fim e que a finalidade da ciência é a busca do conhecimento, pode-se dizer que o método científico é um conjunto de procedimentos adotados com o propósito de atingir o conhecimento. Segundo Trujillo Ferrari (1974), o método científico é um traço característico da ciência, constituindo-se em instrumento básico que ordena inicialmente o pensamento em sistemas e traça os procedimentos do cientista ao longo do caminho até atingir o objetivo científico preestabelecido.

Lakatos e Marconi (1991) afirmaram que a utilização de métodos científicos não é exclusiva da ciência, sendo possível usá-los para resolução de problemas do cotidiano. Destacaram que, no entanto, não há ciência sem o emprego de métodos científicos.

Rudio (1980) ressaltou que, como a pesquisa tem como objetivo a resolução de um problema, o método serve de guia para o estudo do referido problema, constituindo-se no caminho a ser percorrido e na elaboração organizada de procedimentos de orientação ao pesquisador.

Muitos foram os pensadores e filósofos do passado que tentaram definir um único método aplicável a todas as ciências e ramos do conhecimento. Essas tentativas culminaram no surgimento de diferentes correntes de pensamento, por vezes conflitantes entre si. Na atualidade, já se admite a convivência, e até a combinação, de métodos científicos diferentes, dependendo do objeto de investigação e do tipo de pesquisa. Dada a diversidade de métodos, alguns autores costumam classificá-los em gerais e específicos.

#### **a) Métodos científicos gerais**

Os métodos gerais, também denominados métodos de abordagem, oferecem ao pesquisador normas genéricas destinadas a estabelecer uma ruptura entre objetos científicos e não científicos (ou de senso comum). Os principais métodos gerais são: indutivo, dedutivo, dialético, fenomenológico e hipotético-dedutivo.

O raciocínio indutivo, defendido por Bacon e outros empiristas, estabelece uma conexão ascendente, isto é, parte do caso particular para o geral, deixando a generalização como produto posterior da coleta de dados particulares, em número suficiente para confirmarem a suposta realidade.

O raciocínio dedutivo, no entanto, parte do geral ao particular. A partir de princípios, leis ou teorias consideradas verdadeiras e indiscutíveis predizem a ocorrência de casos particulares com base na lógica. Esse método é tradicionalmente definido como um conjunto de proposições particulares contidas em verdades universais.

O método dialético, por sua vez, parte da premissa de que, na natureza, tudo se relaciona, transforma-se e há sempre uma contradição inerente a cada fenômeno. Nesse tipo de método, para conhecer determinado fenômeno ou objeto, o pesquisador precisa estudá-lo em todos os seus aspectos, relações e conexões, sem tratar o conhecimento como algo rígido, já que tudo no mundo está sempre em constante mudança.

O método fenomenológico, em contrapartida, limita-se aos aspectos essenciais e intrínsecos do fenômeno, sem lançar mão de deduções ou empirismos, buscando compreendê-lo por meio da intuição, visando apenas o dado, o fenômeno, não importando sua natureza real ou fictícia.

Popper, contrário ao raciocínio indutivo, propôs o método hipotético-dedutivo, o qual se inicia com um problema ou lacuna no conhecimento científico, passando pela formulação de hipóteses e por um processo de inferência dedutiva, o qual testa a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela referida hipótese. Segundo Gil (1994), esse método é um dos mais aceitos atualmente, principalmente nas ciências naturais.

A pesquisa científica com abordagem hipotético-dedutiva inicia-se com o descobrimento de um problema e com sua descrição clara e precisa, a fim de facilitar a obtenção de um modelo simplificado e a identificação de outros conhecimentos e instrumentos, relevantes ao problema, que auxiliarão o pesquisador em seu trabalho. Após esse estudo preparatório, o pesquisador passa para a fase de observação. Na verdade, essa é a fase de teste do modelo simplificado. É uma fase meticulosa em que é observado determinado aspecto do universo, objeto da pesquisa. A fase seguinte é a formulação de hipóteses, ou descrições-tentativa, consistentes com o que foi observado. Essas hipóteses são utilizadas para fazer prognósticos, os quais serão comprovados ou não por meio de testes, experimentos ou observações mais detalhadas. Em função dos resultados desses testes, as hipóteses podem ser modificadas, dando início a um novo ciclo, até que não haja discrepâncias entre a teoria (ou modelo) e os experimentos e, ou, observações (DIAS; FERNANDES, 2000).

## **b) Métodos científicos específicos**

Os métodos específicos, também denominados discretos ou de procedimento, estão relacionados com os procedimentos técnicos a serem seguidos pelo pesquisador dentro de determinada área de conhecimento. Nas ciências sociais, os métodos específicos mais utilizados são os observacionais, os experimentais, os clínicos, os estatísticos e os comparativos. Atualmente, é comum a combinação de vários desses métodos em diferentes fases da pesquisa científica.

### **2.4. A Ciclagem de Nutrientes**

A quantidade de nutrientes num ecossistema florestal é representada pela somatória de nutrientes contida nos diferentes compartimentos da biomassa arbórea (folhas, ramos, casca, lenho etc.), vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo (POGGIANI; SCHUMACHER, 2000).

Segundo Pritchett (1987), na floresta podem ser esquematizadas duas formas de ciclos de nutrientes: um externo e outro interno. Ao ciclo externo, ele chama também de geoquímico e inclui as formas de transferência de nutrientes para dentro e para fora do ecossistema florestal. Ao ciclo interno, ele chamou também de ciclo biológico, que abrange apenas a ciclagem interna de nutrientes no ecossistema florestal.

Este ciclo, contudo, pode ainda ser subdividido em duas partes: o ciclo bioquímico, que se refere à movimentação dos nutrientes dentro da própria árvore e ao ciclo biogeoquímico, que abrange a ciclagem dos nutrientes entre o solo e a biomassa arbórea.

As principais formas de entrada de nutrientes nos ecossistemas são a precipitação atmosférica, o intemperismo da rocha-matriz e a adubação.

Quanto à saída de nutrientes, podem ser citados a erosão, lixiviação e exportação maciça de nutrientes pela exploração da floresta. A remoção de nutrientes do solo, em função da exploração florestal, deve-se primeiramente à exportação dos nutrientes contidos na biomassa arbórea, e é proporcional à quantidade de fitomassa exportada.

A grande vantagem fisiológica que permite a sobrevivência de árvores em solos onde seria técnica e economicamente impossível desenvolver atividades agrícolas consiste na ciclagem de nutrientes, tanto bioquímica quanto biogeoquímica.

Através da ciclagem interna (bioquímica), a maioria dos nutrientes (o cálcio é a exceção) é transportada dos tecidos velhos e fotossinteticamente inativos para os tecidos jovens e com grande atividade de crescimento (POGGIANI, 1981).

De acordo com Switzer e Nelson (1973), até 40% do nitrogênio e do potássio são supridos pela reciclagem interna da árvore, e a maior parte do fósforo seria também fornecida dessa forma. Contudo, o cálcio é um elemento fixo nos tecidos.

Um talhão florestal absorve anualmente quantidade de nutrientes semelhante à que absorveria uma cultura agrícola. Entretanto, menos de um terço dos nutrientes absorvidos é imobilizado na parte comercial do tronco, enquanto o remanescente volta ao reservatório do solo através da deposição de folhas, ramos, frutos e raízes, e a quantidade de elementos químicos acumulada no estágio inicial de crescimento pode ser de mais de 50% do total contido no ecossistema, incluindo solo e serapilheira acumulada (POGGIANI, 1986).

Entre os componentes da parte aérea da árvore, o maior teor de nutrientes é encontrado nas folhas, em seguida na casca, nos ramos, troncos e raízes (CURLIN, 1970). No tronco, a concentração de nutrientes é muito mais baixa do que nas folhas. Pode-se dizer que o lenho do tronco de uma árvore adulta possui teor de fósforo 70 vezes inferior ao das folhas. Para o nitrogênio, magnésio e potássio, essa proporção seria, respectivamente, 16, 12 e 5 vezes inferior. O único elemento que se conserva no lenho com um teor aproximado das folhas é o cálcio, por ser elemento fixo nos tecidos da árvore (DIVIGNEAUD; DENAEYER DE SMET, 1973). Essas proporções, entretanto, variam de forma mais ou menos acentuada, de acordo com a espécie, a idade da planta e as características do solo.

## **2.5. Produção e Decomposição de Serapilheira**

Pela ciclagem biogeoquímica, as folhas, ramos, flores, frutos e fragmentos de casca que caem, após sua decomposição, liberam os nutrientes que são reutilizados para o crescimento da própria floresta (POGGIANI, 1981). Esse material vegetal depositado sobre o solo é denominado serapilheira, liteira, manta orgânica ou “litter”. De acordo com Cole e Rapp (1980), essa é a principal via de transferência de C, N, P e Ca ao solo da floresta; o K é devolvido principalmente pela precipitação interna, e o Mg é variável entre diferentes florestas.

Bray e Gorham (1964) concluíram, em uma revisão de âmbito mundial, que as serapilheiras amostradas, em florestas de diferentes zonas macroecológicas, são compostas de 60 a 80% por folhas, 1 a 15% por frutos, 12 a 15% por ramos e de 1 a 25% por cascas de árvores. Poggiani et al. (1998) citaram que cerca de 70% da serapilheira produzida por um talhão florestal jovem é composta por folhas e denominada folhedo.

O acúmulo de serapilheira no solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e por sua taxa de decomposição. Quanto maior a quantidade desse

material que cai e quanto menor sua velocidade de decomposição, maior será a camada de serapilheira. Portanto, é de grande importância entender os mecanismos que regulam esse processo dinâmico, no qual a entrada de material (através da deposição) e a saída ou transformação (via decomposição) acontecem quase que simultaneamente.

Carpanezzi (1980) citou dois fatores responsáveis pelos teores de nutrientes do material orgânico depositado no solo: as características de fertilidade química dos solos e as particularidades de nutrição mineral das espécies envolvidas, além da influência do regime de chuvas. Assim, dentro de certos limites, as concentrações de nutrientes em tecidos vegetais vivos estão relacionadas diretamente aos teores de nutrientes do solo.

Vários fatores afetam a quantidade de resíduos que caem da parte aérea das plantas e formam a serapilheira, como o clima, o solo, as características genéticas da espécie, a idade e a densidade de plantio.

De acordo com Bray e Gorham (1964), haveria certa relação entre a quantidade de serapilheira depositada anualmente e a idade das árvores. Em geral se observa aumento na deposição da serapilheira até a idade em que as árvores atingem a maturidade ou fecham as suas copas. Após esse ponto, pode ocorrer ligeiro decréscimo ou estabilização.

A formação da serapilheira segue uma sazonalidade em função das condições climáticas ao longo do ano. Da mesma forma, a decomposição da serapilheira é favorecida em períodos quentes e úmidos (POGGIANI et al., 1998). Williams e Gray (1974) citaram vários fatores do meio que afetam os processos de decomposição: temperatura, umidade e aeração do solo, pH e conteúdo de bases, conteúdo de matéria orgânica solúvel em água, conteúdo de nitrogênio e conteúdo de polifenóis presentes na serapilheira.

Muitas pesquisas têm sido realizadas para verificar alguns aspectos da ciclagem de nutrientes em florestas naturais e implantadas, como a produção e decomposição de serapilheira. As metodologias utilizadas nessas pesquisas são muito variadas.

Recentemente, vários autores estudaram a produção de serapilheira em florestas mesófilas semidecíduas no interior do Estado de São Paulo, como Gabriel (1997), Oliveira (1997), Custódio Filho (1994) e Sparovek (1993).

Anhembí et al. (1997) utilizaram 22 coletores de 1,00 x 1,00 m distribuídos aleatoriamente em 5.300 m<sup>2</sup>, com a distância mínima de 50 m entre coletores.

O material coletado foi separado em quatro frações para pesagem: folhas, ramos com menos de 2 cm de diâmetro, flores e frutos. O material vegetal foi reunido em uma amostra para as análises químicas.

Em um fragmento florestal em Piracicaba, Oliveira (1997) utilizou 96 coletores de 0,25 m<sup>2</sup>, instalados 4 a 4, de modo a formar 24 conjuntos coletores de 1 m<sup>2</sup>, distribuídos de forma casualizada em seis parcelas de 1.000 m<sup>2</sup>. Essa mesma autora calculou o tamanho e o número ótimo de coletores, concluindo que 60 coletores de 0,25 m<sup>2</sup> forneceriam melhores estimativas de deposição do que os 24 coletores de 1 m<sup>2</sup> utilizados.

Sparovek (1993) utilizou, acoplados aos coletores de serapilheira (com diâmetro de 0,64 m), funis coletores de precipitação (com diâmetro de 0,12 m). O referido autor verificou que o número de amostras necessárias para estimar a produção de serapilheira com média de 10% de variação estava entre 108 e 685. Essa amplitude ocorreu em função dos meses do ano, com diferentes coeficientes de variação da serapilheira produzida. Em uma escala micro, como a que compreende a distância entre árvores, o citado autor acreditava haver dependência espacial entre os valores de serapilheira produzida, ou seja, a maior parte da variância estaria na diferente produção de serapilheira de uma árvore para outra. Por isso, ele sugeriu trabalhar com o maior número de coletores possível, devido ao coeficiente de variação elevado. Sugeriu também a distribuição dos coletores ao acaso e o deslocamento do coletor, a poucos metros de sua posição original, no decorrer das coletas.

Custódio Filho (1994) verificou a produção de serapilheira em um trecho de Floresta Pluvial Atlântica, na Estação Biológica de Boraceia, com coletores de 1,0 x 0,5 m, distribuídos aleatoriamente em 1 ha de floresta.

Em uma Floresta Estacional Decidual, em Santa Maria, RS, Cunha et al. (1993) instalaram 25 coletores de serapilheira, com 0,25 m<sup>2</sup> de área de captação, distribuídos de forma sistemática, de modo a cobrir uma faixa de 10 m de largura, acompanhando o gradiente de altitude do “Morro do Elefante”, entre as cotas de 300 e 470 m. As coletas foram feitas mensalmente, durante um ano. A serapilheira foi segregada, para a pesagem, nas frações: a) folhas; b) galhos finos; c) flores, frutos e sementes; e d) detritos.

Posteriormente, as frações semelhantes dos coletores, correspondentes a um mês de acumulação, foram reunidas para as análises químicas.

Ao estudar aspectos da ciclagem de nutrientes em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *E. grandis* Hill ex Maiden e *E. torelliana* F. Muell, Schumacher (1992) utilizou 20 bandejas coletoras de folheto, de 1 m<sup>2</sup> de superfície e amostrando uma área de 900 m<sup>2</sup>. Foi realizada a análise química das folhas resultantes de quatro amostras compostas, formadas a partir de cinco subamostras.

Poggiani et al. (1998) relataram que, no uso de parcelas permanentes para o monitoramento ambiental, seja feita a estimativa de deposição de serapilheira, usando-se cinco telas coletoras com a superfície de 0,25 m<sup>2</sup>, colocadas 0,5 m acima do solo e distribuídas em uma parcela de 500 m<sup>2</sup>. Mensalmente, o material vegetal coletado deve ser seco em estufa a 60°-70°, para estimativa da produção média mensal.

Conhecer a taxa de decomposição do material vegetal acumulado sobre o solo é de fundamental importância, pois é em função desta que ocorre a liberação dos nutrientes da camada de serapilheira para o solo. Como enfatizaram Reis e Barros (1990), quando a taxa de decomposição é mais elevada do que a demanda pela planta poderá ocorrer perdas de nutrientes do ecossistema. Se houver equilíbrio, o nutriente liberado pela decomposição poderá ser utilizado pelas plantas, garantindo a produtividade do povoamento. Já em regiões de solos pobres e de baixa precipitação a taxa de decomposição pode ser mais baixa do que a demanda pela planta, impedindo a liberação de parte do nutriente até a rotação seguinte.

Têm sido usados três métodos para estudar a decomposição da serapilheira no campo. Um deles é utilizado em florestas decíduas típicas, onde o período de queda da serapilheira total é restrito; e a decomposição pode ser facilmente estudada em intervalos regulares após a queda de serapilheira (REMEZOV, 1961).

O segundo método utiliza o enclausuramento de quantidades definidas de serapilheira, que são deixados no campo por determinado período de tempo (ATTIWILL, 1968). O terceiro método é aplicado onde o peso da camada de serapilheira e de sua produção anual é conhecido, e uma “constante anual de decomposição” pode ser calculada (OLSON, 1963).

Cada metodologia possui suas vantagens e desvantagens. Delitti (1982) salientou que, apesar de amplamente utilizado, o método de coleta da serapilheira acumulada envolve certas imprecisões decorrentes da contaminação com partículas de solo. Entretanto, o uso de bolsas de decomposição também possui esse inconveniente, como enfatizaram Lousier e Parkinson (1976) e Bahuguna et al. (1990). Esses autores acrescentaram outra desvantagem do uso de bolsas: a modificação dos teores de umidade das folhas no interior das bolsas, que interferem na taxa de decomposição da serapilheira.

Dentro dos três métodos anteriormente citados existem muitas variações, de acordo com o tipo de vegetação e o objetivo da pesquisa. A seguir estão relacionados alguns trabalhos relevantes e os respectivos métodos utilizados.

Poggiani et al. (1998) sugeriram, em parcelas permanentes de monitoramento ambiental, a coleta semestral da serapilheira acumulada sobre o solo, em 10 amostras de 0,25 m<sup>2</sup>, que após a secagem fornecerão a quantidade de serapilheira acumulada.

Para verificar a serapilheira acumulada sobre o solo, Oliveira (1997) coletou seis amostras (uma por parcela) em duas coletas, uma no final da estação seca e outra no final da estação chuvosa, utilizando um quadrado de madeira de 0,25 m<sup>2</sup>. Para a obtenção dessas amostras, a citada autora coletou toda a manta existente sobre o solo.

Cunha et al. (1993) coletaram, mensalmente, 10 amostras de 0,25m<sup>2</sup> da manta acumulada sobre o solo. Gabriel (1997) estimou o estoque de serapilheira acumulada através de coletas mensais de todo o material vegetal existente sobre o solo, em seis quadrados de 0,5 x 0,5 m.

Custódio Filho (1994) coletou 10 amostras, em quatro períodos do ano, por meio de um quadrado de madeira de 1 m<sup>2</sup> locado aleatoriamente sobre o solo. Ele (1994) também avaliou a porcentagem de decomposição da serapilheira com bolsas de tela de náilon (malha de 1 mm<sup>2</sup>). Nessas bolsas foram colocadas folhas recém-caídas que compunham a serapilheira, previamente secas, e a cada dois meses eram retiradas 10 bolsas aleatoriamente.

Para determinar a taxa de decomposição, Gabriel (1997) utilizou 40 bolsas de náilon (10 x 20 cm), com malha de 2 mm<sup>2</sup>, e introduziu 10 g de material foliar recém-caído, primeiramente seco a 70 °C até peso constante. A cada três meses, oito bolsas eram retiradas da floresta para determinar a diferença entre o peso de matéria seca inicial e o final.

Em plantações de *Shorea robusta* e *Eucalyptus camaldulensis*, na Índia, Bahuguna et al. (1990) utilizaram 48 bolsas de náilon de 30 x 23 cm distribuídas casualmente no solo florestal. As bolsas continham várias aberturas de cerca de 2 mm, para facilitar o movimento da fauna edáfica. Em cada bolsa foram colocados 100 g de folhas frescas previamente secas da serapilheira. A cada 30 dias a partir da colocação das bolsas, quatro bolsas de folheto de cada espécie foram desenterradas das plantações e levadas a laboratório para estudar a população de fauna e a decomposição e liberação dos nutrientes do folheto.

Harmon et al. (1990) avaliaram a decomposição da liteira em uma floresta de *Picea* e *Tsuga* em Washington, EUA. Os referidos autores utilizaram bolsas de 20 x 20 cm, com malha de 0,8 mm. Em cada bolsa, foram colocados 10 g do folheto seco ao ar de uma das 11 espécies mais comuns na área de estudo.

Na Etiópia, Lisanework e Michelsen (1994) estudaram a decomposição da serapilheira de duas espécies exóticas (*Cupressus lusitanica* e *Eucalyptus globulus*) de 28 a 40 anos de idade, com a espécie nativa *Juniperus procera* e com a floresta montana de *Juniperus-Olea-Podocarpus*; 25 g de folhas recém-caídas foram colocadas em bolsas de náilon de 20 x 20 cm, com malha de 2 mm. Trinta e duas bolsas foram colocadas aleatoriamente em cada área florestal. A camada de serapilheira foi removida para a colocação das bolsas e depois de utilizadas para cobri-las. Em cada área foram coletadas aleatoriamente quatro bolsas a cada três meses, durante o período de dois anos.

Peterson et al. (1979) estudaram a taxa de decomposição da serapilheira em uma floresta não perturbada em área de aluvião, sujeita a inundações. Foram usadas amostras de 72 g de folheto fresco, colocadas em contêineres de tecidos de ferragens galvanizadas com malha de 7 mm e área de 1,65 cm<sup>2</sup>. Em cada parcela amostral, foram colocados 12 contêineres. Coletou-se uma amostra por parcela a cada bimestre.

Para estudar a decomposição de quatro espécies florestais (*Pinus banksiana*, *Betula papyrifera*, *Populus tremuloides* e *Quercus ellipsoidalis*), nos EUA, Bockheim et al. (1991) utilizaram bolsas de decomposição de 15 x 15 cm de fibra de vidro com 250 mesh (topo) e tecido de náilon de 2.000 mesh (baixada). Vinte e quatro bolsas foram cheias com 3 a 6 g de folhas e fechadas com grampos. Foram retiradas quatro bolsas em cada uma das seis coletas ao longo de um ano.

Hart et al. (1992) utilizaram bolsas de decomposição de serapilheira para estudar uma floresta jovem (aproximadamente 10 anos) e uma floresta antiga (mais de 100 anos de idade) de *Pinus ponderosa*, na Califórnia. Eles utilizaram 10 g de acículas secas ao ar, colocadas em

bolsas de náilon de 10 x 20 cm, com malha 3 x 4 mm. Grupos de 10 bolsas de serapilheira (cinco contendo acículas da floresta jovem e cinco contendo acículas da floresta antiga) foram locados em intervalos de 5 m ao longo de um transecto em cada parcela, sendo 10 replicatas para cada classe de idade por parcela, em cada uma das cinco datas de amostragem (total de 100 bolsas de acículas por parcela). Isso determinou os quatro tratamentos: serapilheira da floresta antiga colocada na floresta antiga e na floresta jovem, e serapilheira da floresta jovem colocada na floresta antiga e na floresta jovem. Uma bolsa de cada tratamento foi aleatoriamente selecionada e removida de cada grupo de bolsas após 1, 3, 12 e 24 meses.

## 2.6. O Eucalipto e o Solo

Os solos utilizados para florestamento são geralmente muito pobres e, às vezes, sujeitos à forte erosão e lixiviação, devendo-se estudar os efeitos de intervenções sucessivas da colheita de madeira com máquinas pesadas sobre as propriedades edáficas.

Segundo Novais et al. (1990), os reflorestamentos no Brasil têm sido feitos principalmente em solos sob vegetação de cerrado, caracterizados como de baixa fertilidade natural, alto grau de acidez e, em geral, grande desuniformidade pluviométrica. De acordo com esses autores, a elevada acidez dos solos condiciona a alta atividade de alumínio e de alguns micronutrientes como o manganês e o ferro e, paralelamente, a menor disponibilidade de outros nutrientes, como o fósforo, e a baixa eficiência da fertilização química que lhe for adicionada. Embora a maioria das culturas necessite de correção do alumínio trocável para obtenção de bons índices de produtividade, o eucalipto, no entanto, possui exigências de fertilidade do solo bem inferiores.

É reconhecido que há, em longo prazo, acúmulo de nutrientes na camada superior de solos sob florestas, devido à absorção contínua de nutrientes de camadas mais profundas do solo pelas raízes, e que são depositados no piso florestal, através da lavagem das copas e da deposição de material orgânico. A seguir, os nutrientes depositados são incorporados ao solo (CARPANEZZI, 1980). Embora o acúmulo superficial seja útil para compensar a evasão de nutrientes do ecossistema, já que há retenção considerável de nutrientes na madeira exportável, Ovington (1968) advertiu que retiradas intensas de madeira podem ocasionar declínio na produtividade, pela incapacidade de o solo gerar quantidades equivalentes às dos nutrientes exportados. A quantificação periódica de nutrientes disponíveis no solo e na serapilheira permite avaliação da influência das plantações sobre as reservas químicas e previne a ocorrência de situações nutricionais críticas.

Segundo Gonçalves et al. (1996), a camada de solo que tem teores de nutrientes mais relacionados com o crescimento das árvores é a de 0-20 cm de profundidade, onde ocorrem com mais profundidade os processos de absorção pelas raízes. Gonçalves (1994) enfatizou que, na camada de solo de 0 a 10 cm de profundidade, há grande atividade de raízes finas, devido à maior disponibilidade de nutrientes do solo e aos processos de ciclagem biogeoquímica, via deposição e mineralização da serapilheira.

Esse autor constatou que, em 17 povoamentos florestais de *E. grandis* (idade média de 5,6 anos), os pesos médios de raízes finas decresceram exponencialmente de 790 para 45 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, das camadas 0-10 para 100-150 cm; 38%, 51% e 60% das raízes foram encontradas nas camadas de 0-10, 0-20 e 0-30 cm, respectivamente, e os 40% restantes, na camada de 30-150 cm.

A qualidade da serapilheira depositada pelas diferentes espécies florestais altera de forma significativa, em poucos anos, as características químicas do solo superficial, influenciando também o processo de regeneração natural do sub-bosque (POGGIANI; MONTEIRO JÚNIOR, 1990). Esse fato também foi verificado por Haag et al. (1978) ao

compararem solos sem cobertura vegetal com solos sob povoamentos de *Pinus taeda* e *Eucalyptus citriodora* de 20 e 30 anos, respectivamente.

Segundo revisão feita por Fonseca et al. (1993), a maior ou menor quantidade de nutrientes que retornam ao solo pela manta orgânica é função, entre outros fatores, da densidade do povoamento, da composição de espécies, da época do ano, da maturidade do povoamento e da atividade dos microrganismos do solo.

Lima (1996) realizou extensa revisão sobre o estudo do efeito das plantações de eucalipto sobre as propriedades químicas do solo, salientando que há inúmeros trabalhos publicados, principalmente, na região do Mediterrâneo. Alguns resultados são contraditórios, levando-se em conta as diferenças climáticas e edáficas entre diferentes regiões do mundo. Quanto ao pH do solo, Lima (1996) verificou que, enquanto alguns autores observaram ligeira diminuição do pH, outros encontraram aumento do pH no solo reflorestado com eucalipto. Esse autor salientou que, em relação ao teor de nutrientes e ao conteúdo de cátions trocáveis, a grande maioria dos trabalhos mostra resultados altamente favoráveis, tendo o reflorestamento com eucalipto proporcionado aumento no teor da maioria dos cátions trocáveis estudados. Mesmo em relação ao potássio trocável, sugerido por alguns autores como muito extraído do solo pelo eucalipto, tem sido observada, em outras situações, tendência a aumentar a sua concentração no solo sob plantação de eucalipto.

Fonseca et al. (1993) verificaram acúmulo das bases trocáveis (Ca, Mg e K) na superfície do solo, independentemente do tipo de cobertura vegetal. Os valores mais elevados de Ca e Mg trocáveis observados no solo sob *Eucalyptus paniculata*, comparativamente aos verificados sob *E. citriodora*, deveram-se, segundo eles, às diferenças na produção de biomassa e às diferenças nas necessidades nutricionais dessas espécies. Os citados autores ainda relataram a existência de maior quantidade desses nutrientes imobilizados na biomassa da floresta do que no solo.

O K é elemento de grande lixiviação nos solos altamente intemperizados e profundos, como os normalmente usados para o plantio de eucalipto, e não se acumula de maneira significativa nos solos, como acontece com o fósforo (NOVAIS et al., 1990).

Muitos solos tropicais, especialmente os de cerrado, possuem teores baixos de potássio, isto é, abaixo de  $40 \text{ mg.dm}^{-3}$  (LOPES, 1983). De acordo com Barros e Novais (1990), a necessidade de potássio das plantas de eucalipto aumenta com o acúmulo de biomassa e com a idade da planta, e esse aumento deve estabilizar-se quando a ciclagem de nutrientes for mais intensa, o que ocorre provavelmente dos 4 aos 5 anos após o plantio.

A maior preocupação com o Ca, segundo Novais et al. (1990), e que deve ser considerada ao longo das rotações é embasada na escassez desse elemento nos solos utilizados para o plantio de eucalipto, e de sua grande retirada com a exploração da floresta. Bellote et al. (1980), avaliando a quantidade de nutrientes exportados por *E. grandis* aos 7 anos de idade, encontraram aproximadamente 580 kg de Ca, que são exportados pelo corte de um volume de madeira com casca igual a 355 m<sup>3</sup>/ha, sendo esse o elemento mais exportado em termos quantitativos.

Neves et al. (1982) testaram o efeito do Al sobre quatro espécies de eucaliptos, verificando a elevada tolerância de todas as espécies testadas, que estão dispostas na seguinte ordem decrescente quanto à tolerância ao Al: *E. urophylla* > *E. paniculata* > *E. grandis* > *E. cloeziana*. Dessa forma, não parece ser necessária a correção do Al trocável do solo para o cultivo do eucalipto.

## **2.7. O Manejo Florestal e suas Implicações Ecológicas**

Alvo de inúmeras polêmicas, o eucalipto é considerado por alguns autores planta causadora de efeitos maléficos sobre o solo e o ecossistema. Outros pesquisadores, porém, o

defendem como uma forma de evitar o esgotamento das reservas florestais remanescentes. O que parece evidente, porém, é que o seu efeito negativo, assim como o de qualquer outra espécie, exótica ou não, deve-se mais ao manejo florestal incorreto que a uma característica inerente à espécie.

Entre as técnicas de manejo intensivas adotadas nos programas de reflorestamento no Brasil e que podem ter forte reflexo na ciclagem de nutrientes, merecem destaque o preparo da área (tanto na implantação quanto na reforma de povoamentos), a adubação mineral, a densidade de plantio, a seleção de material genético e a exploração florestal (idade e componentes utilizados). O aumento na densidade de plantio normalmente leva ao corte do povoamento em idade mais jovem, visto que a capacidade produtiva do sítio é atingida mais cedo. Por isso, muitas vezes o balanço de nutrientes do sistema não alcança um equilíbrio, pois, antes que os nutrientes imobilizados na serapilheira sejam liberados, um novo corte é realizado. Ademais, o solo é exposto em maior número de vezes ao tráfego de máquinas, ao sol e à chuva, o que acentua os distúrbios no ciclo de nutrientes. A exploração feita em idades mais avançadas permite, também, uma ciclagem interna de nutrientes mais eficiente (REIS et al., 1990).

O encurtamento da rotação expõe o solo por um maior período de tempo às intempéries climáticas do que em rotações longas, o que pode ser prejudicial, pois aumenta a drenagem de nutrientes pela lixiviação e erosão.

Segundo Powers (1976), o corte raso pode estimular a nitrificação, resultando em perdas significativas de nitrato, principalmente em solos de textura grosseira.

As florestas implantadas de alto rendimento, quando manejadas de maneira inadequada, podem extrair grandes quantidades de nutrientes, acarretando a consequente perda de produtividade do sítio, a menos que pesadas adubações sejam efetuadas. A quantidade de nutrientes exportados depende da espécie utilizada, da idade de corte e da utilização total ou parcial da árvore.

Nas árvores de uma floresta homogênea, verifica-se que, na fase juvenil, o peso da copa é superior ao peso do tronco, e grande parte dos carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa. Contudo, com o passar dos anos, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa do tronco cresce de forma exponencial e a da copa diminui, gradativamente. Como o teor de nutrientes do tronco é sempre menor do que o teor de nutrientes da copa, a exportação final de elementos minerais é proporcionalmente sempre menor nos talhões mais velhos, cujos troncos representam quase o peso total da biomassa. A biomassa da copa sempre representa pequena parcela da árvore total, mas com elevado teor de elementos minerais (POGGIANI, 1981; SCHUMACHER, 1998). Além disso, Lima (1996) enfatizou que, durante a formação do cerne da madeira, os nutrientes normalmente são translocados da madeira, e o cerne normalmente conterá menor concentração de nutrientes que o alburno. Como nas espécies de eucalipto o cerne começa a se formar em torno dos 8 anos, o corte de árvores mais jovens pode remover mais nutrientes do que o corte em idades mais avançadas.

Um aspecto muito importante da implantação da floresta manejada intensivamente foi a tendência para encurtar as rotações e aumentar a taxa de utilização da biomassa e, com isso, a de aumentar as quantidades de nutrientes removidas (PEREIRA, 1978). O corte e a retirada total das copas a rotações curtas poderão ter sérias consequências no equilíbrio nutricional da floresta. É desejável que nas florestas manejadas intensivamente apenas o tronco seja explorado.

A exportação de nutrientes por plantações de eucalipto, em idades correspondentes à da época de corte, nas rotações curtas para a produção industrial, é significativa e representa demanda considerável sobre o capital de nutrientes do solo. Dessa forma, sucessivas rotações, mesmo em sítios de boa fertilidade, devem influenciar negativamente a produtividade

(WELLS; JORGENSEN, 1979; WISE; PITMAN, 1981; RAISON; CRANE, 1981; RAISON et al., 1982; POGGIANI et al., 1983; POGGIANI, 1985).

Poggiani (1985) esquematizou o comportamento de uma plantação de *Eucalyptus saligna*, média para o período compreendido pela variação da idade de 7 a 10 anos, no que diz respeito ao acúmulo de nutrientes nos componentes da biomassa, à transferência de nutrientes ao solo pela deposição do folheto e ao capital de nutrientes disponíveis no perfil de 180 cm do solo (1.240 kg N/ha, 59 kg P/ha, 277 kg K/ha, 7.956 kg Ca/ha, 1.243 kg Mg/ha), calculando também o tempo de esgotamento dos nutrientes disponíveis do solo em função da quantidade armazenada na biomassa das árvores.

Admitindo-se que não ocorressem adições de nutrientes pelas chuvas, pelo intemperismo ou por adubação, o resultado mostrou que o suprimento do solo em fósforo daria para 11,5 anos, enquanto o do potássio daria para 15,8 anos.

Feller (1983), estudando a ciclagem de nutrientes em plantações de *Pinus radiata* na Austrália, chegou à conclusão de que o regime de rotação curta conduz à diminuição da produtividade do sítio mesmo em condições de solo mais fértil.

Para dada espécie, o custo de reposição é muito sensível à idade do talhão e será fator importante na determinação do melhor regime de rotação, ou seja, do regime de rotação que possibilite a permanência das condições originais de fertilidade do sítio ao longo de sucessivas rotações (POGGIANI, 1985).

A gestão do capital mineral do sítio torna-se mais importante à medida que aumenta a proporção desse capital que é removida, e a velocidade de remoção se aproxima ou ultrapassa a velocidade de entrada de nutrientes no ecossistema.

Kimmins (1974) introduziu o conceito de rotação ecológica, definida como a rotação que permite o retorno do sítio às condições ecológicas iniciais. Para se manter a fertilidade do sítio, as rotações não devem ser mais curtas do que a rotação ecológica.

A saída de nutrientes de um ecossistema, através da colheita da madeira, pode ser determinada pela análise química e pesagem do lenho e da casca e determinação da densidade básica da madeira e da casca.

Schumacher (1997) encontrou as seguintes quantidades de biomassa e nutrientes na casca e no lenho de *E. globulus*, subespécie *bicostata*, aos 4 anos de idade (espaçamento 3 x 2 m): casca: 6,2 t/ha (biomassa) e 13,1 kg

N/ha, 2,5 kg P/ha, 24,4 kg K/ha, 213,7 kg Ca/ha e 13,7 kg Mg/ha; lenho: 42,0 t/ha (biomassa), 50,4 kg N/ha, 5,4 kg P/ha, 79,8 kg K/ha, 37,8 kg Ca/ha e 12,6 kg Mg/ha.

Poggiani et al. (1980) mostraram que uma plantação de *Eucalyptus grandis* aos 2,5 anos, em regime de minirrotação, produziu, no espaçamento de 1 x 1,5 m, 72,3 toneladas de madeira por hectare e 85,7 toneladas por hectare de fitomassa, incluído o material da copa das árvores. Esse resultado equivale a uma produtividade de quase 30 toneladas de madeira por hectare por ano. A extração de nutrientes pelo fuste foi de 371 kg/ha (5,13 g/kg de fitomassa), enquanto pela fitomassa total foi de 699 kg/ha (8,15 g/kg de fitomassa).

Comparativamente, um talhão de *Eucalyptus saligna* no espaçamento de 3 x 2 m em condições ecológicas semelhantes, mas cortado aos 8 anos, produziu uma fitomassa de 106 toneladas/ha, das quais 90 toneladas eram de madeira, e exportou 651 kg de nutrientes/ha na fitomassa total (6,12 g/kg de fitomassa), sendo 441 apenas do fuste (4,90 g/kg de fitomassa). Nesse talhão, a produtividade foi de cerca de 13 t/ha/ano, ou seja, 2,3 vezes inferior ao anterior. De maneira genérica, poder-se-ia dizer que um talhão no espaçamento de 1,5 x 1,0 m pode, nos primeiros anos, produzir o dobro de fitomassa por ha/ano em relação a um talhão mais velho, no espaçamento de 3 x 2 m. Esse resultado é muito promissor, porém é preciso saber se essa produtividade irá se manter em sucessivas rotações no espaçamento de 1,5 x 1,0 m, tendo em vista a competição e esgotamento do solo.

Poggiani (1984) estudou a exportação de nutrientes através da exploração de talhões de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla* plantados em três espaçamentos diferentes: 1,0 x 1,5 m, 2,0 x 1,5 m e 3,0 x 1,5 m. Verificou-se que em *E. grandis* e *E. saligna* o conteúdo total de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), nas árvores, foi superior no espaçamento de 3,0 x 1,5 m, (com exceção do fósforo no *E. saligna*), enquanto no *E. urophylla* o conteúdo de nutrientes foi superior no espaçamento de 2,0 x 1,5 m. Em relação à exportação de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) por ocasião do primeiro corte dos povoamentos aos 2,5 anos de idade, essa foi crescente com o aumento do espaçamento apenas do *E. saligna* (174,36 kg/ha no espaçamento 1,0 x 1,5 m; 263,20 para 2,0 x 1,5 m e 291,90 para 3,0 x 1,5 m). O *E. urophylla* foi o que obteve os maiores índices de exportação de nutrientes. O referido autor também estabeleceu o que Hansen e Baker (1979) chamaram de “eficiência de utilização dos nutrientes”, ou seja, a quantidade de nutrientes necessária para se produzir certa quantidade de biomassa, verificando que o *Eucalyptus grandis* foi a espécie mais eficiente (9,57 kg de nutrientes/tonelada de biomassa).

Poggiani (1986) encontrou as seguintes quantidades de biomassa e nutrientes na casca e lenho de *E. saligna* aos 11 anos de idade: casca: 9,5 t/ha (biomassa), contendo 25,1 kg N/ha, 12,2 kg P/ha, 47,9 kg K/ha, 448,3 kg Ca/ha e 30,5 kg Mg/ha; lenho: 158,5 t/ha (biomassa), contendo 112,5 kg N/ha, 30,1 kg P/ha, 72,9 kg K/ha, 103,0 kg Ca/ha e 15,8 kg Mg/ha.

## **CAPÍTULO I**

### **CICLAGEM DE NUTRIENTES NA CULTURA DO EUCALIPTO**

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a ciclagem de nutrientes em talhão de *Eucalyptus urograndis* de 7 a 8 anos de idade em 3 ha, plantado na Escola Agrotécnica Federal de São João Evangelista, MG, por meio da medição da serapilheira mensal e acumulada sobre o solo e a análise dos nutrientes acumulados no sistema solo-serapilheira. A cultura do eucalipto foi implantada em 1999, com espaçamento de 3 x 2 m. A coleta da serapilheira teve início no mês de março de 2007, sendo coletada mensalmente até o período de um ano. Após ter sido retirada do campo, a serapilheira foi colocada em estufa de circulação forçada a 60 °C até atingir peso constante. O material seco foi moído e nele determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg. Também se avaliou a fertilidade do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, antes e depois da implantação da cultura do eucalipto. A produção mensal de serapilheira teve seu pico nos meses mais quentes e com maiores índices pluviométricos, sendo a transferência de nutrientes via serapilheira ao solo determinada pela sazonalidade verificada na produção da serapilheira. O nitrogênio foi o elemento mais representativo, seguido pelo cálcio, potássio e magnésio. O fósforo foi o elemento que apresentou a menor concentração dos nutrientes. O nutriente que mais se acumulou na serapilheira foi o Ca, seguido do K e N. A análise de solo inicial da área revelou que o solo era extremamente ácido, com baixos teores de pH e altos de Al, e com poucas bases trocáveis. Já a análise do solo após a implantação do eucalipto e coleta da serapilheira revelou que os níveis de fertilidade do solo aumentaram, com maiores teores de bases trocáveis e ausência de Al prejudicial para as plantas. Os nutrientes N e Ca são de maior expressão na serapilheira do eucalipto para transferência no solo, sendo o Ca o nutriente de maior acúmulo na serapilheira. Por meio da deposição da serapilheira do eucalipto foi possível eliminar o Al prejudicial para as plantas e aumentar consideravelmente os teores de matéria orgânica do solo.

**Palavras-chave:** Serapilheira. Macronutrientes. Fertilidade do solo.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the cycling of nutrients in the stand of *Eucalyptus urograndis* 7 to 8 years of age on 3 hectares, planted in Agrotécnica Federal School of St. John Evangelist, MG, by means of measuring the monthly and accumulated litter on the ground and analysis of accumulated nutrients in the soil-litter system. The cultivation of eucalyptus was introduced in 1999 with a spacing of 3x2 meters. The collection of litter began in March 2007, being collected every month until the period of 1 year. After removal of the field, the litter was placed in the forced circulation oven at 60 ° C, until constant weight. The dry material was ground and this was determined the levels of N, P, K, Ca and Mg. It also assessed the fertility of the soil at depths of 0-20 and 20-40 cm, before and after deployment of the culture of eucalyptus. The monthly production of litter had its peak in the warmer months and with higher rainfall, and the transfer of nutrients via litterfall to the soil determined by the seasonality observed in the production of litter. Nitrogen was the most representative, followed by calcium, potassium and magnesium. The phosphorus was the element that had the lowest concentration of nutrients. The nutrient that most accumulated in the litter was Ca, followed by K and N. The initial analysis of soil from the area showed that the soil was extremely acidic, with low levels of pH and high Al, and with few exchangeable bases. Already the analysis of the soil after the deployment of eucalyptus and collection of litter, showed that levels of soil fertility increased, with higher levels of exchangeable bases and the absence of Al harmful to plants. The nutrients N and Ca are the greatest expression in the litter of eucalyptus for transfer in the soil; Ca is the largest accumulation of the nutrient in the litter. Through the deposition of litter of eucalyptus could eliminate the Al harmful to plants and significantly increase the levels of soil organic matter.

**Key words:** Litter. Macronutrients. Soil fertility.

## 1. INTRODUÇÃO

A floresta, quando em equilíbrio, minimiza a saída de nutrientes do ecossistema por meio da interação do solo com a vegetação. Dessa forma, o solo mantém o nível de fertilidade e, ou, até melhora suas propriedades edáficas ao longo do tempo. De forma geral, a floresta não perturbada apresenta maior estabilidade, ou seja, os nutrientes introduzidos no ecossistema por meio da chuva e do intemperismo geológico estão em equilíbrio com os nutrientes perdidos para os rios e o lençol freático (POGGIANI, 1981).

Nas regiões tropicais úmidas, os solos tornam-se muito empobrecidos em bases e fósforo, devido às condições de intemperismo, e, conseqüentemente, possuem altos teores de alumínio trocável. Nessas regiões, a reciclagem de nutrientes por meio da queda e decomposição da serapilheira é rápida e assegura a manutenção da vegetação florestal, apesar da baixa fertilidade do solo. Assim, os nutrientes contidos na biomassa, e aqueles encontrados na matéria orgânica dos primeiros centímetros do solo, podem desempenhar papel vital na produtividade da floresta.

Uma forma viável de se conservarem as florestas naturais, em espaço de tempo relativamente curto, é o reflorestamento. Este é usualmente utilizado para substituir a madeira retirada de florestas nativas, sendo grande parte dos reflorestamentos no Brasil realizados com a cultura do eucalipto.

No Brasil, a produção de madeira de eucalipto tem sido feita pelo sistema de corte raso aos 6 ou 7 anos de plantio, com a condução da rebrota por uma ou duas rotações e posterior reforma do povoamento. Entretanto, o manejo florestal inadequado pode interferir negativamente nesse equilíbrio nutricional, se houver exportação de nutrientes superior à reposição proporcionada pela serapilheira depositada. O corte raso, com a retirada das árvores realizada por completo ao final do ciclo, expõe o solo às intempéries e provoca alta exportação de nutrientes devido à retirada dos troncos. O ciclo curto, ou seja, o corte raso da floresta durante o seu desenvolvimento, não permite que se estabeleça um ciclo de nutrientes eficiente e equilibrado, visto que ele só seria conseguido na maturidade da floresta (SWITZER; NELSON, 1973).

A utilização de ciclos regulares mais curtos, além de exportar altas quantidades de nutrientes pela retirada de madeira, antes que estes possam ser repostos pela deposição da serapilheira, ainda expõe o solo, por repetidas vezes, aos processos de lixiviação e erosão.

Diversos trabalhos indicam que as plantações florestais de eucalipto, quando devidamente manejadas, por meio de desbastes seletivos, podem produzir toras de madeiras com maiores dimensões, sendo destinadas à indústria moveleira. Nesse sentido, verifica-se atualmente que povoamentos de eucaliptos e pinheiros, inicialmente plantados para a produção de celulose, vêm sendo convertidos em florestas de ciclos longos, visando melhorar as características da madeira produzida e agregar maior valor econômico.

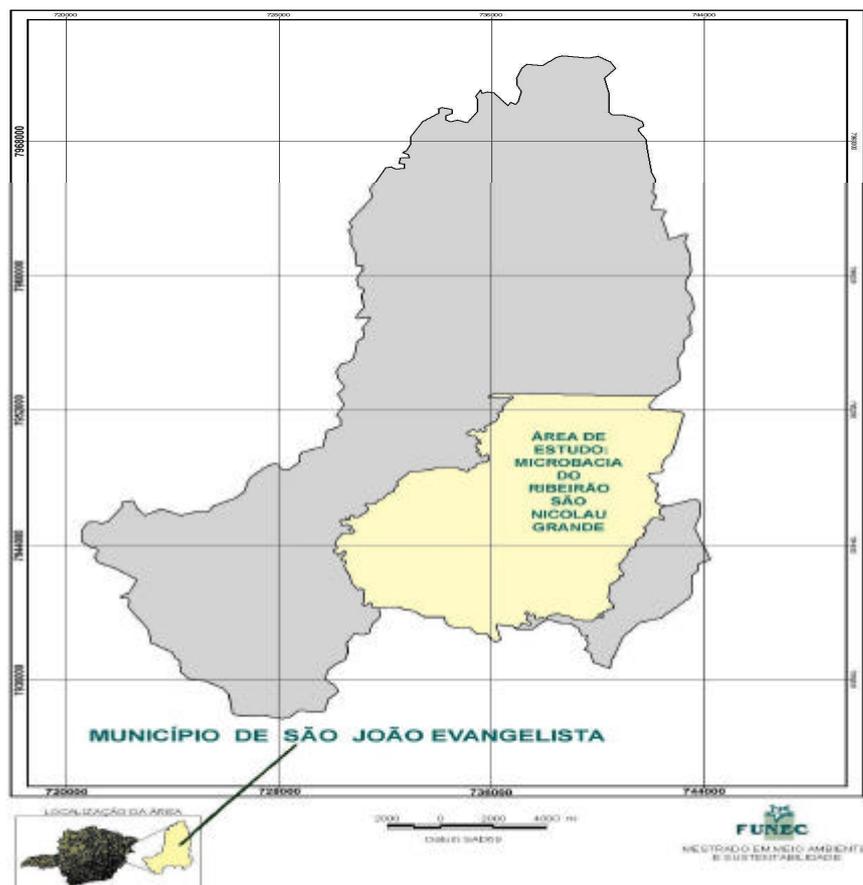
O objetivo deste trabalho foi estudar a ciclagem de nutrientes em talhão de *Eucalyptus urograndis* de 7 a 8 anos de idade em 3 ha, plantado na Escola Agrotécnica Federal de São João Evangelista, MG, por meio da medição da serapilheira mensal e acumulada sobre o solo e a análise dos nutrientes acumulados no sistema solo-serapilheira.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da Área de Estudo

O experimento foi realizado na fazenda da Escola Agrotécnica Federal de São João Evangelista (EAFSJE), Município de São João Evangelista, na região Centro- Nordeste do Estado de Minas Gerais, entre as longitudes 42°42'17 "e 42°48'51" WGr e entre as latitudes Sul 18°00'00" e 18°07'46" (Figura 1).

A Microbacia do Ribeirão São Nicolau Grande está localizada na Bacia do Rio Doce e no Município de São João Evangelista, no Leste mineiro (Figura 1). De acordo com os dados estatísticos do IBGE (2002) e do INCRA (1998), São João Evangelista possui uma área de 46.585 ha e 518 propriedades rurais regularizadas, com população total de 15.498 habitantes, sendo 8.052 (51,96%) na sede do município. Ainda, segundo as fontes anteriores, a população urbana total é de 9.266 habitantes (59,79%) e a rural, de 6.232 (40,21%). A densidade demográfica é de 32,37 habitantes por km<sup>2</sup> e a média de habitantes por família, de 4,37 pessoas. A população rural no município, que nas décadas de 1970 e 1980 era de 72 e 62%, respectivamente, hoje está em apenas 40%.



**Figura 1** – Mapa de localização da Microbacia do Ribeirão São Nicolau Grande.

A altitude do local estudado varia de 650 a 750 m. Quanto ao clima, segundo a classificação de Köppen, a região é definida como pertencente ao tipo Cwa – Clima temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão quente e chuvoso. A temperatura média máxima anual é de 26,1 °C, sendo a média anual de 20,1 °C e a temperatura média mínima de 15 °C. A precipitação pluviométrica anual é de 1081 mm (IBGE, 2002).

O solo da área de estudo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006), de baixa fertilidade natural e elevada acidez (Figura 2).



**Figura 2** – Perfil do solo Latossolo Vermelho-Amarelo da área de estudo.

Foi utilizado na condução do experimento um talhão de 3 ha de *Eucalyptus urograndis* de 7 a 8 anos de idade (Figura 11), com espaçamento de 3 x 2 m, plantado em 1999, em uma área de declive acentuada com pastagem (brachiária), em condições de degradação bem acentuada (Figura 3) e com baixa fertilidade (Tabela 3).

Foram feitas duas adubações, de plantio NPK (6-30-6) 90 g por cova e de cobertura com cloreto de potássio 300 g por planta, além de todos os outros tratamentos culturais necessários ao desenvolvimento da floresta.

Foram instalados 10 coletores de serapilheira de 0,25 m<sup>2</sup> de superfície (0,50 x 0,50 m e 0,50 m de altura). O material utilizado foi madeira e sombrite (Figura 12).



**Figura 3** – Relevo e situação das áreas de plantio de eucalipto na região.

## **2.2. Estimativa de Produção Mensal e Anual de Serapilheira**

Os coletores foram espalhados no centro do talhão de 50 em 50 m. A coleta da serapilheira teve início no mês de março de 2007, sendo coletada mensalmente até o período de um ano. Foi considerado como serapilheira todo material vegetal composto por folhas, casca, frutos e ramos finos com menos de 1 cm de diâmetro (serapilheira fina). Após ter sido retirada do campo, a serapilheira foi colocada em estufa de circulação forçada a 60 °C, no Laboratório de Solos da EAFSJE, até atingir peso constante. Por meio dos valores de peso de matéria seca, estimou-se a deposição média mensal e anual de serapilheira por hectare.

## **2.3. Estimativa das Concentrações de Nutrientes na Serapilheira Depositada e Transferência Mensal e Anual de Nutrientes pela Serapilheira**

As amostras do material vegetal coletado em cada talhão foram moídas separadamente em moinho tipo Willey, sendo o material resultante desse processo peneirado em malha de 20 mm. Em seguida, parte do material moído foi utilizado para análise de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) segundo a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). O nitrogênio foi determinado pelo método de destilação de Kjeldahl. As determinações de potássio, cálcio e magnésio foram realizadas por fotometria de chama, em um espectrofotômetro de absorção atômica. O fósforo foi determinado pelo método do vanado-molibdato, por colorimetria. Com os valores das concentrações de cada um dos macronutrientes analisados e os valores mensais da serapilheira depositada por hectare, estimou-se a quantidade de nutrientes transferidos mensalmente para o solo pela serapilheira.

#### **2.4. Estimativa do Estoque de Serapilheira Acumulada sobre o Solo**

A coleta de serapilheira acumulada sobre o solo foi realizada colocando sobre o solo do talhão de eucalipto um molde vazado de madeira com 0,25 m<sup>2</sup> de área (0,5 x 0,5 m) (Figura 8). Com o auxílio de uma espátula, foram retiradas três amostras de serapilheira presente na área delimitada pelo molde. Como serapilheira, considerou-se todo o material vegetal depositado sobre o solo, composto por folhas, casca, frutos e ramos finos com menos de 1 cm de diâmetro (serapilheira fina).

Essas amostras foram levadas ao Laboratório de Análise Foliar da EAFSJE, sendo colocadas em estufa de circulação forçada a 60 °C até alcançarem peso constante. Após a secagem foram pesadas, sendo estimada, posteriormente, a biomassa da serapilheira acumulada sobre o solo, através de regra de 3 simples e conversão de área do coletor (0,25 m<sup>2</sup>) para hectare (10.000 m<sup>2</sup>)

#### **2.5. Estimativa da Mineralomassa Contida na Serapilheira Acumulada**

As mesmas amostras coletadas para a estimativa do estoque de serapilheira acumulada (item 4.2.4) foram utilizadas para a análise de nutrientes. Após a secagem, foram moídas em moinho do tipo Willey, sendo o material resultante desse processo peneirado em malha de 20 mm e, posteriormente, levado para análise de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFRRJ. Conhecendo o estoque de serapilheira e a sua concentração de macronutrientes, calculou-se o estoque de macronutrientes na serapilheira acumulada sobre o solo.

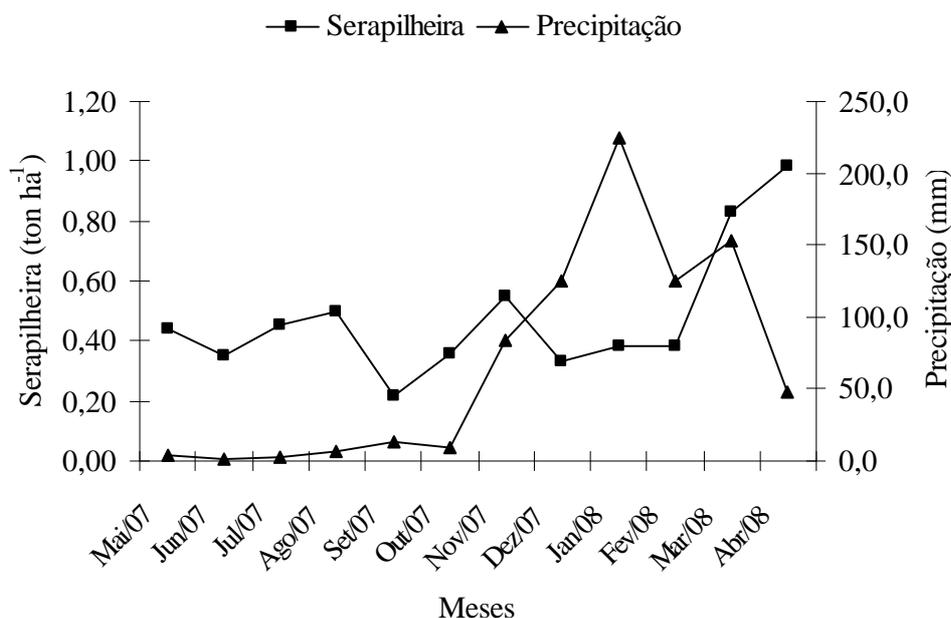
#### **2.6. Avaliação da Fertilidade do Solo**

A amostragem de solo para avaliar a sua fertilidade foi realizada na parte central das unidades amostrais, a uma distância mínima de duas linhas de plantio da bordadura. Foram coletadas 10 amostras simples para formar uma composta, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, com o auxílio de uma sonda de solo. As amostras foram levadas ao Laboratório de Solos da EAFSJE e da UFRRJ, onde foram secas ao ar e passadas em peneira de 2,0 mm. A terra fina seca ao ar (TFSA) resultante foi submetida a análises químicas (N, P, K, Ca, Mg e C), segundo a metodologia descrita pela Embrapa (1997). Com os teores de carbono (C), calculou-se a matéria orgânica (MO) por meio da fórmula  $MO = C * 1,724$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Estimativa de Produção Mensal e Anual de Serapilheira

A produção mensal de serapilheira teve seu pico nos meses mais quentes e com maiores índices pluviométricos, a partir de outubro de 2007 a abril 2008 (Figura 4).



**Figura 4** – Gráfico 1. Produção mensal de serapilheira (t ha<sup>-1</sup>) e índices pluviométricos (mm).

Segundo Poggiani (1985), na fase de elevação da temperatura, ao final da primavera e durante o verão, ocorrem maior brotação e crescimento de folhas novas, à custa dos nutrientes e hormônios antes translocados para as folhas adultas.

De acordo com Street e Öpik (1974), durante a fase de desenvolvimento, quando os diferentes órgãos entram em competição por nutrientes, o crescimento de um órgão pode resultar na senescência e morte de outro. Assim, o eucalipto perderia suas folhas, não devido a problemas de suprimento hídrico, como acontece na maioria das espécies nativas do interior do Estado de São Paulo, mas em função da translocação de compostos orgânicos e nutrientes das folhas adultas para as folhas novas em fase de crescimento, o que ocorreria na primavera e verão, períodos de maior renovação de folhas.

Carpanezzi (1980) acompanhou a deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de *Eucalyptus grandis* com 5 anos, no interior do Estado de São Paulo. O autor observou que a mata natural depositou 10,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de detritos e o eucaliptal, 7,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

De acordo com Gonzales e Gallardo (1982), a taxa de deposição de resíduos de determinada espécie modifica-se com a fase de desenvolvimento da planta ou do ecossistema florestal. Os referidos autores supuseram que ocorrem aumentos na produção de serapilheira em função do aumento da idade da floresta até que esta atinja a maturidade ou o clímax.

Os valores percentuais da deposição mensal de serapilheira em ordem decrescente foram: abril 16,98%, março 14,38%, novembro 9,53%, agosto 8,66%, julho 7,8%, maio 7,62%, janeiro 6,58%, fevereiro 5,8%, outubro 6,24%, junho 6,06%, dezembro 5,71% e setembro 3,81 %.

No período de maio/2007 a abril/2008, obteve-se um total de 5,77 t ha<sup>-1</sup> de serapilheira depositada, com uma precipitação média anual de 797,10 mm (Tabela 1).

**Tabela 1** – Serapilheira total e precipitação anual no período de maio/2007 a abril/2008

Meses Avaliados (03/07 a 04/08)	Serapilheira (t ha <sup>-1</sup> )	Precipitação (mm)
	5,77	797,10

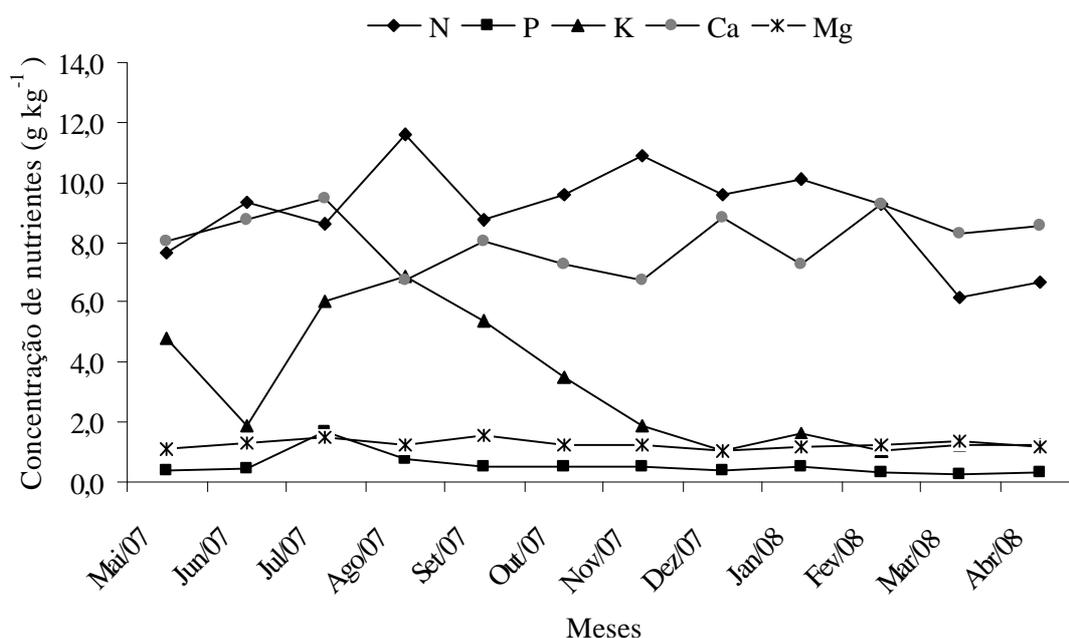
Esses resultados corroboram os de Carpanezzi (1980), que verificou, em plantações de *E. saligna* com 5 anos, a maior deposição de material orgânico e de nutrientes no final da estação da primavera e do verão, com períodos quentes e chuvosos (meses de dezembro a fevereiro). Esse comportamento também foi observado por Poggiani (1985) em plantios de *E. saligna* entre 7 e 10 anos de idade e por Schumacher (1992) em plantios de *E. grandis* de 7 anos. Schumacher (1992) também verificou que a menor deposição de folheto ocorreu na estação da primavera.

Diante dos dados e dos resultados encontrados, pode-se concluir que a formação da serapilheira segue uma sazonalidade em função das condições climáticas ao longo do ano.

### 3.2. Estimativa de Concentrações de Nutrientes na Serapilheira Depositada

O nitrogênio foi o elemento mais representativo, seguido pelo cálcio, potássio e magnésio. O fósforo foi o elemento que apresentou a menor concentração de nutrientes (Figura 5 e Tabela 2).

Avaliando a ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis* e *E. pellita* com idade de 6 anos na região Norte fluminense, Zaia e Gama-Rodrigues (2004) verificaram que a ordem de acumulação de nutrientes nos eucaliptos foi: Ca > N > K > Mg > P. Esses resultados são similares aos encontrados neste estudo, e o N apresentou maiores teores que o Ca. Esses resultados também são similares aos encontrados por Gama-Rodrigues e Barros (2002), em *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, na idade de 16 anos, em Argissolo Amarelo no Sul da Bahia.



**Figura 5** – Gráfico 2: concentração mensal de nutrientes na serapilheira depositada.

**Tabela 2** – Concentração anual de nutrientes depositados pela serapilheira

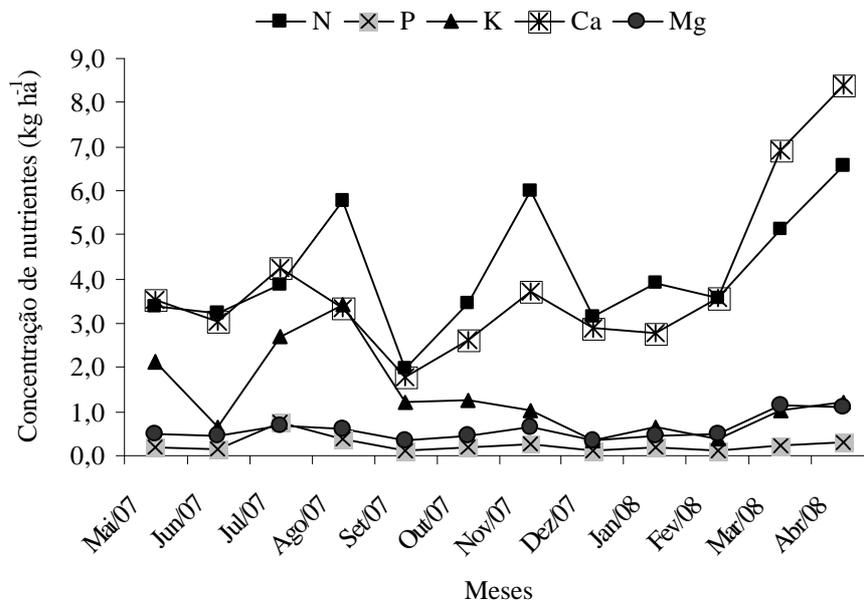
Meses Avaliados (03/07 a 04/08)	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				
	108,24	6,55	36,4	97,1	15,08

O teor de nutrientes na serapilheira pode variar em função das características do solo, da planta e do próprio elemento (SHUMACHER et al., 2004). O potássio foi o nutriente que apresentou maiores variações de concentração ao longo do ano (Figura 5), pois é um nutriente muito móvel. As concentrações de K foram maiores no período compreendido entre julho e setembro de 2007. Essas maiores concentrações no período seco (inverno) podem ser explicadas pelo menor crescimento e, conseqüentemente, menor necessidade desse nutriente nessa época do ano, o que reduz a translocação do potássio. As menores concentrações de K ocorreram no período de dezembro de 2007 a abril de 2008, no período quente e úmido, em que há maior taxa de crescimento e de utilização do K, e ocorre alta translocação das folhas velhas e senescentes para as folhas novas, o que explica sua baixa concentração na serapilheira depositada durante o verão.

Para os elementos Mg e P foram verificados os menores teores e, também, as menores variações durante o período avaliado (Figura 5). O P é um nutriente praticamente imóvel no solo e muito móvel no interior das plantas. Desse modo, a elevada intensidade de ciclagem bioquímica de P correspondeu a uma baixa intensidade de ciclagem biogeoquímica (ZAIA; GAMA-RODRIGUES, 2004). Comportamento semelhante ocorreu com o Mg.

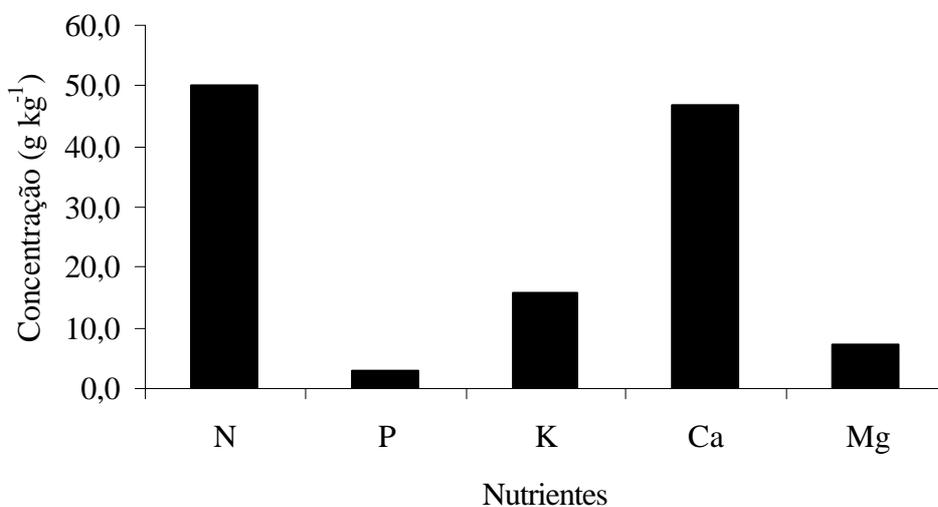
### 3.3. Transferência Mensal e Anual de Nutrientes via Serapilheira

A transferência de nutrientes via serapilheira ao solo foi determinada pela sazonalidade verificada na produção de serapilheira (Figura 4). A maior deposição de nutrientes ocorreu, em geral, no período de novembro de 2007 a abril de 2008, em que se verificou também maior deposição de serapilheira; com exceção do potássio que teve seu pico máximo no mês de agosto (Figura 6), período em que não houve nenhuma chuva; por isso se verificou pouco desenvolvimento da planta e pouca mobilidade desse elemento no interior da planta, o que o leva à maior concentração também nessa mesma época.



**Figura 6** – Gráfico 3: Produção mensal de nutrientes da serapilheira.

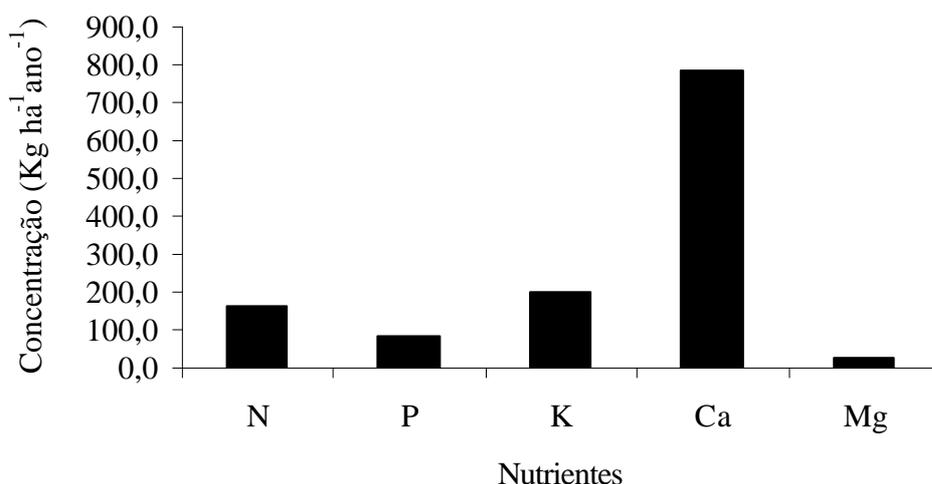
A transferência anual de nutrientes ao solo ocorreu na ordem: N>Ca>K>Mg>P com as seguintes concentrações em  $g\ kg^{-1}$ : N = 49,96; Ca = 46,85; K = 15,95; MG = 7,20 e P = 3,00 (Figura 7).



**Figura 7** – Gráfico 4: Transferência anual de nutrientes ao solo.

### 3.4. Estoque de Nutrientes na Serapilheira Acumulada

O nutriente que mais se acumulou foi o Ca, devido à sua menor mobilidade no solo. A sequência quantitativa foi Ca>K>N>P>Mg (Figura 8).



**Figura 8** – Gráfico 5: Quantidade de nutrientes na serapilheira acumulada.

### 3.5. Análise das Quantidades de Nutrientes do Solo

O solo da área estudada é muito pobre, apresentando valores de pH extremamente ácidos, com valores abaixo de 5,0 nas duas épocas de avaliação (Tabela 2). Os teores de Al encontrados no solo no ano de 1998 são muito elevados, tornando o solo ácido. Esses valores de Al observados na área em 1998 podem ser decorrentes das condições em que se encontrava a área, já bem degradada, que, apesar de estar coberta com braquiária, apresentava sulcos sobre o solo, e também o relevo bastante declivoso da área favoreceu o processo de lixiviação das bases trocáveis, como pode ser observado no Ca e Mg. Os valores de P e K, assim como a saturação por bases e a soma de bases trocáveis, também se encontravam com baixos valores.

**Tabela 3** – Caracterização da fertilidade do solo na área de estudo no início e final do cultivo do eucalipto

Prof (cm)	1999											
	pH	Ca	Mg	Al	Na	H+Al	S	T	P	K	V	MO
		cmolc kg <sup>-1</sup>					mg dm <sup>-3</sup>			%		
0-20	4,7	0,4	0,2	2,1	0,0	6,3	0,7	7,00	1	40	10	1,86
20-40	4,8	0,5	0,1	2,0	0,0	6,3	0,66	6,96	1	24	9,5	1,52
	2008											
0-20	4,5	1,0	0,2	0,15	0,0	7,79	1,25	9,04	1,7	19	13,8	4,32
20-40	4,6	0,2	0,1	0,05	0,0	5,4	0,34	5,74	1,2	14	5,9	3,22

Comparando a análise de solo de 1998 com 2008, observou-se que não há mais presença de Al tóxico nas plantas no solo, sendo os valores encontrados inferiores a  $0,3 \text{ cmolc kg}^{-1}$ , valor esse que não traz prejuízos para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. A redução dos teores de Al no solo podem ter ocorrido devido ao aporte de serapilheira no solo, com posterior decomposição e liberação de nutrientes, como o Ca e Mg, destacando-se principalmente o Ca, que na profundidade de 0-20 cm (1998) apresentava  $0,4 \text{ cmolc dm}^{-3}$  e, em 2008, dobrou de concentração, apresentando  $1,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$ . Esse comportamento também pode estar relacionado com os maiores teores de MO encontrados em 2008 quando comparado com 1998. Esses maiores teores de MO podem estar complexando o Al, tornando-o indisponível para as plantas.

A quantidade de serapilheira e seu conteúdo de nutrientes aportados ao solo refletem na capacidade produtiva e no potencial de recuperação ambiental das espécies, devido às modificações geradas nas características químicas do solo (SHUMACHER et al., 2004).

Os baixos valores de fósforo encontrados no solo, principalmente no ano de 2008, onde se avaliou a decomposição da serapilheira do eucalipto, podem ser decorrentes da sua baixa taxa de decomposição. Em plantios de *Eucalyptus* sp são relatadas baixas taxas de decomposição, acarretando acúmulo de material orgânico e, por conseguinte, aumento da quantidade de nutrientes na interface serapilheira-solo (ADAMS; ATTIWIL, 1986; LOUZADA et al., 1997; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002), como pode ser verificado para os teores de MO do solo no ano de 2008. Essa baixa taxa de decomposição seria, em parte, decorrente da eficiente retranslocação de nutrientes (ciclagem bioquímica) pelo eucalipto, produzindo serapilheira de baixa qualidade nutricional, especialmente em N e P (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002). Isso acarretaria, ao menos no primeiro ano de decomposição, a predominância do processo de imobilização desses elementos (GUO; SIMS, 1999; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002).

A baixa fertilidade natural do solo em estudo demonstra grande dependência da entrada de nutrientes no ecossistema por meio de adubação ou deposição atmosférica e, também, da sua capacidade de conservá-los nas áreas através dos ciclos bioquímicos e biogeoquímicos.

Nesse sentido, Attiwill (1980), ao estudar florestas de eucaliptos na Austrália, em áreas de fertilidade muito baixa, observou que a demanda de nutrientes aumenta ligeiramente com a idade das árvores, mas que uma proporção cada vez mais expressiva dessa demanda é suprida pelo próprio ciclo biológico, que se torna proporcionalmente mais importante à medida que a floresta atinge a maturidade.

Gonçalves et al. (2000) salientaram que, em povoamentos adultos de *Eucalyptus grandis* após o fechamento das copas, grande parte da demanda de nutrientes é atendida através da reciclagem. Isso significa dependência, cada vez menor, das árvores em relação ao estoque de nutrientes contidos no solo. Os nutrientes, uma vez armazenados na biomassa das árvores, durante a fase juvenil, são disponibilizados, ao longo do tempo, através do ciclo bioquímico.

#### 4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, é possível concluir que, nas condições experimentais:

a) O acúmulo de serapilheira segue sazonalidade em função das condições climáticas ao longo do ano.

b) Na serapilheira depositada sobre o solo, o nitrogênio foi o elemento mais representativo, seguido pelo cálcio, potássio e magnésio. O cálcio foi o elemento que mais se acumulou no solo.

d) Verificou-se uma melhoria das características químicas do solo na maioria dos atributos avaliados, com destaque para o aumento da matéria orgânica do solo e consequente complexação do Al, ficando ele indisponível para as plantas.

## **CAPÍTULO II**

### **UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE PESQUISA CIENTÍFICA NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM**

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de uma metodologia tradicional e outra científica no processo ensino-aprendizagem da disciplina de culturas perenes na formação profissional em nível técnico dos alunos da EAFSJE, em MG. O trabalho foi desenvolvido na EAFSJE, MG, com a cultura do eucalipto. Nos dois grupos de alunos da EAFSJE, com 21 alunos cada, foi aplicado um questionário sobre a cultura do eucalipto, e um grupo havia passado pelo processo de aprendizagem dado por metodologia científica e outro com metodologia tradicional. O mesmo questionário foi aplicado aos dois grupos, com 10 questões cada, e cada aluno poderia atingir notas variando de 0 a 10. Os alunos que participaram do projeto com metodologia científica obtiveram nota média 9,14, contra 5,19 dos alunos que foram submetidos ao processo de ensino tradicional. Dezenove alunos tiraram notas entre 9 e 10, referentes ao processo de aprendizagem científico. Para os alunos submetidos à aprendizagem tradicional, 16 tiraram notas entre 5 e 6. Os resultados indicam que a metodologia científica utilizada foi mais eficiente que a metodologia tradicional, pois proporcionou aos alunos melhor índice de aproveitamento do conhecimento adquirido quando comparado com os alunos da turma tradicional.

**Palavras-chave:** Método científico e tradicional de ensino. Aprimoramento do conhecimento. Educação profissional.

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the efficiency of a traditional methodology in science and other teaching-learning process of perennial crops in the discipline of training in the technical level of students EAFSJE in MG. The work was developed in EAFSJE, MG, with the cultivation of eucalyptus. For two groups of students in EAFSJE, with 21 students each, was administered a questionnaire on the cultivation of eucalyptus trees, where a group had passed through the learning process as a scientific methodology and the other with the traditional method. The same questionnaire was applied to the two groups, each with 10 questions, each student could reach notes ranging from zero to ten. Students who participated in the project with scientific methodology obtained average 9.14 against 5.19 doas students who have undergone the process of traditional education. Nineteen students took notes between 9 and 10, regarding the process of scientific learning. For students undergoing traditional learning, 16 took between 5 and 6 notes. The results indicate that the scientific methodology used was more efficient than the traditional method, because it gives the students a better rate of use of knowledge compared to students in the traditional classroom.

**Keywords:** Scientific and traditional method teaching. Improvement of knowledge. Professional education.

## 1. INTRODUÇÃO

O tema “Ciclagem de Nutrientes na Cultura do Eucalipto”, para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa de campo, teve sua escolha devida ao grande interesse dos nossos alunos em saber cada vez mais sobre essa cultura, sobejamente reconhecida pela sua capacidade em superar situações de estresse e por ser muito utilizada no reflorestamento, para produção de carvão para a siderurgia e celulose; sobretudo porque é uma cultura versátil, embora seja bastante afetada pelas verdades e mentiras ditas por leigos, pesquisadores, produtores e demais pessoas envolvidas com essa cultura, haja vista que estamos na região onde se encontram os maiores plantios de eucalipto do Brasil, com grandes empresas na produção de celulose e carvão. Recentemente, os produtores da região, que antes só viviam da agricultura de subsistência e pecuária leiteira e de corte, devido às dificuldades econômicas cada vez maiores e menores produtividades, começaram a buscar uma nova fonte de renda, plantando as suas florestas de eucalipto, nas áreas mais pobres e degradadas da fazenda.

A facilidade de plantio e manejo do eucalipto, bem como os incentivos das empresas de carvão e celulose, através do programa de fomento florestal e seu uso nas construções rurais e urbanas levaram esse pequeno produtor a entrar no negócio florestal. Porém, muitas dúvidas sobre essa cultura foram adquiridas, sejam através de conhecimentos ou de crenças, que foram acumulando com a lida do dia a dia com a terra e com agricultura. Muitas dessas ainda pairam sobre sua cabeça.

- 1-“Será que o eucalipto seca a terra”?
- 2-“Será que o eucalipto desgasta a terra”?
- 3-“É verdade que onde se plantar eucalipto não nasce mais nada”?
- 4-“É verdade que o que ele cresce pra cima ele cresce pra baixo”?

Discutindo com os nossos alunos sobre esses temas, resolvemos juntos desenvolver o seguinte projeto de pesquisa: “Utilização da metodologia da pesquisa científica no processo ensino-aprendizagem, com ênfase na ciclagem de nutrientes na cultura do eucalipto”.

Segundo Fagundes et al. (1999), quando o aprendiz é desafiado a questionar, quando ele se perturba e necessita pensar para expressar suas dúvidas, quando lhe é permitido formular questões que tenham significação para ele, emergindo de sua história de vida, seus interesses, seus valores e condições pessoais, passa a desenvolver a competência para formular e equacionar problemas. Enfim, ele consegue formular com clareza um problema a ser resolvido, começa a aprender a definir as direções de suas atividades. Assim, a pesquisa científica como metodologia de aprendizagem baseada em problemas poderá ser uma porta que permitirá: aproximar-se da identidade dos estudantes; evidenciar e desenvolver talentos; favorecer o desenvolvimento de concepções humanistas; desenvolver a cooperação, comunicação, autonomia, criatividade, senso crítico; repensar a estrutura de cursos, a organização do currículo por disciplinas e a maneira de estabelecê-lo no tempo e no espaço educacional; resgatar o que ocorre fora do espaço educacional formal, as transformações derivadas da imensa produção de informação; questionar a ideia de uma versão única da realidade; saber buscar a informação, como buscar e o que fazer com ela.

A principal função do professor não pode mais ser uma difusão dos conhecimentos, que agora é feita de forma mais eficaz por outros meios. Sua competência deve deslocar-se no sentido de incentivar a aprendizagem e o pensamento (LEVY, 1999).

Dertouzos (2000) alertou que a educação é muito mais que a transferência de conhecimentos de professores para alunos. Acender a chama da vontade de aprender no

coração dos estudantes, dar o exemplo e criar vínculos entre professores e alunos são fatores essenciais para o sucesso do aprendizado. E esse é um papel que a tecnologia não poderá cumprir.

Morin (2000) defendeu que o ensino educativo deve buscar não a mera transmissão do saber acumulado, mas uma cultura que possibilite a compreensão da condição humana e nos ajude a viver e favoreça um modo de pensar aberto e livre.

A educação deve propiciar a compreensão do contexto - o todo em relação às partes e as partes em relação ao todo. O excesso de especialização do saber leva ao enfraquecimento da responsabilidade e da solidariedade. Ensinar não é distribuir certezas, mas instigar dúvidas; não é inculcar a aceitação passiva do estabelecido, mas instrumentalizar para a contestação: não são formas iguais, mas diferentes unidos pelo respeito e aceitação das próprias diversidades.

A pesquisa deve ser transdisciplinar com uma preocupação simultânea com os diversos níveis de realidade, superando um só nível da pesquisa disciplinar, equacionando-a em função da totalidade. Além disso, ela aceita a causalidade em circuito e multirreferencial em lugar de se ater a uma realidade unilinear e unidimensional (CONGRESSO DE LOCARNO, 1997). A transdisciplinaridade no ensino caracteriza-se por seu enfoque no ser (seus níveis interior e exterior), que inclui o conhecer, o interagir e o fazer (NICOLESCU, 1999).

O objetivo de iniciar os nossos alunos no trabalho de pesquisa científica como meio/ferramenta didático-pedagógica para desenvolver e aprofundar conhecimentos de natureza crítica, bem como propiciadores de aproximações com o produtor, respeitando-se os conhecimentos e experiências de suas vidas, serve paralelamente para testarmos se a pesquisa científica pode ser um recurso metodológico desde o início do ensino médio/profissionalizante como metodologia de ensino-aprendizagem. Muitos autores ligados à didática e aos temas pedagógicos defenderam, e defendem, a pesquisa como mola propulsora de determinadas inteligências numa pessoa. O professor que trabalha reforçando as inteligências investigativas dos seus alunos promoverá competências reflexivas e aguçará a descoberta de tantas outras capacidades: lógica, analítica, heurística, resolução de problemas etc. Esse professor perceberá quão complexo e integral é o ser humano aluno (ANTUNES, 2006).

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência da metodologia de pesquisa científica como instrumento no processo ensino-aprendizagem da disciplina de culturas perenes na formação profissional em nível técnico dos alunos da EAFSJE, em MG.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. A Estruturação do Projeto de Pesquisa

Para atender ao nosso objetivo em questão, escolhemos 21 alunos voluntários sendo 16 homens e 5 mulheres, representando 50% dos alunos da 2ª série do Curso Técnico em Agropecuária da EAFSJEMG, que cursavam a disciplina Culturas Perenes (Figura 9).

Esses 21 alunos participavam também das aulas da metodologia tradicional, para verem os demais conteúdos da disciplina. A coleta de material, bem como as discussões sobre ciclagem de nutrientes e a cultura do eucalipto, acontecia sempre na primeira semana de cada mês.

A disciplina Culturas Perenes tem carga horária total de 180 aulas de 45 min, sendo distribuídas igualmente 60 aulas para cada conteúdo, eucalipto, cafeicultura e fruticultura.

Às turmas eram passados materiais de literatura sobre a cultura do eucalipto e, principalmente, sobre a ciclagem de nutrientes, além de todos os resultados da pesquisa.





**Figura 9** – Alunos da EAFSJE, voluntários, que participaram do projeto (modelo científico).

Outro grupo de alunos (Figura 10) participou somente da metodologia convencional, da disciplina de Culturas Perenes, em que os conteúdos programáticos da cultura do eucalipto eram:

- 1- Histórico e importância econômica.
- 2- Classificação botânica.
- 3- Principais espécies cultivadas e suas características.
- 4- Produção de mudas: semente e clonagem.
- 5- Preparo de solo.
- 6- Etapas de plantio.
- 7- Adubações.
- 8- Tratos culturais: tipos de capinas e combate à formiga.
- 9- Manutenção da floresta.
- 10- Colheita.
- 11- Utilização da madeira: celulose, carvão e tratamento.
- 12- Custo de produção e viabilidade econômica.



**Figura 10** – Alunos da EAFSJE, voluntários, que participaram do estudo (modelo convencional). Respondendo ao questionário.

## 2.2. Escolha do Talhão de Eucalipto

Foi utilizado na condução do experimento, um talhão de 3 ha de *Eucalyptus urograndis* de 7 a 8 anos de idade (Figura 11), com espaçamento de 3 x 2 m, no Campus da EAFSJE.





**Figura 11** – Talhão de eucalipto utilizado na condução do experimento da ciclagem de nutrientes.

### **2.3. Construção e Distribuição dos Coletores de Serapilheira**

Foram utilizados 10 coletores de madeira com tela sombrite, de 0,50 x 0,50 m, distribuídos aleatoriamente, no centro do talhão e suspensos 50 cm do solo (Figura 12).



**Figura 12** – Coletor de madeira e sombrite utilizados para a coleta da serapilheira depositada.

#### **2.4. Coleta Mensal de Serapilheira**

A coleta foi feita no período de 1 ano, com início em maio de 2007, finalizando em abril de 2008 (Figura 13).



**Figura 13** – Coleta de serapilheira depositada nos coletores.

## 2.5. Secagem na Estufa

A serapilheira foi colocada na estufa com temperaturas entre 50 e 60 °C, por 48 h, até atingir peso constante (Figura 14).



**Figura 14** – Secagem da serapilheira em estufa de circulação de ar forçada.

## 2.6. Pesagem da Serapilheira

Após a secagem foram feitas as pesagens e anotações mensais da serapilheira, para posterior construção dos gráficos para observação da distribuição mensal da serapilheira (Figura 15).



**Figura 15** – Pesagem da serapilheira seca.

### **2.7. Coleta de Serapilheira Acumulada**

Foram feitas cinco coletas usando coletor vazado de madeira tamanho 0,50 x 0,50 m (Figura 16). Em destaque, a camada de serapilheira acumulada sobre o solo (Figura 17).



**Figura 16** – Detalhe do coletor de serapilheira (coletor vazado de madeira).



**Figura 17** – Material acumulado sobre o solo na área de plantio de eucalipto.

## 2.8. Coleta de Solo

Foram coletadas amostras de solo para avaliação da fertilidade nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, usando-se trado tipo sonda (Figura 18).



**Figura 18** – Amostragem do solo para avaliação da fertilidade.

Após todas essas etapas, que tiveram a duração de um ano, aplicou-se um questionário diagnóstico (Anexo A). Foram elaboradas 10 perguntas objetivas, 50% de conhecimentos gerais da cultura do eucalipto e os outros 50% especificamente sobre o assunto pesquisado (ciclagem de nutrientes). Esse questionário foi aplicado a duas turmas de alunos envolvidas na pesquisa.

## 2.9. Estudos Realizados

Foram feitas a tabulação e avaliação dos dados relacionados ao questionário aplicado às duas turmas: turma que participou da metodologia científica (T. científica) e turma da metodologia tradicional (T. tradicional). Para cada questão do questionário foi atribuído valor 1,0, num total de 10,0 pontos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o questionário aplicado, verificou-se que a turma que participou do projeto científico (T.científica) apresentou como média 9,14 pontos, contra 5,19 pontos da turma que não participou do projeto (T.tradicional) (Tabela 4).

**Tabela 4** – Distribuição das notas dos alunos que participaram do estudo

Turmas*	Notas											Média
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
T.científica	-	-	-	-	-	-	-	1	1	13	6	9,14
T.tradicional	-	-	-	-	3	8	8	2	-	-	-	5,19

Cada turma foi composta por 21 alunos.

Analisando os resultados dos alunos que participaram efetivamente do projeto de pesquisa Ciclagem de Nutrientes, nenhum deles tirou nota igual a 0, 1, 2, 3, 4, 5 ou 6, representando 0% do total de alunos. Apenas um aluno recebeu nota 7,0, e também apenas um conseguiu nota 8,0, representando cada um 4,76% do total de alunos. A maioria dos alunos (13) tirou nota 9,0, representando 61,91%, e seis obtiveram nota 10,0, representando 28,57%.

Essa grande maioria de alunos (19) que tiraram notas entre 9,0 e 10,0 representa 90,5% do universo pesquisado, comprovando o ótimo índice de aproveitamento desses discentes.

Para a turma que participou somente da metodologia convencional, verificou-se que nenhum aluno conseguiu nota 0, 1, 2, 3, 8, 9 ou 10, representando 0% do total de 21 alunos. Três alunos tiraram nota 4,0, representando 14,28%; 8 conseguiram nota 5,0, representando 38,10%; e 8 receberam nota 6,0, representando 38,10%. A maior nota foi 7,0, e apenas dois alunos obtiveram-na, representando 9,52% de 21 discentes.

A maioria dos alunos da turma de metodologia convencional ( $8 + 8 = 16$ ) tirou notas entre 5,0 e 6,0, o que representou 76,2% do universo pesquisado, comprovando o baixo aproveitamento deles quando comparados com os da turma de alunos que participou do projeto de metodologia científica. Essa percentagem mostra que a maioria dos alunos do ensino convencional acertou apenas as perguntas básicas sobre a cultura do eucalipto.

#### **4. CONCLUSÃO**

No processo de ensino-aprendizagem dos alunos que participaram do projeto de pesquisa realizado na Escola Agrotécnica Federal de São João Evangelista, pode-se concluir que o uso da metodologia científica como instrumento de aprendizagem foi mais eficiente que os instrumentos rotineiros, usados na metodologia convencional, em que o professor dita as normas e os conteúdos, limitando a busca do conhecimento e podendo a investigação do aluno. Isso não é só pelos valores das notas encontradas, mas, principalmente, pelo alto grau de interesse demonstrado na procura de novos conhecimentos. Essa busca do conhecimento com as próprias mãos leva o indivíduo a uma maior doação, maior responsabilidade e, sobretudo, maior realização. Várias habilidades e competências foram testadas e adquiridas durante todo o processo, o senso da responsabilidade e da liderança; a importância do trabalho em grupo na valorização do indivíduo, o interesse, a curiosidade investigativa da pesquisa científica, o gosto e prazer pelas novas descobertas e um novo caminho para solucionar as suas dúvidas e crenças.

## **CONCLUSÕES GERAIS**

O estudo demonstrou que há diferença considerável no ganho de conhecimento dos alunos quando estes são submetidos à metodologia de ensino de pesquisa científica em relação aos que tiveram aulas da metodologia convencional.

A utilização da cultura do eucalipto como instrumento de pesquisa e de aprendizado proporcionou interesse muito grande aos alunos envolvidos, levando-os a novas descobertas e a repensar sobre alguns mitos dessa cultura, que às vezes chega a ser um pouco injustiçada. Não queremos, com isso, defender a monocultura agressiva ou a lucratividade acima do bem comum, mas buscar maior conscientização dos jovens para que eles possam buscar seus próprios conhecimentos para a solução de seus problemas quando forem profissionais, visando sempre ao melhor para a sociedade.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para lidar com uma cultura tão comum e ao mesmo tempo tão complexa, pode-se apoiar em pressupostos do pensamento complexo, a exemplo da ideia da heurística, método usado nas descobertas para se chegar à solução definitiva dos problemas ou, no mínimo, conduzir o professor a ensinar o estudante a utilizar estratégias diversas para trilhar o caminho da solução.

Este estudo pretendeu estimular o trabalho em grupo, compartilhando os conhecimentos adquiridos para o bem comum sobre uma cultura muito importante para a região, devido ao seu alto grau de empregabilidade, além de ser essa cultura alvo de vários questionamentos e dúvidas sobre os males e benefícios que pode causar ao solo.

O pesquisador deve preocupar-se sempre com a fidedignidade dos resultados de sua pesquisa, com o conhecimento e compreensão dos fenômenos ou eventos estudados, com o progresso da ciência, deixando de lado preconceitos e ideologias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, A. M.; ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling and nitrogen mineralization in eucalypt forests of south-eastern Australia. I. Nutrient cycling and nitrogen turnover. **Plant Soil**, v. 92, n. p.319-39, 1986.
- ANTUNES, C. Inteligências múltiplas. Petrópolis, RJ: Vozes, 2006. 70 p.
- ATTIWILL, P. M. The loss of elements from decomposing litter. **Ecology**, v. 49, n. 1, p.142-5, 1968.
- BAHUGUNA, V.K.; NEGI, J.D.S; JOSHI, S.R.; NAITHANI, K.C. Leaf litter decomposition and nutrient release in *Shorea robusta* and *Eucalyptus camaldulensis* plantation. **Indian Forester**, v. 116, n. 2, p. 103-114, feb.1990.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. 330p.
- BELLOTE, A.F.J.; SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. Extração e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden em função da idade: 1. Macronutrientes. **IPEF**, v. 20, p. 1-23, 1980.
- BOCKHEIM, J.G.; JEPSEN, E.A.; HEISEY, D.M. Nutrient dynamics in decomposing leaf litter of four tree species on a sandy soil in northwestern Wisconsin. **Canadian Journal Forest Research**, v. 21, n. 6, p. 803-12, jun. 1991.
- BRAY, J.R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, v.2, p.101-57, 1964.
- CARPANEZZI, A. A. Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do Estado de São Paulo. 1980. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.
- CASTRO, C. M. **A prática da pesquisa**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. 156 p.
- COLE, D.W.; RAPP, M. Elemental cycling in forested ecosystems. In: REICHLER, D.E. (Ed.) **Dynamic properties of forest ecosystems**. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1980, p. 341-409.
- CUNHA, G.C.; GRENDENE, L.A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D.A. Dinâmica sucessional em Floresta Estacional Decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, v.3, n.1, p.35-64, 1993.
- CURLIN, J.W. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: YOUNBERG, C.T.; DAVEY, C.B. (Eds.) **Tree growth and forest soils**. Oregon State University Press, 1970. p. 313-325.

CUSTÓDIO FILHO, A. **Produção e decomposição de serapilheira em um trecho da floresta pluvial atlântica** – Estação Biológica de Boracéia (São Paulo – Brasil). São Paulo, 1994, 72p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

DELITTI, W.B.C. **Aspectos dinâmicos da serapilheira de uma floresta implantada de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*** (Mogi-Guaçu, SP). São Paulo, 1982. 137 p. Dissertação (Mestrado) Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

DEMO, P. Metodologia científica em ciências sociais. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: **Atlas**, 995. 293 p.

DERTOUZOS, M. O que será: como a informação transformará nossas vidas. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

DIAS, C.; FERNANDES, D. **Pesquisa e método científicos**. 2000. 9 p. Disponível em: <[www.geocities.com/claudiaad/cientifica.pdf](http://www.geocities.com/claudiaad/cientifica.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2009.

DIVIGNEAUD, P.; DENAEYER DE SMET, S. Biological cycling of minerals in temperate deciduous forests. In: REICHLE, D.E.D. (Ed.) **Analyses of temperate Forest Ecosystem**. New York: Springer-Verlag, 1973. p. 199-225.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FAGUNDES, L. C.; SANTOS, L. S.; MAÇADA, D. L. **Aprendizes do futuro: inovações começaram**. Brasília: MEC/SEED/PROINFO, 1999. (Caderno de informática para a mudança em educação).

FELLER, M.C. Effects of an exotic conifer (*Pinus radiata*) plantation on forest nutrient cycling in southeastern Australia. **Forest Ecology and Management** v.7, n.2, p.77-102, 1983.

FONSECA, S; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; COSTA, L.M.; LEAL, P.G.L.; NEVES, J.C.L. Alterações em um latossolo sob eucalipto, mata natural e pastagem: Ipropriedades físicas e químicas. **Revista Árvore**, v.17, n.3, p.271-288, set./dez.1993.

GABRIEL, J.L.C. **Florística, fitossociologia de espécies lenhosas e aspectos da ciclagem de nutrientes em floresta mesófila semidecídua nos municípios de Anhembi e Bofete, SP**. Rio Claro, 1997. 195p. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista.

GALLIANO, G. A. **O método científico: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Harbra, 1979. 199 p.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **R. Árvore**, Viçosa, v. 26, p. 193-207, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207 p.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, SP: IPEF, 2000. cap. 1, p. 1-57.

GONÇALVES, J.L.M. **Características do sistema radicular de absorção do *Eucalyptus grandis* sob diferentes condições edáficas**. Piracicaba, 1994. 84p. Tese (Livre Docência). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

GONZALEZ, M. I. M.; GALLARDO, J. F. El efecto hojarasca: una reision. **Anales de Edafologia y Agrobiologia**, v. 41, p. 1129-57, 1982.

GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in the New Zealand eucalypt short rotation forests. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 75, p.133-40, 1999.

HAAG, H.P.; ROCHA FILHO, J.V.C; OLIVEIRA, G.D. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus e Pinus*. II. Contribuição das espécies nos nutrientes na manta orgânica. **O Solo**, v. 70, n. 2, p.28-31, 1978.

HARMON, M.E.; BAKER, G.A.; SPYCHER, G.; GREENE, S.E. Leaf-litter decomposition in the Picea/Tsuga forests of the Olympic National Park, Washington, U.S.A. **Forest Ecology and Management**, v. 31, (1990). p.55-66.

HART, S.C.; FIRESTONE, M.K.; PAUL, E.A. Decomposition and nutrient dynamics of ponderosa pine needles in a Mediterranean-type climate. **Canadian Journal Forest Research**, v. 22, p. 306-314, 1992.

HEGENBERG, L. **Etapas da investigação científica**. v. 2: leis, teorias, método. São Paulo: EPU/EDUSP, 1976.

IBGE 2002, disponível em: <http://cidadesnet.com/municipios/saojoaoevangelista.htm>. Acesso em: 25 abr. 2009.

KERLINGER, F. N. **Metodologia da pesquisa em ciências sociais**: um tratamento conceitual. Trad. por Helena Mendes Rotundo; revisão técnica por José Roberto Malufe. São Paulo: EPU, 1980. 378 p.

KIMMINS, J.P. Sustained yield, timber mining, and the ecological rotations: a British Columbia view. **Forestry Chronicle**, v. 50, p. 1-4, 1974.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Atlas, 1991. 270 p.

- LÉVY, P. **Cibercultura**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1999. 264 p.
- LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 1996. 302p.
- LISANERWORK, N.; MICHELSEN, A. Litterfall and nutrient release by decomposition in three plantations compared with a natural forest in the Ethiopian highland. **Forest Ecology and Management**, v.65 (1994), p.149-164, 1994.
- LOPES, A.S. **Solos sob cerrado – características, propriedades e manejo**. Piracicaba: POTAFOS, 1983. 162p.
- LOUSIER, J.D.; PARKINSON, D. Litter decomposition in a cool temperate deciduous forest. **Canadian Journal of Botanic**, v. 54, p. 419-436, 1976.
- LOUZADA, J. N. C. et al. Litter decomposition in semideciduous forest and *Eucalyptus* spp. crop in Brazil: a comparison. **Forest Ecology and Management**, v. 94, p. 31-6,1997.
- MORIN, E. **A cabeça bem-feita: reformar a reforma, reforçar o pensamento**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.
- NASCIMENTO, J. C. **Memórias do aprendizado: 80 anos de ensino agrícola em Sergipe**. Maceió: Edições Catavento, 2004.
- NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; ANJOS, J.L. Efeito do Alumínio em amostras de dois latossolos sob cerrado sobre o crescimento e a absorção de nutrientes de mudas de *Eucalyptus* spp. ACIESP. **Glossário de Ecologia**. 2. ed. São Paulo: Publicação ACIESP – Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1997. 352p
- NICOLESCU, B., Um novo tipo de conhecimento – transdisciplinaridade. In: NICOLESCU, B., PINEAU, G., MATURANA H., RANDOM, M. E TAYLOR P. (orgs). **Educação e Transdisciplinaridade**. Brasília: Unesco, 2000.
- NOVAIS, R.F; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Nutrição mineral do Eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa, Ed. Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.
- OLIVEIRA, R.E. **Aspectos da dinâmica de um fragmento florestal em Piracicaba – SP: silvigênese e ciclagem de nutrientes**. Piracicaba, 1997. 87 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de SãoPaulo.
- OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322-331, 1963.
- PEREIRA, J.M.S. **Os ciclos biogeoquímicos nos ecossistemas florestais e agrícolas**. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, 1978.
- PETERSON, D.L.; ROLFE, G.L; BAZZAZ, F.A. Nutrient dynamics of litterfall and ecomposition in a Bottomland Hardwood Forest. **Forest Research Report**, n.79-4, 4p., Dec. 1979.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.287-308.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade da floresta plantada. In: PENEDO, W. R. (Ed.). **Gaseificação da madeira e carvão vegetal**. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de MG/CETEC, 1981. 1v. (Série de Publicações Técnicas, v. 4).

POGGIANI, F. **Produção de biomassa e balanço nutricional em plantações de eucaliptos e pinheiros**. Implicações silviculturais. Piracicaba: ESALQ, DCF, 1986, 20p.

POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações de *Eucalyptus e Pinus***. Implicações silviculturais. 1985. 229 f. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1985.

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, abr. 1998.

POGGIANI, F.; MONTEIRO JÚNIOR, E.S. Deposição de folheto e retorno de nutrientes ao solo numa floresta estacional semidecídua em Piracicaba, SP. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos de Jordão, 1990. **Anais**. São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p. 596-602.

POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z.; CORRADINI, L.; FAZZIO, E.C.M. Exportação de biomassa e nutrientes através da exportação dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, v. 25, p.37-39, 1983.

POWERS, R.F. Nutrient requirements of timber species. An overview. CALIFORNIA FOREST SOIL FERTILITY CONFERENCE, 5, Sacramento, **Proceedings**. Sacramento, California, 1976.

PRITCHETT, W.L. **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley and Sons, 1987. 500p.

RAISON, R.J.; CRANE, W.J.B. Nutritional costs of shortened rotations in plantation forestry. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 17, Kyoto, 1981. **Anais**. Kyoto, p. 63-72.

RAISON, R.J.; KHANA, P.K.; CRANE, W.J.B. Effects of Intensified Harvesting on Rates of Nitrogen and Phosphorus Removal From *Pinus radiata* and Eucalypts Forests in Australia and New Zealand. **Journal of Forestry Science**, v. 12, p. 394- 403, 1982.

REIS, M.G.F; BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. p. 265-301.

REMEZOV, N.P. Decomposition of forest litter and the cycle of elements in na oak forest. **Soviet Soil Science**, v.7, p. 703-711, 1961.

RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 3. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1980. 124 p.

SANTOS, A. Didática sob a ótica do pensamento complexo. [S.l.], 1994. 111 p.

SANTOS, A. **Tecendo Relações na Sala de Aula**. CONGRESSO DE LOCARNO, 1997.

SCHUMACHER, M. V. Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell. 1992. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1992.

SHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; HERNANDES, J. I.; KONIG, F. G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Município de Pinhal Grande-RS. **R. Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 29-37, 2004.

SCHUMACHER, M.V. Estudo da biomassa e dos nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) subespécie Bicostata. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v.22, p. 281-286, 1998.

SCHUMACHER, M.V. Estudo da biomassa e dos nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* subespécie Bicostata. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Anais**. Salvador, 1997, v.3, p. 199-203.

SILVEIRA, Z. S. Educação profissional no Brasil: da industrialização ao século XXI. **Revista de Educação Pública**, v. 1, p. 1-50, 2006.

SPAROVEK, G. **Amostragem e análise de dados edafo-bio-climáticos de um remanescente florestal no município de Pindorama (SP)**. Piracicaba, 1993. 132p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

STREET, H. E.; ÖPIK, H. **Fisiologia das angiospermas: crescimento e desenvolvimento**. São Paulo: EDUSP, 1974. 332 p.

SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Maintenance of productivity under short rotations. In: FAO-IUFRO INTERNATIONAL SYMP. FOREST FERTILIZATION, 1973, Paris. **Anais...** Paris, 1973.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS/FA/DS, 1995. 174p.

TRUJILLO FERRARI, A. **Metodologia da ciência**. 3. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: Kennedy, 1974. 248 p.

WEELS, C.G.; JORGENSEN, J.R. Effects of intensive harvesting on nutrient supply and sustained productivity. In: **Impact of Intensive Harvesting on Forest Nutrient Cycling**, p. 212-230, 1979.

WISE, P.K.; PITMAN, M.G. Nutrient removal and replacement associated with short rotation eucalypt plantation. **Australian Forestry**, v. 44, n.3, p.142-152, 1981.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 843-52, 2004.

## ANEXOS

### ANEXO A - Questionário de coleta de dados

Questionário aplicado para as turmas de alunos: metodologia convencional e pesquisa científica.

1-Qual é o País de origem do Eucalipto?

- a-() Japão
- b-() Brasil
- c-() Austrália
- d-() Áustria

2-Qual foi a 1ª. Função do Eucalipto no Brasil?

- a-() Celulose
- b-() Carvão para siderúrgicas
- c-() Lenha para as locomotivas
- d-() Detergente para limpeza

3-A espécie mais plantada para fabricação de celulose é:

- a-() E. grandis
- b-() E. urophila
- c-() E. cloeziana
- d-() E. torelliana

4-A espécie mais plantada para postes e construções é:

- a-() E. grandis
- b-() E. urophila
- c-() E. cloeziana
- d-() E. torelliana

5-Qual o espaçamento utilizado em plantios destinados a Celulose?

- a-() 2x2 metros
- b-() 2x1 metros
- c-() 3x2 metros
- d-() 3x3 metros

6-O que você entende por ciclagem de nutrientes?

- a-() É a translocação dos nutrientes no interior da planta.
- b-() É a perda de nutrientes no solo.
- c-() É a transformação dos nutrientes na planta.
- d-() É a volta dos nutrientes ao solo, após o uso pelas plantas.

7-O que significa o termo BIOMASSA?

- a-() Quantidade de madeira na floresta.
- b-() Quantidade de folhas no solo da floresta.

- c-( ) Quantidade de madeira e folhas da floresta.
- d-( ) Quantidade de madeiras e folhas no chão das florestas.

8-O que significa o termo SERAPILHEIRA?

- a-( ) Deposição de folhas no solo da floresta.
- b-( ) Deposição de galhos no solo da floresta.
- c-( ) Material orgânico decomposto na floresta.
- d-( ) Todo material orgânico no solo da floresta.

9-Por que as cascas das madeiras cortadas devem permanecer no terreno?

- a-( ) São ricas em Cálcio.
- b-( ) São fontes de Nitrogênio.
- c-( ) São fontes de Potássio.
- d-( ) São ricas em todos os nutrientes acima.

10-Que nutriente é o mais exportado da propriedade, juntamente com a madeira?

- a-( ) Nitrogênio
- b-( ) Fósforo
- c-( ) Potássio
- d-( ) Cálcio