

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS

SILVICULTURA APLICADA – PARTE II

3º edição - revisada

Mauro Valdir Schumacher

Grasiele Dick

Márcio Viera

Aline Aparecida Ludvichak

**SANTA MARIA, RS, BRASIL
2017**

S587 Silvicultura aplicada / Mauro Valdir Schumacher ... [et al.]. – 3. ed., rev. – Santa Maria : UFSM, CCR, Departamento de Ciências Florestais, 2017.
pt. 2 (82 p.) : il. ; 30 cm. – (Coleção Ciências rurais, ISSN 1984-6118 ; n. 14)

1. Silvicultura 2. Ecologia florestal 3. Florestas nativas I. Schumacher, Mauro Valdir II. Série.

CDU 630.18
630.2

Ficha catalográfica elaborada por Alenir Goularte – CRB-10/990
Biblioteca Central da UFSM

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS**

**Prof. Paulo Afonso Burmann
Reitor da UFSM**

**Prof. Paulo Bayard Dias Gonçalves
Vice-Reitor da UFSM**

**Prof. Irineo Zanella
Diretor do CCR/UFSM**

**Prof. Sandro Luis Petter Medeiros
Vice-Diretor do CCR/UFSM**

SILVICULTURA APLICADA – PARTE II

3º edição - revisada

Autores:

Mauro Valdir Schumacher¹

Grasiele Dick²

Márcio Viera³

Aline Aparecida Ludvichak⁴

COLEÇÃO CIÊNCIAS RURAIS N. 14

ISSN 1984 – 6118

Editoração

Venice Teresinha Grings⁵

ClaudiaAngelita Antunes Silveira⁶

Janer Cristina Machado⁷

- Unidade de Apoio Pedagógico/CCR -
(Fone: 3220 8403 – e-mail: uapccr@gmail.com)

¹ Engenheiro Florestal, Dr. rer. nat. techn. Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, Bolsista do CNPq, mauro.schumacher@ufsm.br.

² Engenheira Florestal, M.Sc. Doutoranda em Silvicultura – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal/UFSM – Bolsista CNPq, grasidick@hotmail.com.

³ Engenheiro Florestal, Dr. Professor da Universidade Federal de Santa Maria - Unidade Descentralizada de Silveira Martins, vieraforestal@yahoo.com.br.

⁴ Engenheira Florestal, M.Sc. Doutoranda em Silvicultura – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal/UFSM – Bolsista CAPES, aline_lud@yahoo.com.br.

⁵ Diretora da Unidade de Apoio Pedagógico - CCR/UFSM, vgrings@hotmail.com.

⁶ Técnica em Assuntos Educacionais - UAP/CCR/UFSM, revisão das normas de publicação.

⁷ Técnica em Assuntos Educacionais – UAP/CCR/UFS, revisão gramatical.

BRASIL – RS – UFSM

MAURO SCHUMACHER

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fatores que determinam o uso da água em ecossistemas florestais	14
Figura 2 - Aspecto do desenvolvimento do sistema radicular do eucalipto em um Neossolo Litólico	15
Figura 3 - Biomassa de raízes finas em um povoamento de <i>Eucalyptus dunnii</i> aos oito meses de idade, São Gabriel, RS.....	17
Figura 4 - Principais solos da paisagem.....	17
Figura 5 - Fatores intrínsecos ao solo e relevo que afetam o crescimento/ produtividade de plantações.....	19
Figura 6 - Ecologia da produção de florestas nativas e plantações	20
Figura 7 - Ganho no crescimento de plantações de eucalipto em decorrência de práticas silviculturais (melhoramento genético).....	21
Figura 8 - Esquema da dinâmica de nutrientes em uma plantação comercial ou floresta nativa	22
Figura 9 - Modelagem ecofisiológica geral	24
Figura 10 - Balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um povoamento de <i>Eucalyptus dunnii</i> , aos 60 meses de idade	25
Figura 11 - Resíduos (cascas, galhos e folhas) sobre o solo após a colheita da madeira	35
Figura 12 - Mapeamento da área de implantação do povoamento florestal, com a localização das áreas de preservação.....	37
Figura 13 - Micro planejamento em função das espécies de eucalipto	38
Figura 14 - Planejamento das atividades com divisão da propriedade em glebas e alocação das estradas	39
Figura 15 - Divisão das glebas em talhões com diferentes tamanhos e formatos	40
Figura 16 - Aspecto das etapas do plantio manual	47
Figura 17 - Aspectos do plantio semimecanizado: (a) preparo do solo realizado mecanicamente; (b) atividades feitas manualmente	48
Figura 18 - Aspecto do plantio mecanizado	48
Figura 19 - Irrigação a campo	49
Figura 20 - Controle de plantas daninhas	51
Figura 21 - Distribuição de iscas granuladas para o controle de formigas	52
Figura 22 - Exemplo de Sistema Taungya (Eucalipto + Milho).....	60
Figura 23 - Exemplo de Sistema Taungya (Eucalipto + Melancia)	60
Figura 24 - Exemplo de Sistema Taungya (Eucalipto + Girassol)	61
Figura 25 - Exemplo de Sistema Taungya (Eucalipto + Soja	61
Figura 26 - Exemplo de Sistema Taungya (Acácia-negra + milho)	62
Figura 27 - Exemplo do Sistema Alley cropping	63
Figura 28 - Exemplo de Sistema Policultivos Multiestratificados	64
Figura 29 - Exemplo de Sistema silvipastoril (Eucalipto + gado).....	65
Figura 30 - Exemplo de Sistema silvipastoril (pinus + gado)	65
Figura 31 - Sistema silvipastoril, pastagem implantada com eucalipto	66
Figura 32 - Exemplo de Sistema agrossilvipastoril.....	66
Figura 33 - Representação dos processos que ocorrem em um sistema agrícola (A) e em um sistema agroflorestal (B)	69

Figura 34 - Esquema demonstrativo da produtividade de um sistema agrossilvicultural aos seis meses de idade no município de Bagé, Rio Grande do Sul. 72

Figura 35 - Diferença na incidência de radiação solar no sub-bosque com *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* (ao fundo), em sistemas silvipastoris conduzidos no município de Alegrete, RS (cinco anos de idade) 74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Acúmulo de biomassa e nutrientes na madeira e casca em diferentes espécies de eucalipto.	27
Tabela 2 - Acúmulo de biomassa e nutrientes na madeira e casca do tronco em diferentes espécies de pinus.	29
Tabela 3 - Acúmulo de biomassa e nutrientes na madeira e casca em <i>Acacia mearnsii</i>	30
Tabela 4 - Acúmulo de biomassa e nutrientes na madeira e casca em diferentes espécies florestais.	31
Tabela 5 - Concentrações de nutrientes (g kg^{-1}) na casca de espécies nativas.	32
Tabela 6 - Estimativas de exportação de nutrientes com base em diferentes sistemas de colheita florestal.	33
Tabela 7 - Interpretação dos teores de P e K verificados na análise química do solo.	45
Tabela 8 - Recomendação de adubação com base nos teores de P e K presentes no solo, em gramas de nutriente e da formulação mais próxima.	45
Tabela 9 - Classificação dos SAF's de acordo com as atividades de produção envolvidas e suas diferentes denominações.	58
Tabela 10 - Desempenho produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em Sistemas agrossilvipastoril ou ILPF.	72

MAURO SCHUMACHER

SUMÁRIO

1	FATORES DE PRODUÇÃO FLORESTAL	11
1.1	FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO FLORESTAL.....	11
1.2	PRODUÇÃO DE BIOMASSA	19
1.3	COLHEITA FLORESTAL X EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES	24
1.3.1	Exportações de nutrientes pela colheita do <i>Eucalyptus</i> spp.	26
1.3.2	Exportações de nutrientes pela colheita do <i>Pinus</i> spp.....	28
1.3.3	Exportações de nutrientes pela colheita da <i>Acacia mearnsii</i>	29
1.3.4	Exportações de nutrientes pela colheita de outras espécies florestais ..	30
1.3.5	Exportações de nutrientes por outras formas de uso da floresta.....	32
1.4	PROCEDIMENTOS PARA MINIMIZAR PROBLEMAS ADVINDOS DA COLHEITA.....	34
2	IMPLANTAÇÃO DE POVOAMENTOS FLORESTAIS.....	35
2.1	INTRODUÇÃO.....	36
2.2	PLANEJAMENTO INICIAL	36
2.2.1	Mapeamento.....	36
2.2.2	Reconhecimento da área e planejamento das atividades.....	38
2.3	CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS E ACEIROS.....	40
2.4	PREPARO DO SOLO	41
2.5	PLANTIO	42
2.5.1	Escolha do espaçamento.....	43
2.5.2	Adubação de plantio e calagem	44
2.5.3	Plantio.....	46
2.5.4	Irrigação.....	49
2.5.5	Replantio	49
2.6	TRATOS CULTURAIS.....	50
2.6.1	Controle de matocompetição	50
2.6.2	Controle de formigas.....	52
2.6.3	Adubação de cobertura e manutenção.....	53
3	SISTEMAS AGROFLORESTAIS	54
3.1	INTRODUÇÃO.....	54
3.2	O QUE SÃO OS SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF'S)?	55
3.3	CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS.....	57
3.4	SISTEMAS AGROFLORESTAIS EMPREGADOS	59
3.4.1	ILF, Sistemas agrossilviculturais, silviagrícolas ou agroflorestais.....	59
3.4.2	IPF ou Sistemas silvipastoris	64
3.4.3	ILPF ou Sistemas agrossilvipastoris	66
3.5	BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS.....	67
3.6	LIMITAÇÕES DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS.....	70
3.7	PRODUTIVIDADE DE ALGUNS SAF'S.....	71
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

MAURO SCHUMACHER

1 FATORES DE PRODUÇÃO FLORESTAL

1.1 FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO FLORESTAL

Os principais fatores que afetam a produção florestal são: temperatura, radiação solar, água, solo e nutrientes.

A **temperatura** é um dos fatores a ser considerado no planejamento florestal, uma vez que, a amplitude térmica definirá a espécie que mais se adaptará ao local. Por exemplo, recomenda-se em áreas com ocorrência de geadas, como é o caso do Rio Grande do Sul, o plantio de espécies como *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii*, pois essas são muito resistentes.

Esse é um fator importante, pois a **temperatura** também regula a abertura estomática, sendo que a fotossíntese é mais intensa nos momentos em que a temperatura é maior. Pode-se verificar também o efeito da **temperatura** no crescimento das árvores, o qual, nas estações mais frias, é reduzido, imprimindo assim anéis de crescimento mais escuros e estreitos no alburno, ao passo que, no verão, a taxa de crescimento é maior. Essas evidências são claramente notadas em madeiras de coníferas.

A produção também pode ser influenciada em função das oscilações de **temperatura**: quando extremas, podem causar estresse térmico nas plantas, levando à perda da turgescência, redução de área foliar e dos processos da fotossíntese, com consequente estagnação do crescimento e/ou morte da árvore (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Quanto à **radiação solar**, essa afeta diretamente a produção florestal, através da sua intensidade e duração (número de horas de insolação diária - ciclo circadiano), atuando sobre a fotossíntese, regulando a abertura estomática e promovendo a síntese de glicose (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A quantidade de luz que penetra no dossel florestal é dada pela sua densidade e define a formação do sub-bosque e a diferenciação ambiental em folhas de sombra e folhas de luz. Em geral, as folhas do dossel refletem de 10 a 25% da radiação do espectro visível.

Este fator pode ser avaliado considerando-se o *Índice de Luminosidade Relativa* (ILR), que expressa o percentual de luz incidente sob o dossel florestal em comparação à incidência de luz em local aberto. Em geral, observa-se que 50 a 80% da luminosidade passa pelo dossel de florestas caducifólias; 10 a 15% em florestas abertas de pinus; 0,25 a 2% em floresta tropical chuvosa.

Em ecossistemas naturais, a adaptação à exigência luminosa varia entre espécies e estágios de crescimento. Espécies umbrófilas necessitam de maior sombreamento para germinação e desenvolvimento (espécies do sub-bosque). Em contrapartida, as espécies heliófilas necessitam de pleno sol (todas as espécies da sucessão primária).

Outro parâmetro importante que pode ser avaliado e está diretamente relacionado à **radiação solar** é o *Índice de Área Foliar* (IAF). O IAF foi denominado por Watson (1947) como sendo a razão entre a área foliar do dossel e a unidade de superfície projetada no solo ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$). Esse índice é computado ao considerar a superfície de apenas uma das faces das folhas, sendo uma variável biofísica que está diretamente relacionada à transpiração e à produtividade florestal.

O IAF também está relacionado a outro importante fator que afeta a produção: a **água**. O conteúdo de água que chega ao solo varia conforme a área foliar, estrutura da floresta (densidade de povoamento, espécie ou material genético, características edafoclimáticas, porcentagem de ocupação da bacia hidrográfica e radiação solar).

A **água** desempenha um papel fundamental na vida da planta. De todos os recursos naturais que as plantas necessitam para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ainda, frequentemente, o mais limitante. A disponibilidade de água limita a produtividade de ecossistemas naturais, levando a diferenças marcantes no tipo de vegetação que se desenvolve ao longo de gradientes de precipitação (TAIZ; ZEIGER, 2013).

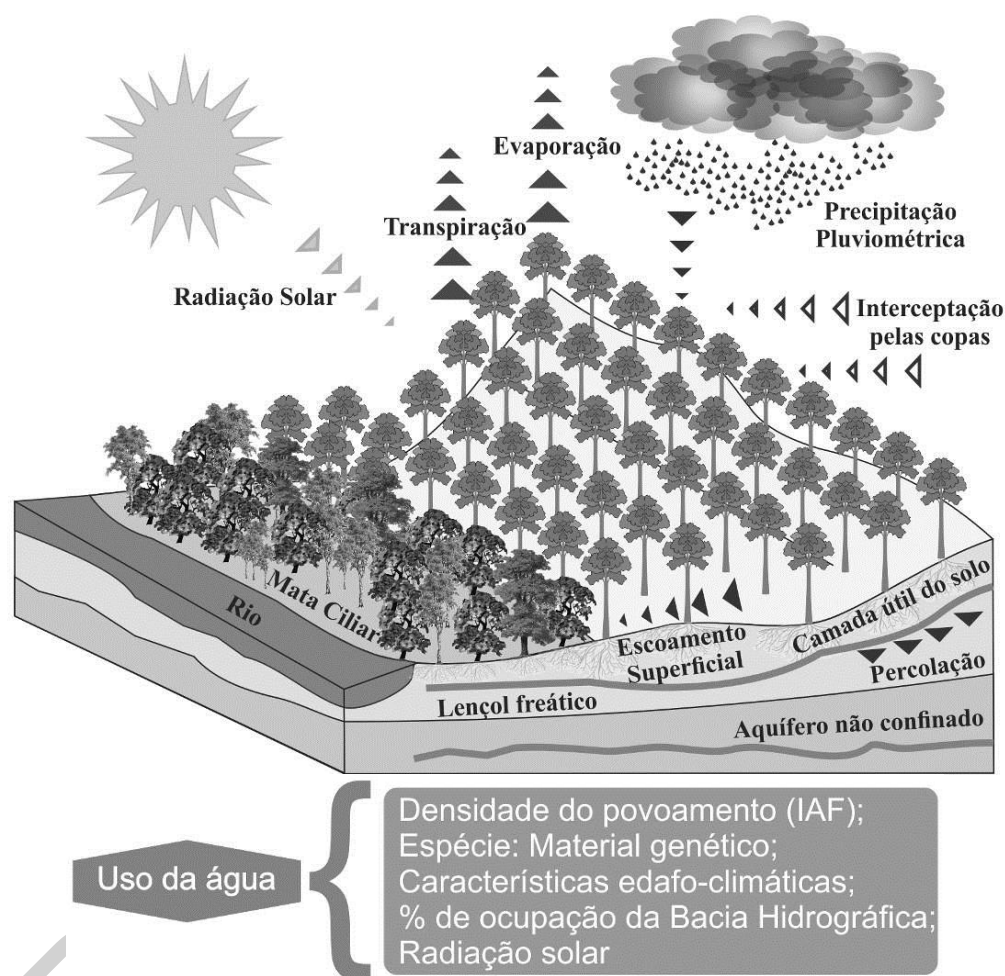
A falta de **água** (déficit hídrico) é um dos fatores mais impactantes no estágio inicial de formação de uma planta, pois o sistema radicular das mudas ainda encontra-se em processo de formação e ocupação do solo, visto que plantas adultas conseguem explorar maiores profundidades do solo em busca de água.

A produtividade dos povoamentos é influenciada pelo suprimento de nutrientes que advêm, não somente da matéria orgânica decomposta e/ou fertilização, mas também dos minerais dissolvidos na **água** e incorporados pela precipitação (SCHUMACHER; VIERA, 2015). Correia e Andrade (2008) ressaltam que a produção vegetal é determinada pela distribuição das chuvas, a qual influencia a disponibilidade de água no solo. A **água**, ao passar pelo dossel, carrega consigo uma grande quantidade de partículas e aerossóis atmosféricos, que estão depositados na superfície dos tecidos vegetais (WARING; SCHLESINGER, 1985).

😊 No setor florestal, uma das polêmicas mais emblemáticas consiste no uso de **água** pelo eucalipto. Segundo Andrade [s.d.], o consumo de água em plantios de eucalipto não é muito diferente do consumo de outras espécies que tenham a mesma taxa de crescimento. Ou seja, quanto maior a produção de biomassa, maior será o consumo de água para suprir o crescimento. Contudo, há diferenças dentro e entre espécies na eficiência do uso da água (biomassa produzida por unidade de água consumida), devido, por exemplo, a mecanismos fisiológicos que reduzem a transpiração, como nos casos de redução no índice de área foliar em regiões de maior déficit hídrico. A maioria das espécies de eucalipto, por ser de rápido crescimento, necessita de água para manter altos incrementos em madeira. Não existe um consumo diário padrão para uma árvore, pois esse depende da água disponível no solo e do estágio de crescimento da planta (fases de intensa produção de biomassa e fases de estagnação, por exemplo, provocada por baixas temperaturas, seca, alagamento, etc). Estudos de consumo de água indicam que o eucalipto não consome mais água por unidade de biomassa produzida do que qualquer outra espécie vegetal. Dados referentes a taxas de transpiração diária para diferentes espécies de eucaliptos, em diversas regiões do mundo, mostram variações estacionais desde 0,2 a 7,7 mm dia⁻¹, o que corresponderia, para plantios com área de 6 m² planta⁻¹, valores diários oscilando entre 1,2 e 46,2 litros de água árvore⁻¹. 😊

Esses fatores são determinantes para avaliar o uso da água em ecossistemas florestais (Figura 1).

Figura 1 - Fatores que determinam o uso da água em ecossistemas florestais



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

O **solo** é outro fator que influencia a produção florestal. O **solo** é responsável por prover os nutrientes minerais às plantas, seja de suas reservas naturais, seja em decorrência da aplicação de corretivos e fertilizantes. De uma forma ou de outra, suas características físicas, químicas e biológicas interferem na disponibilidade de nutrientes às plantas, por retê-los com maior ou menor energia, por interferir no crescimento radicular e no transporte dos nutrientes em direção à superfície das raízes (BARROS et al., 2014).

Aqueles destinados à prática florestal no Brasil, historicamente, compreendem áreas consideradas de menor potencial produtivo para a agricultura, como solos de baixa fertilidade, áreas de pedregosidade, áreas de grande declividade.

Esse aspecto vem sendo modificado à medida que o setor florestal vem demonstrando a sua importância econômica e social. *Para a silvicultura, são indicados solos com profundidade efetiva superior a 50 cm*, para que o sistema radicular possa se desenvolver de maneira mais eficiente possível (Figura 2).

Figura 2 - Aspecto do desenvolvimento do sistema radicular do eucalipto em um Neossolo Litólico



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

O sistema radicular é um dos principais componentes do ecossistema florestal, desempenhando processos vitais para o desenvolvimento das plantas, tais como absorção de água e nutrientes do solo, sustentação da estrutura arbórea e estocagem de nutrientes e carbono (QUING-CHENG, 2002; AL AFAS et al., 2008).

O crescimento e a quantidade de raízes têm influência significativa na alocação da produtividade primária, assim como na ciclagem de nutrientes (FAHEY; HUGHES, 1994). Já os **nutrientes** são elementos como nitrogênio, fósforo, potássio, dentre outros, que as plantas obtêm do solo principalmente na forma de íons

inorgânicos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo Epstein e Bloom (2006), o estudo da nutrição de plantas trata da aquisição de elementos nutritivos e da função desses elementos na vida das plantas. Nesse contexto, o **solo** é o principal meio para a nutrição mineral de plantas terrestres; no entanto, os minerais geralmente estão imóveis na água do solo, a qual, por sua vez, consiste na fonte mais importante de nutrientes.

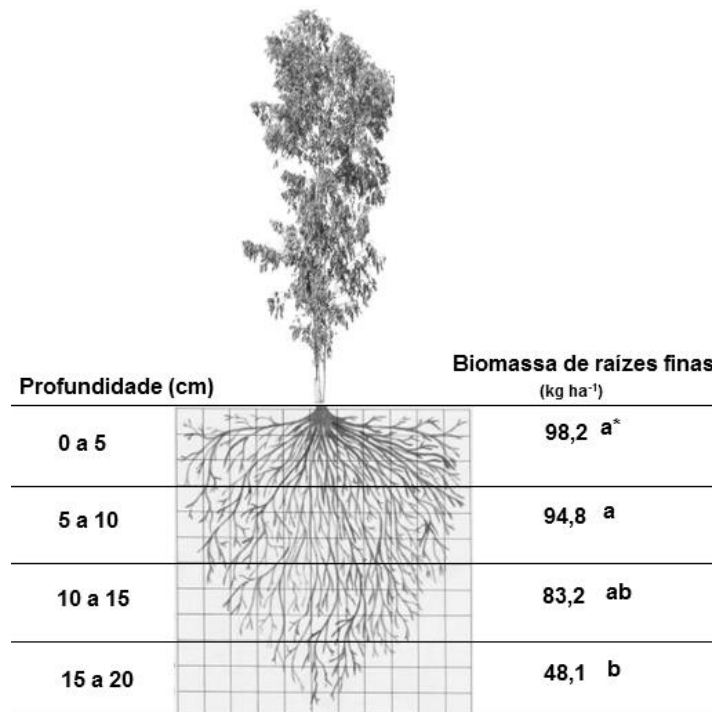
A relativa imobilidade de nutrientes no solo e suas concentrações normalmente baixas na solução são a razão para a existência de sistemas radiculares, por meio dos quais uma superfície excessivamente grande de raízes está em íntimo contato com a matriz do solo (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

De acordo com Taiz e Zeiger (2013), a grande área de superfície das raízes e a sua capacidade em absorver íons inorgânicos, em baixas concentrações, da solução do solo aumentam a efetividade da absorção mineral pelas plantas. Depois de serem absorvidos pelas raízes, esses elementos são translocados para as diversas partes da planta, nas quais são utilizados em numerosas funções biológicas. Na Figura 3, pode-se observar a biomassa de raízes finas (< 2,0 mm) de eucalipto, plantado em solo de baixa fertilidade, no bioma Pampa (DICK et al., 2016).

A paisagem é a imagem da ação combinada dos fatores de formação do **solo**. Nas superfícies mais velhas e estáveis da paisagem (relevo plano ou suavemente ondulado), geralmente ocorrem os Latossolos, associados ou não aos Neossolos Quartzarênicos (PRADO, 2005).

Por outro lado, em geral, nas superfícies mais jovens (relevo mais ondulado ou forte ondulado) encontramos os Argissolos, Luvisolos, Alissolos, Cambissolos, Nitossolos e Chernossolos e Neossolos Litólicos (PRADO, 2005). Segundo o autor, no relevo plano de várzea, podem ocorrer os Organossolos e/ou Gleissolos, os Cambissolos nos terraços e Neossolos Flúvicos ao longo dos cursos d'água. Na Figura 4, pode-se observar um exemplo ilustrativo da distribuição dos solos, conforme o gradiente topográfico da paisagem.

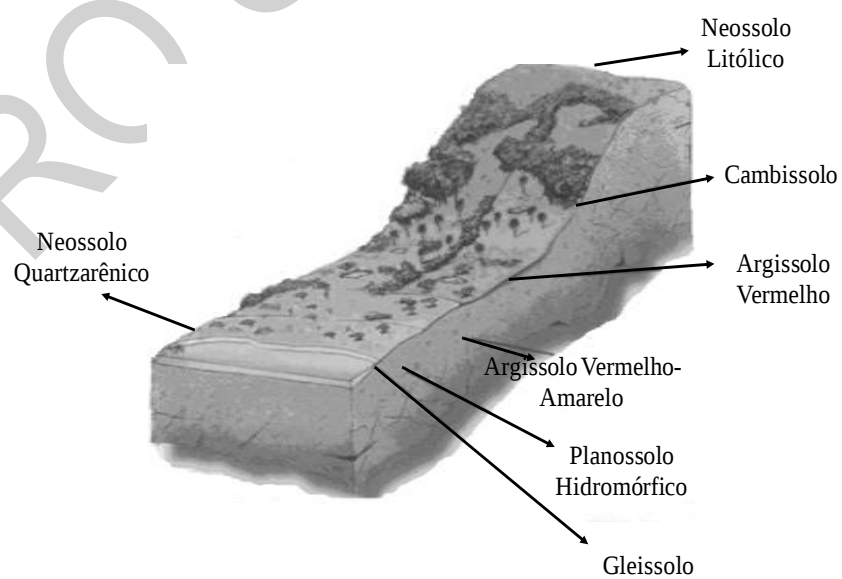
Figura 3 - Biomassa de raízes finas em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* aos oito meses de idade, São Gabriel, RS



Fonte: (DICK et al., 2016).

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Figura 4 - Principais solos da paisagem.



Fonte: Adaptado de Curi (2008) por Schumacher et al. (2015).

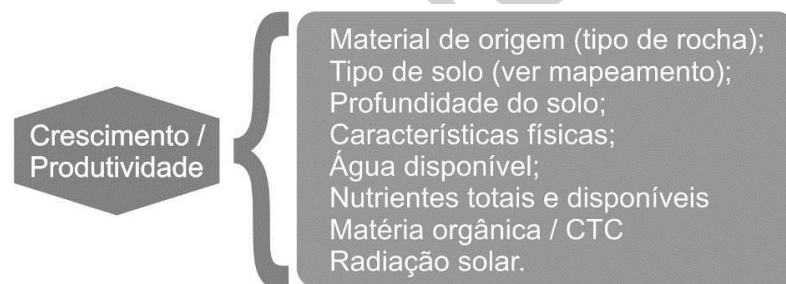
Outro fator importante que se deve levar em consideração para a definição de áreas de efetivo plantio é o conhecimento dos diferentes tipos de solos que ocorrem em determinada região. Isso pode ser realizado por meio de levantamento para classificação dos solos e posterior geração de mapas de solos.

Segundo Schumacher et al. (2003), o **solo** é o produto da interatividade de vários processos, dos chamados, fatores de formação do solo que são: material de origem, clima, relevo ou topografia, organismos e o tempo. O intemperismo físico, químico e biológico é responsável por toda essa integridade de fatores de formação do solo, a fim de oferecer suporte mecânico às plantas pelas suas raízes. Mas, devido ao manejo inadequado do solo, a produtividade das plantações com espécies arbóreas de rápido crescimento, no Brasil, pode estar aquém de seu potencial.

Em vários povoamentos, principalmente aqueles estabelecidos em solos de baixa fertilidade natural, no decorrer de futuras rotações com a mesma espécie, poderá reduzir a produtividade do ecossistema. A isso, está associado o esgotamento químico do solo, causado por um manejo inadequado, que incluiria práticas de conservação e preparo de solo nocivas aos seus atributos físicos e químicos, fertilização insuficiente ou desbalanceada e manejo impróprio dos resíduos culturais (GONÇALVES, 2000).

A grande maioria dos solos utilizados no Brasil para o cultivo de essências florestais, apresentam avançado estágio de intemperização, devido aos altos índices pluviométricos e térmicos. Devido à sua composição mineralógica, as reservas de nutrientes na forma de minerais primários são pequenas, a capacidade de troca de cátions é baixa, a capacidade de fixação de P é alta, o grau de agregação é muito elevado e, conseqüentemente, a permeabilidade e o potencial de lixiviação de bases são muito elevados (GONÇALVES, 2002). Dessa forma, a produtividade florestal está intimamente ligada aos atributos do solo e relevo (Figura 5).

Figura 5 - Fatores intrínsecos ao solo e relevo que afetam o crescimento/ produtividade de plantações



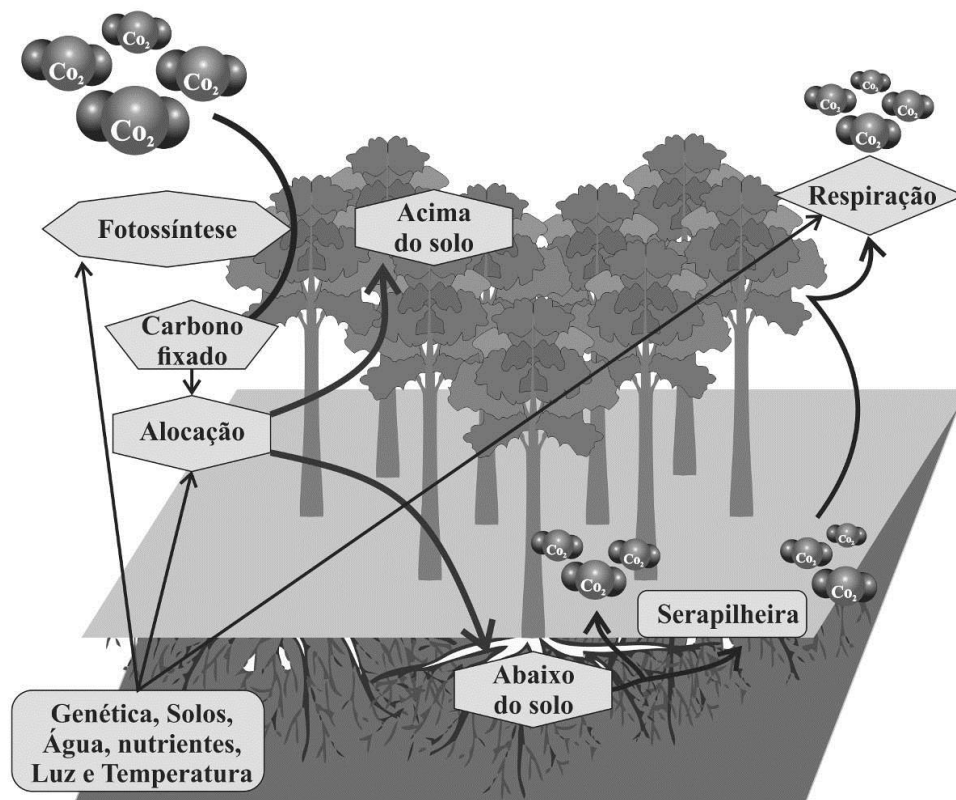
Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

1.2 PRODUÇÃO DE BIOMASSA

Os fatores que afetam a produção de biomassa (Figura 6) são: espécie, material genético (Figura 7), tipo de solo, disponibilidade hídrica, disponibilidade de nutrientes, espaçamento, luz e temperatura.

A produção de biomassa pode variar intensamente conforme a disponibilidade de recursos do sítio florestal, que influenciam na fotossíntese, no particionamento do carbono, na produção de folhas, respiração, entre outros (RYAN et al., 2010).

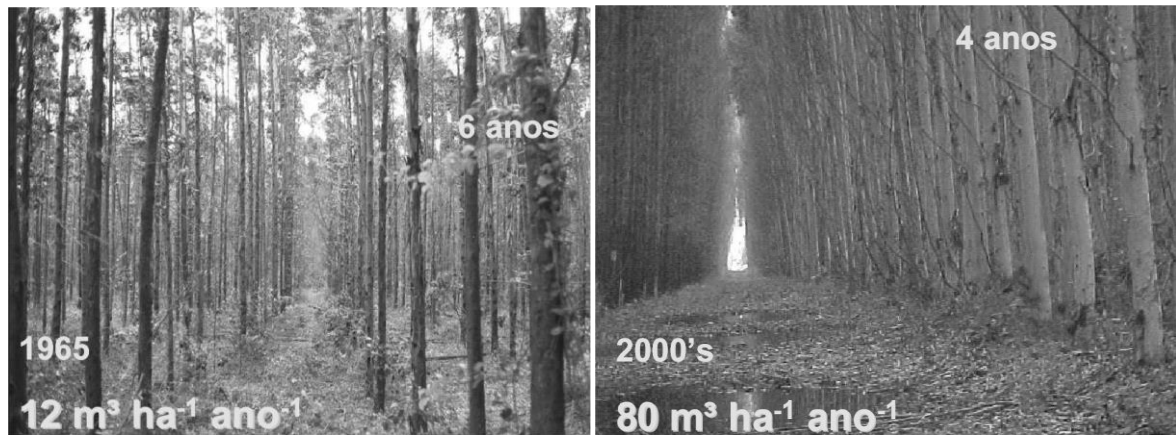
Figura 6 - Ecologia da produção de florestas nativas e plantações



Fonte: Adaptado de Stape (2006) por Schumacher et al. (2015).

Bernardo et al. (1998), observaram em povoamentos de *Eucalyptus urophylla*, *E. pellita* e *E. camaldulensis* que o diâmetro, a produção de biomassa por árvore e a biomassa do sistema radicular aumentam conforme o aumento do espaçamento, mas a produção total de biomassa por hectare diminui. Dessa forma, a escolha do espaçamento adotado no plantio deve ter por base o produto florestal desejado, visto que, em espaçamentos mais amplos, a produção de biomassa acima do solo, principalmente da madeira por árvore, é elevada em virtude do maior crescimento em diâmetro; já em espaçamentos mais reduzidos, ocorre maior produção de biomassa por unidade de área, devido à maior densidade de indivíduos.

Figura 7 - Ganho no crescimento de plantações de eucalipto em decorrência de práticas silviculturais (melhoramento genético)



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

A disponibilidade de água e nutrientes também afeta diretamente na a produção de biomassa florestal. A quantidade de nutrientes requeridos por uma determinada espécie depende da sua exigência, da taxa de crescimento e de condições climáticas e edáficas que influenciam na disponibilidade de nutrientes para as plantas, além de variar de nutriente para nutriente (REIS; BARROS, 1990).

As principais entradas de nutrientes no ecossistema florestal ocorrem via intemperismo, precipitação, fixação assimbiótica e simbiótica de nitrogênio e fertilização. Já a saída de nutrientes ocorre via lixiviação, erosão, volatilização e remoção do material orgânico, com a exploração de diferentes partes da planta, retiradas da manta florestal (REIS; BARROS, 1990). Os autores mencionados ainda comentam que a intensidade de perdas de nutrientes por meio da lixiviação depende do tipo de manejo imposto ao ecossistema, sendo que essas perdas podem aumentar consideravelmente após a colheita, especialmente quando há queima de resíduos orgânicos seguida de chuva de alta intensidade.

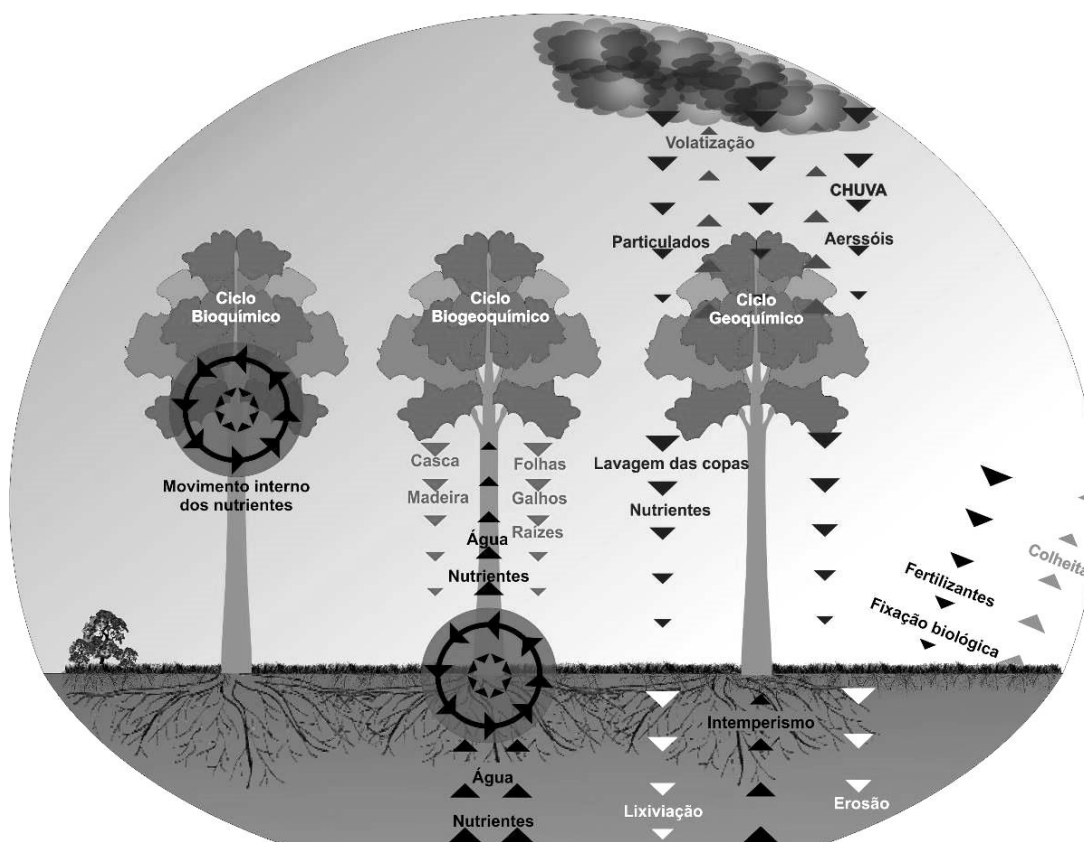
A floresta absorve nutrientes do solo; parte desses nutrientes é acumulada nas árvores (folhas, ramos, casca, lenho, raízes, etc.) e na vegetação de sub-bosque; outra parte é devolvida ao solo com a decomposição da serapilheira e demais resíduos. A manutenção do estoque de nutrientes, bem como da

produtividade de biomassa das florestas, está relacionada ao processo de ciclagem de nutrientes.

O processo de ciclagem de nutrientes, juntamente com o de fixação de energia luminosa, possibilita a síntese da matéria orgânica e propicia o início da cadeia de detritos, da qual dependem a sobrevivência e o entrelaçamento de todas as formas de vida da floresta (POGGIANI; MONTEIRO JUNIOR, 1990).

Segundo Freitas (2000), em ecossistemas de plantações comerciais e florestas nativas, a ciclagem de nutrientes (Figura 8) configura-se como um fator essencial para avaliar o papel do sistema de manejo adotado, em favor do uso sustentado desses sistemas naturais, conjuntamente com o do sistema silvicultural mais apropriado para a manutenção da produtividade.

Figura 8 - Esquema da dinâmica de nutrientes em uma plantação comercial ou floresta nativa



Fonte: Adaptado de Miller (1984) por Schumacher et al. (2015).

A manutenção do estoque de nutrientes minerais no solo, bem como da produtividade de biomassa das árvores de rápido crescimento, está intimamente relacionada ao processo da ciclagem de nutrientes. De acordo com Switzer e Nelson (1972), o processo de ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais pode ser caracterizado em três tipos:

Ciclo geoquímico: esse ciclo caracteriza-se pela entrada de elementos minerais oriundos da decomposição da rocha matriz, pela fixação biológica de nitrogênio, adubações, pelas deposições de poeiras, gases e através da precipitação pluviométrica. A saída dos elementos minerais do ecossistema ocorre através da erosão, lixiviação, queima (volatilização) e, principalmente, pela colheita da madeira.

Ciclo biogeoquímico: tal ciclo ocorre mediante o processo em que a planta, pelo seu sistema radicular, retira os elementos minerais do solo para a produção da biomassa (folhas, ramos, casca, madeira e raízes); posteriormente, devolve parte destes elementos por meio da queda de resíduos orgânicos (serapilheira) e decomposição de raízes, os quais, à medida que vão sendo mineralizados, novamente são absorvidos pelas raízes.

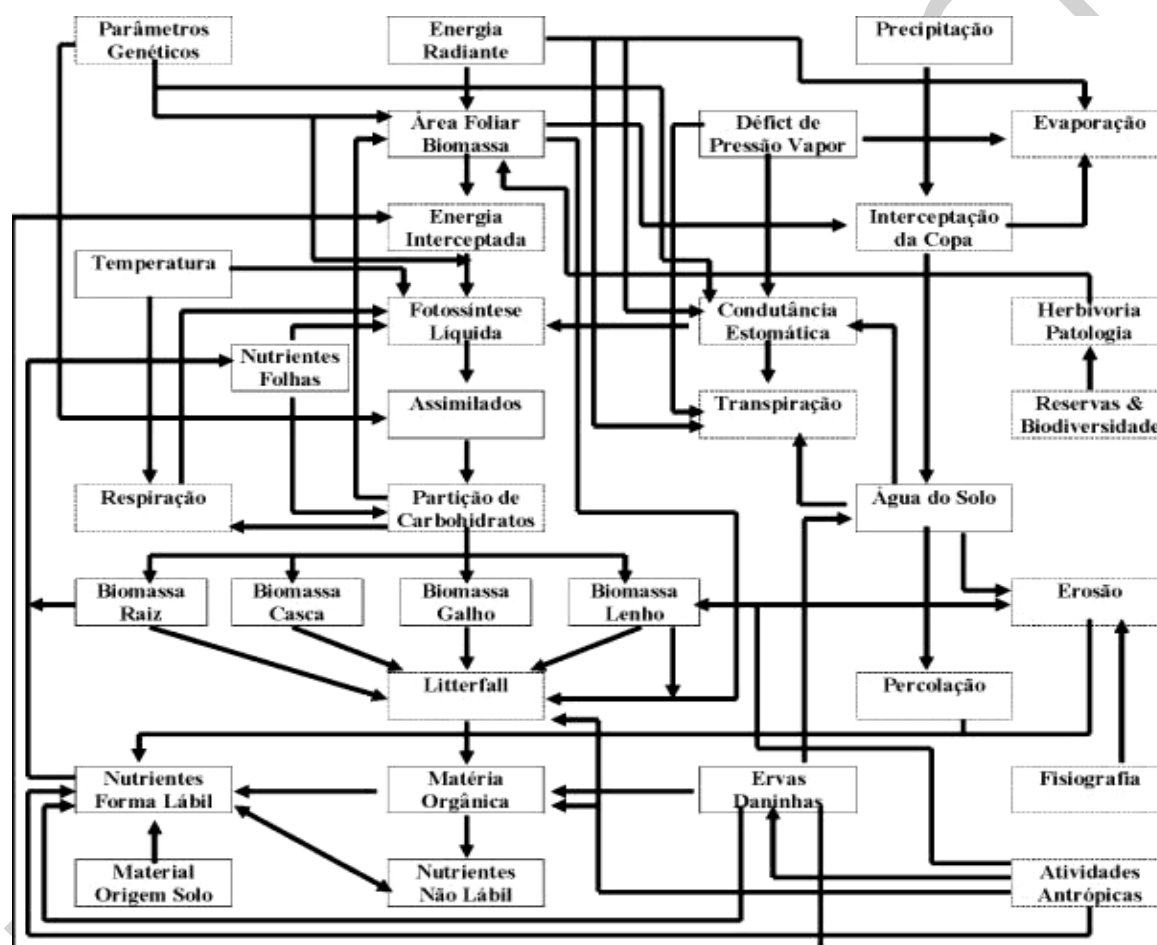
Ciclo bioquímico: uma vez absorvidos os nutrientes do solo, alguns destes elementos ficam em constante mobilização no interior da planta. Este ciclo relaciona-se às transferências dos elementos minerais dos tecidos mais velhos para os mais jovens.

Nas florestas tropicais e subtropicais com solos mais intemperizados, onde a decomposição dos minerais primários é relativamente completa, a nutrição das árvores depende cada vez mais da circulação de nutrientes através das substâncias orgânicas. Logo, quando se realiza um corte raso ou queima de capoeiras, capoeirões e ou florestas em estágio secundário, acaba-se com a principal fonte de nutrientes que assegura a continuidade do desenvolvimento da vegetação (SCHUMACHER; HOPPE, 1997). Esses autores ressaltam que, nas florestas naturais, há um equilíbrio entre a decomposição da matéria orgânica e a retirada de nutrientes, já que não há extração por exploração nem maiores perdas por lixiviação ou erosão.

Por fim, o conhecimento da produtividade de plantações ou ecossistemas

nativos pode ser obtido por meio da modelagem ecofisiológica (Figura 9). A modelagem ecofisiológica é obtida por meio de fatores ecológicos (cultura e área foliar), fisiológicos (fotossíntese, transpiração e condutância estomática), ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e déficit de pressão de vapor) e do solo.

Figura 9 - Modelagem ecofisiológica geral



Fonte: (STAPE, 2006)

1.3 COLHEITA FLORESTAL X EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

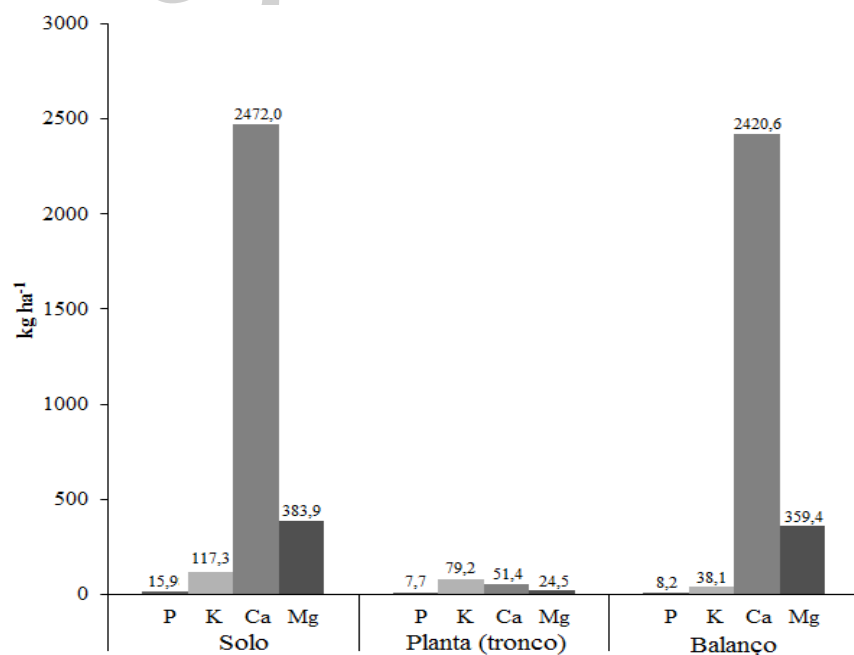
Todo povoamento está sujeito a constantes movimentações de entradas e saídas de nutrientes. Dentre as inúmeras formas de perdas de nutrientes do

ecossistema, podem-se destacar a erosão e a exportação dos nutrientes pela colheita da biomassa, como mencionado anteriormente.

A perda por exportação pode ser estimada pela avaliação dos teores de nutrientes contidos nos diferentes componentes e a biomassa total de cada componente removido do sítio. A distribuição da biomassa nos diferentes componentes da planta geralmente segue a seguinte ordem: madeira do tronco > galhos > casca do tronco > folhas (CALDEIRA et al., 2007).

Pode-se prever o cenário do balanço de nutrientes, após a colheita, considerando apenas a colheita da madeira do tronco, que é a prática mais recomendada para essa etapa, quando se almejar a efetiva conservação do solo e maior retorno de nutrientes. Na Figura 10, está representada a simulação que foi realizada, considerando a permanência da maior quantidade de resíduo sobre o solo, como folhas, galhos e casca. Para esse sítio (solo de baixa fertilidade natural, no bioma Pampa), constatou-se um balanço positivo para todos os nutrientes, ou seja, os plantios de eucalipto, quando corretamente manejados, não exaurem o solo, podendo sim beneficiá-lo.

Figura 10 - Balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*, aos 60 meses de idade



Fonte: Autores

Dentre as espécies de maior importância e consequentemente mais utilizadas na silvicultura no Brasil, destacam-se os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* e a acácia-negra (*Acacia mearnsii*). A seguir, podem-se observar as intensidades de exportações de nutrientes do sítio florestal, com base no modelo de colheita e utilização da biomassa do tronco (madeira e casca), para diferentes espécies e tipos de povoamentos.

1.3.1 Exportações de nutrientes pela colheita do *Eucalyptus* spp.

A distribuição dos nutrientes nos componentes das árvores tem grande importância na nutrição de povoamentos manejados em rotações sucessivas. O manejo intensivo das plantações de eucalipto, por exemplo, pode aumentar a produção de biomassa, mas também pode aumentar a remoção de nutrientes. As maiores concentrações de nutrientes nas árvores estão nos tecidos das copas. No entanto, a maior quantidade de biomassa encontra-se no tronco, que é a parte normalmente colhida.

É importante, ressaltar que o acúmulo de nutrientes na biomassa arbórea varia de elemento para elemento, em função das características nutricionais de cada espécie, dos diferentes níveis de fertilidade do solo e da idade das árvores (SCHUMACHER; POGGIANI, 1993) e, dependendo da intensidade da colheita da biomassa, maiores quantidades de nutrientes serão removidos do sítio (Tabela 1).

Algumas espécies de eucalipto podem se adaptar melhor em sítios com restrições edafoclimáticas, desde que se faça a seleção de espécies e procedências melhor adaptadas às condições específicas de sítio. Santana, Barros e Neves (1999) observaram que o conteúdo de nutrientes no tronco (madeira + casca) de eucalipto foi maior nos sítios mais produtivos e nos materiais genéticos melhor adaptados a essas condições, evidenciando uma estreita relação entre produção de biomassa e conteúdo de nutrientes nas árvores.

O cálcio e o potássio são os nutrientes que mais poderão limitar a produtividade dos próximos ciclos, considerando-se a colheita do tronco. Entretanto, essa limitação pode ser substancialmente reduzida, principalmente para o cálcio, se a colheita se restringir apenas à madeira do tronco. Logo, o aproveitamento total do

tronco implica uma exportação elevada de nutrientes, com consequente custo de reposição via adubações corretivas, e de manutenção para manter a capacidade produtiva do solo. Uma alternativa para minimizá-la seria o descascamento da árvore no campo, deixando os seus resíduos na área de cultivo, o que além dos nutrientes, contribui para o aumento da matéria orgânica, promovendo incremento do potencial nutricional e biológico do solo (MIRANDA et al., 2002).

Tabela 1 - Acúmulo de biomassa e nutrientes na madeira e casca em diferentes espécies de eucalipto

Espécie	Idade (anos)	Comp.*	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	N	P	K (kg ha ⁻¹)	Ca	Mg	Ref.
<i>E. grandis</i>	10	M	160	128,3	3,7	97,8	264,5	76,9	(1)
		C	23	67,6	6,2	70	71,3	22,6	
<i>E. grandis</i>	9	M	231	504,1	9,2	129,5	101,7	23,1	(2)
		C	19	68,9	8,1	153,9	285,1	61,1	
<i>E. grandis</i>	6	M	62	142,6	6,8	49,6	31,0	12,4	(3)
		C	11	37,4	8,4	66	86,9	15,4	
<i>E. saligna</i>	10	M	169	202,4	6,4	121,5	317,2	72,5	(1)
		C	15	57,8	4	51,8	102,4	24	
<i>E. saligna</i>	10	M	129	116,1	29,7	77,4	103,2	12,9	(4)
		C	8	24,8	12,1	48	76	31,2	
<i>E. dunnii</i>	10	M	126	95,5	6,7	199,4	265,0	41,4	(1)
		C	15	42	3,6	61,1	69,9	22,6	
<i>E. dunnii</i>	5	M	40	60,0	7,7	79,2	51,4	24,5	(6)
		C	7	28,5	4,2	40,9	128,6	22,8	
<i>E. camaldulensis</i>	9	M	102	159,3	5,1	57,1	55,4	14,3	(2)
		C	11	33,2	2,1	68,6	200,5	19,4	
<i>C. torelliana</i>	12	M	142	190,9	15,1	190,9	142,5	28,5	(2)
		C	11	43,2	3,9	65,5	312,9	36,2	
<i>E. urograndis</i> (híbrido)	5	M	57,3	99,1	13,2	19,2	11,6	1,8	(7)
		C	5	16,7	1,6	35,8	49,8	6,6	
<i>E. globulus</i>	4	M	57	69,1	5,2	92,1	63,3	23,0	(5)
		C	7	15,7	2,7	26,4	280,3	17,8	

Fonte: Adaptado de (1) Silva, Poggiani e Coelho (1983); (2) Schumacher e Poggiani (1993); (3) Bellotte et al. (1980); (4) Poggiani (1985); (5) Schumacher e Caldeira (2001); (6) Dick et al. (2016); Gatto et al. (2014)

*Onde: M = Madeira e C = Casca.

A colheita do tronco pode remover praticamente a metade da quantidade dos macronutrientes existentes na biomassa, com destaque para o cálcio, que pode chegar a mais de 70%. Do ponto de vista nutricional, o descascamento do tronco da árvore manteria no sítio grandes quantidades de nutrientes.

1.3.2 Exportações de nutrientes pela colheita do *Pinus* spp.

As quantidades de nutrientes acumulados nos componentes exportados são, de modo geral, maiores para as espécies de eucalipto em relação às de pinus, principalmente para os nutrientes K, Ca e Mg. Além disso, a magnitude de acúmulo é bastante distinta entre os diferentes gêneros, sendo para o eucalipto a seguinte ordem: $Ca > N > K > Mg > P$, e para pinus: $N > K > Ca > Mg > P$ (SCHUMACHER; POGGIANI, 1993).

Analisando a Tabela 2, é possível verificar que a quantidade de nutrientes alocada na madeira do tronco em termos absolutos é maior do que na casca, em razão da biomassa acumulada. Mas, em termos relativos, a casca é o componente responsável por grande exportação de nutrientes do sistema, reforçando, novamente, a necessidade da prática do descascamento das árvores no sítio.

Segundo Barros e Novais (1990), quando há o plantio de árvores em locais de maior capacidade produtiva, a quantidade absoluta de nutrientes exportados é, de modo geral, mais elevada, devido à maior produção de biomassa por unidade de área. O estoque de nutrientes na biomassa florestal tende a apresentar um comportamento assintótico em idades avançadas, alcançando um estado de equilíbrio, em que o incremento através do crescimento das árvores é contrabalançado pela morte de indivíduos e pela ciclagem de nutrientes (WARING; SCHLESINGER, 1985).

No estudo realizado por Witschoreck (2008), em um povoamento de pinus com 17 anos de idade, foi possível estabelecer, com base na exportação de nutrientes nas diferentes intensidades de colheita da biomassa, balanço nutricional e número potencial de rotações, a seguinte sequência quanto ao risco de limitação da produtividade, quando se consideram principalmente níveis mais intensos de utilização da biomassa: $P > N > K = Mg > Ca$.

Dessa forma, a manutenção dos resíduos distribuídos uniformemente na superfície do solo, incluindo a casca, é uma medida efetiva na redução do impacto nutricional da colheita do pinus

Tabela 2 - Acúmulo de biomassa e nutrientes na madeira e casca do tronco em diferentes espécies de pinus

Espécie	Idade (anos)	Comp.*	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	Ref.
				(kg ha ⁻¹)					
<i>P. oocarpa</i>	8	M	70	91	8,4	63	35	14	(1)
		C	15	46,5	2,5	18	19,5	3	
<i>P. oocarpa</i>	18	M	131	144,1	9,17	78,6	78,6	26,2	(1)
		C	19	49,4	3,23	20,9	13,3	5,7	
<i>P. elliotii</i>	24	M	368	331,2	36,8	110,4	36,8	36,8	(2)
		C	65	110,5	9,75	39	6,5	6,5	
<i>P. taeda</i>	14	M	135	134,4	10	53,7	104,3	18,5	(3)
		C	11	38,2	3,2	13,7	18,8	5,6	
<i>P. taeda</i>	17	M	158	191,6	10,8	90,2	110,6	41,2	(4)
		C	19	58,2	5,7	21	21,3	9,6	
<i>P. taeda</i>	27	M	133	119,7	13,3	53,2	79,8	26,6	(5)
		C	11	27,5	2,2	12,1	17,6	6,6	

Fonte: Adaptado de (1) Castro, Poggiani e Nicolielo (1980); (2) La Torraca, Haag e Migliorini (1984); (3) Valeri, Soares e Monteiro (1989); (4) Witschoreck (2008); (5) Bizon (2005).

*Onde: M = Madeira e C = Casca.

1.3.3 Exportações de nutrientes pela colheita da *Acacia mearnsii*

A Acácia-negra tem vários usos que vão da casca até a madeira. Da casca, é extraído o tanino, usado para o curtimento de couro e peles, na produção de anticorrosivos e no tratamento de águas; a madeira, além do uso tradicional, como carvão e lenha, é usada como matéria-prima para fabricação de celulose e papel, além de vários outros usos (SIMON, 2005).

No que diz respeito à exportação de nutrientes pela casca (Tabela 3), para a acácia-negra, foi verificada, de forma geral, maior exportação de N, seguido pelo Ca, diferente das espécies de eucalipto em que o cálcio é o elemento mais extraído.

No caso do nitrogênio, a extração não é muito problemática, uma vez que a espécie é uma leguminosa fixadora de nitrogênio atmosférico. Estima-se que a acácia-negra, devido à sua associação simbiótica com bactérias nitrificantes, fixa até

200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio atmosférico (AUER; SILVA, 1992). Para Ca, atenção deve ser dada à reposição para rotações futuras, já que a casca não pode ficar no local, devido à sua função econômica.

O sistema de manejo que causa menor impacto ao ambiente deve basear-se na colheita da madeira e da casca até um diâmetro mínimo de 9 cm. Por ocasião da colheita, não deve ser removido o resíduo (folhas, galhos e ponteiros), pois com a colheita desse, a sustentabilidade de produção do sítio fica significativamente comprometida (BARICHELO, 2003).

Tabela 3 - Acúmulo de biomassa e nutrientes na madeira e casca em *Acacia mearnsii*

Idade (anos)	Comp.*	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	N	P	K (kg ha ⁻¹)	Ca	Mg	Ref.
2,4	M	20	39,5	4,3	59,8	14,2	4,9	(1)
	C	5	50,0	2,1	33,7	34,7	7,0	
4	M	47	73,7	4,2	60,6	133,8	21,0	(2)
	C	7	75,3	2,6	42,2	55,2	12,9	
6	M	79	95,2	10,4	44,3	57,0	16,1	(3)
	C	10	102,2	3,3	29,5	138,0	12,4	
8	M	82	153,7	5,4	107,2	110,7	37,1	(4)
	C	11	105,7	2,4	167,8	115,7	12,9	

Fonte: Adaptado de (1) Caldeira et al. (1999); (2) Saidelles (2005); (3) Calil (2003); (4) Barichello (2003).

Onde: M = Madeira e C = Casca.

1.3.4 Exportações de nutrientes pela colheita de outras espécies florestais

Na Tabela 4, é possível observar como a exportação varia de espécie para espécie. O cálcio novamente é o elemento alocado em maior quantidade na casca, sendo o mais removido pelas diferentes espécies florestais. Para as espécies *Newtonia contorta* e *Melanoxylon brauna*, há um maior acúmulo de nitrogênio na biomassa total.

Por ocasião da colheita de *Platanus x acerifolia*, somente a madeira deve ser removida do povoamento, mantendo os demais componentes das árvores para a manutenção da capacidade produtiva do sítio (HOPPE, 2003).

Independentemente do compartimento da planta, o Ca é o nutriente mais acumulado, enquanto que o K é o nutriente mais acumulado no lenho da teca (*Tectona grandis*), por isso, o sistema de colheita da madeira com casca resulta em maiores exportações de nutrientes em relação à colheita de madeira sem casca. Dessa forma, a permanência da casca no campo, por ocasião da colheita, contribui para a ciclagem de nutrientes, pois ela representa em torno de 16% do conteúdo total dos nutrientes da teca.

Tabela 4 - Acúmulo de biomassa e nutrientes na madeira e casca em diferentes espécies florestais

Espécie	Idade (anos)	Comp.*	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	Ref.
				(kg ha ⁻¹)					
<i>Tectona grandis</i>	9,5	M	68	95,1	53,2	255,2	53,3	40,8	(1)
		C	10	41,2	7,0	137,8	212,7	14,6	
<i>Platanus x acerifolia</i>	5,5	M	21	56,5	6,6	42,3	13,4	7,3	(2)
		C	2	14,6	1,2	5,9	27,7	3,1	
<i>Hovenia dulcis</i>	18	M	125	249,3	23,7	266,8	157,1	76,0	(3)
		C	20	101,5	9,7	101,7	500,8	27,1	
<i>Araucaria angustifolia</i>	27	M	105	101,0	6,5	720,2	36,8	19,0	(4)
		C	28	150,7	11,6	251,9	194,5	51,2	
<i>Melanoxylon brauna</i>	24	----	11,5	176,3	3,4	22,0	81,3	8,3	(5)
<i>Newtonia contorta</i>	24	----	10,2	233,9	4,5	39,9	111,1	15,6	(5)

Fonte: Adaptado de (1) Behling (2009); (2) Hoppe (2003); (3) Schumacher et al. (2008); (4) Schumacher et al. (2002); (5) Drumond (1996).

*Onde: M = Madeira e C = Casca.

O componente que mais acumula nutriente é a madeira, pela sua grande quantidade de biomassa, seguida pela casca, pelos seus significativos teores. Para algumas espécies, como por exemplo, *Hovenia dulcis*, caso seja removida a casca junto com a madeira, grande parte do Ca será exportado do sítio.

Visando causar o menor impacto no sítio, o silvicultor deve colher apenas a madeira do tronco até um diâmetro mínimo aproveitável, deixando no solo folhas, galhos, casca e ponteiros, frações essas que possibilitarão manter parte dos nutrientes no local, diminuindo a necessidade de reposição via fertilizantes para a rotação posterior (SCHUMACHER et al., 2008).

1.3.5 Exportações de nutrientes por outras formas de uso da floresta

Na Tabela 5, são mostrados dados da concentração de nutrientes na casca de diversas espécies arbóreas, na qual se observa a diferença de concentração de acordo com a espécie. O N é o elemento que está em maior concentração, logo, será o mais exportado, à exceção das espécies *Slanea* sp. e *Soroacea bonplandii*, na qual o Ca é o elemento em maior concentração. Para o P, se observam baixas concentrações, e segundo Drumond (1996), podem ser decorrentes da baixa disponibilidade natural do solo.

Tabela 5 - Concentrações de nutrientes (g kg^{-1}) na casca de espécies nativas

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	Ref.
	(g kg ⁻¹)					
<i>Araucaria angustifolia</i>	5,86	0,20	6,48	20,00	1,40	(2)
<i>Carpotroche brasiliensis</i>	16,93	0,47	2,39	13,20	0,74	(1)
<i>Endlicheria paniculata</i>	16,77	0,33	3,09	9,68	0,49	(1)
<i>Guatteria</i> sp	11,93	0,19	2,42	4,16	0,61	(1)
<i>Ilex paraguariensis</i>	9,70	0,36	6,33	18,50	2,83	(2)
<i>Lithraea brasiliensis</i>	4,85	0,29	7,57	17,82	3,57	(2)
<i>Mimosa scabrella</i>	15,41	0,37	7,17	17,18	1,36	(2)
<i>Myrsine ferruginea</i>	8,13	0,52	9,45	13,44	0,67	(2)
<i>Ocotea odorifera</i>	17,57	0,30	2,07	7,63	0,29	(1)
<i>Pouteria</i> sp	16,12	0,20	1,64	6,52	0,67	(1)
<i>Pouteria</i> sp	15,44	0,22	2,29	9,89	0,61	(1)
<i>Sloanea</i> sp	19,92	0,39	4,82	21,10	1,05	(1)
<i>Sorocea bonplandii</i>	14,90	0,51	2,66	32,31	0,98	(1)

Fonte: Adaptado de (1) Drumond (1996); (2) Caldeira et al. (2007).

Outro componente que se coleta da árvore são as folhas para produção de óleos essenciais, de grande importância para as espécies de *Corymbia citriodora* e *Melaleuca*. Como já discutido anteriormente, as folhas possuem a maior concentração de nutrientes em termos relativos, portanto, para a produção de óleos essenciais, vai acarretar grande exportação de nutrientes devido a contínua exploração de folhas. Para o *Corymbia citriodora*, segundo Marquez (1997), deve-se dar grande importância para os nutrientes Ca e P, que são os mais exportados.

Além da colheita da madeira para uso em diversas finalidades, e a colheita das folhas de algumas essências para extração de óleo essencial, outra forma de exportação de nutrientes é via extração de látex, na seringueira. Essa cultura é extremamente importante por produzir matéria-prima (látex), útil a diversos fins, pois, embora tenham desenvolvido a borracha sintética, para alguns produtos, como por exemplo, luvas cirúrgicas, somente a borracha de origem natural é adequada.

Na Tabela 6, observam-se os valores de exportação de nutrientes para a produção de 1 tonelada de borracha seca. Há uma grande variação nas quantidades exportadas, chamando a atenção a baixa quantidade de Ca requerida, sendo o N o mais exportado (VIÉGAS; CARVALHO, 2000).

Tabela 6 - Estimativas de exportação de nutrientes com base em diferentes sistemas de colheita florestal

Espécie	Comp.	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Quantidade de Nutrientes*					Ref.
			N	P	K	Ca	Mg	
<i>Hevea brasiliensis</i>	Látex	---	2,38	1,79	3,99	0,04	1,63	(1)
<i>Ilex paraguariensis</i>	Folhas + talos	7,6	165,8	12,6	122,3	52,7	42,0	(2)

Fonte: Adaptado de (1) Silva (2012); (2) Berger (2006).

*A quantidade de nutrientes para a *Hevea brasiliensis* é em Kg ton.⁻¹ de borracha natural produzida e para erva-mate em kg ha⁻¹.

Nos ervais cultivados, no início, o rendimento de *Ilex paraguariensis* situa-se em um nível elevado, e com passar do tempo, o solo vai perdendo a fertilidade

natural e a produção começa a decair, tornando-se necessária a adubação orgânica ou química (PUPO e BITTENCOURT FILHO, 1983).

A adubação com nitrogênio e potássio é importante para a produção constante dos ervais, pois esses dois elementos são os que sofrem redução com as colheitas intensivas. Na erva-mate, ocorrem podas regulares no período de 2 a 4 anos, havendo grande exportação de nutrientes nas folhas e ramos (talos), pois são esses compartimentos que possuem a maior parte de nutrientes necessários para o seu desenvolvimento, portanto há necessidade de uma adubação de compensação (BERGER, 2006).

1.4 PROCEDIMENTOS PARA MINIMIZAR PROBLEMAS ADVINDOS DA COLHEITA

Além dos custos de reposição dos nutrientes exportados, devido à colheita da casca, deve-se levar em consideração também as implicações ambientais causadas pela remoção da matéria orgânica. Dessa forma, é necessário que se adote medidas para minimizar a exportação de nutrientes do sítio.

Uma dessas medidas seria o emprego de genótipos eficientes em absorver e utilizar os nutrientes, o que reduziria a remoção destes do solo, proporcionalmente à biomassa produzida, devendo esta se constituir em uma das grandes metas dos melhoristas da silvicultura (PAULA et al., 1997).

O conteúdo de nutrientes nos diversos componentes da árvore é um indicador da eficiência de absorção dos nutrientes. Do ponto de vista do melhoramento florestal, a existência de variação genética significativa quanto ao conteúdo de nutrientes é um indicativo da viabilidade da seleção de genótipos com alta eficiência de absorção, especialmente, sob condições limitantes de fertilidade do solo. No entanto, o que interessa é a correspondência entre eficiência de absorção e a produtividade, podendo resultar em genótipos altamente eficientes em absorver e utilizar os nutrientes.

No caso de não haver a correspondência entre alta eficiência de absorção e alta produtividade, maior exportação de nutrientes estaria ocorrendo proporcionalmente por unidade de biomassa produzida, caracterizada por um

possível consumo de luxo, ou seja, maior absorção de nutrientes sem um consequente aumento na biomassa produzida (PAULA et al., 1997).

Outra forma de minimizar a exportação de nutrientes de um determinado local é determinar a idade de corte e o componente da árvore a ser colhido, conforme distribuição de biomassa e dos nutrientes nos diversos componentes da planta. À partir disso, pode-se optar por explorar todo o tronco, ou, preferencialmente, apenas a madeira (REIS; BARROS, 1990).

A seleção de espécies de rápido crescimento, com baixa demanda por nutrientes e sistemas de exploração, em que os componentes da biomassa mais “ricos” em nutrientes sejam deixados no sítio, também pode minimizar problemas de exportação dos mesmos (POGGIANI, 1985).

Dessa forma, deve-se evitar a remoção dos resíduos (folhas, cascas e galhos) durante a colheita florestal (Figura 11), contribuindo com a sustentabilidade ambiental, através do incremento da disponibilidade de nutrientes após decomposição desse material, consequentemente diminuindo o uso de adubação, para reposição nutricional do sítio. Segundo Schumacher et al. (2008), a permanência dos resíduos sobre o solo, quando da colheita florestal, é uma prática altamente recomendada para qualquer sistema, uma vez que propicia a permanência de parte significativa dos nutrientes extraídos do solo durante o crescimento das árvores.

Figura 11 - Resíduos (cascas, galhos e folhas) sobre o solo após a colheita da madeira



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

2 IMPLANTAÇÃO DE POVOAMENTOS FLORESTAIS

2.1 INTRODUÇÃO

A implantação florestal é o primeiro ciclo de atividades para o sucesso de um empreendimento nesta área. Essa fase é compreendida desde o planejamento das áreas e espécies a serem utilizadas, até a aquisição de mudas e o efetivo plantio das mesmas. Segundo Santana, Fontan e Oliveira (2014), a produção para os mais variados fins deve ser analisada de forma mais ampla, dentro do conceito de Gestão Florestal, que passa por elaborados planejamentos para obter o máximo potencial produtivo das áreas florestais.

A sistemática de implantação dependerá da finalidade do plantio, da cobertura vegetal ou ocupação anterior da área a ser utilizada e da disponibilidade de recursos (FERREIRA; SILVA, 2008). Segundo os autores, os plantios, quando visam à produção, em geral são estabelecidos mediante práticas silviculturais, que contemplam todos os possíveis fatores de crescimento e, quando necessário, eliminam a vegetação competidora, até mesmo incluindo irrigação.

De acordo com Santana, Fontan e Oliveira (2014), considerando-se as limitações futuras por novas áreas de expansão florestal, é de extrema importância que seja aproveitado todo o potencial produtivo das áreas cultivadas. Sendo assim, estabelecer povoamentos de produtividade elevada vai muito além do plantio de mudas sadias no campo.

2.2 PLANEJAMENTO INICIAL

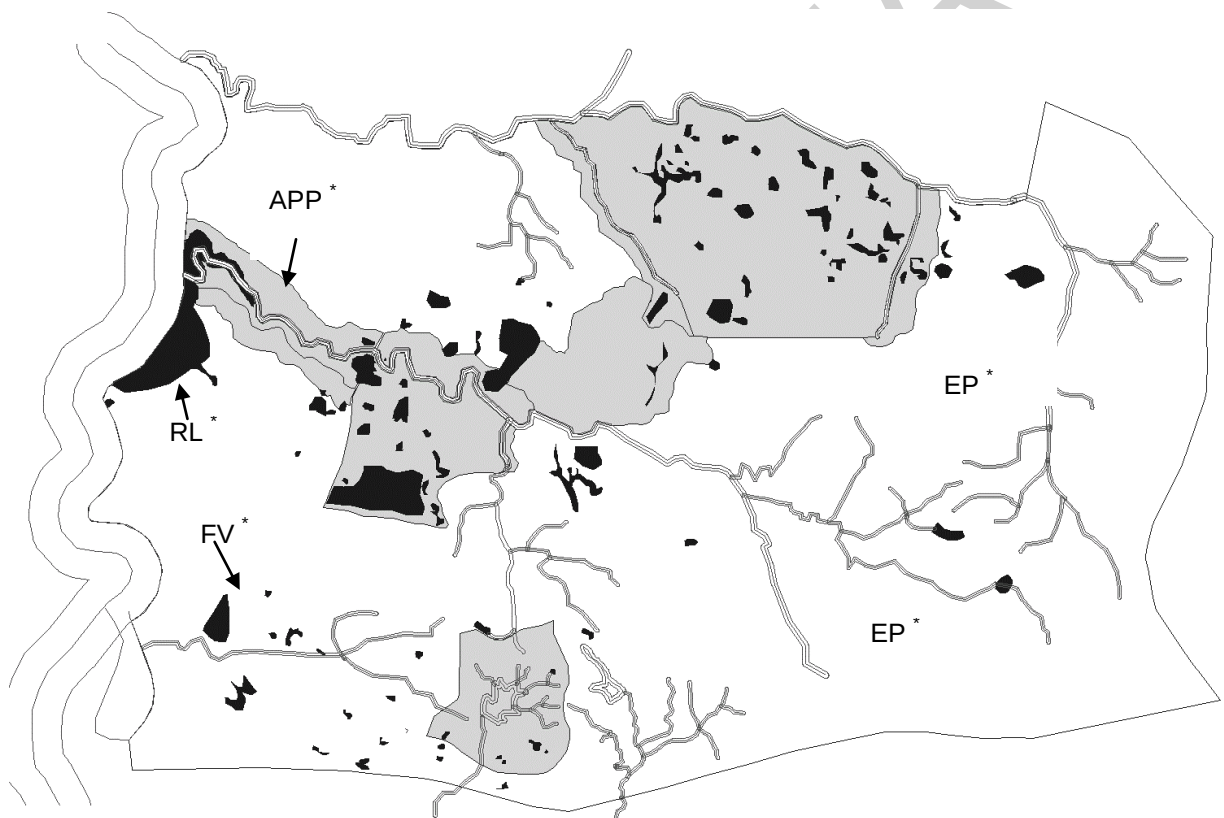
2.2.1 Mapeamento

O mapeamento na área a ser implantado o povoamento torna-se fundamental para as posteriores práticas silviculturais. Ele serve para indicar as áreas de efetivo plantio (locais propícios para receber determinada espécie de interesse econômico), áreas protegidas por lei (áreas de preservação permanente e reserva legal), distribuição dos talhões, estradas e muitas vezes para classificações de sítio,

conforme indicativos de morfologia do terreno, classificação de solo, fertilidade, entre outros.

A seguir, é demonstrado um exemplo de mapeamento, onde são demarcadas as áreas de preservação permanente, reserva legal, fragmentos de vegetação e a área com potencial para a implantação de um povoamento florestal (Figura 12). Lembre-se aqui que a atividade florestal é passível de licenciamento e deverá respeitar todos os preceitos de conservação e proteção ambiental vigentes na lei.

Figura 12 - Mapeamento da área de implantação do povoamento florestal, com a localização das áreas de preservação



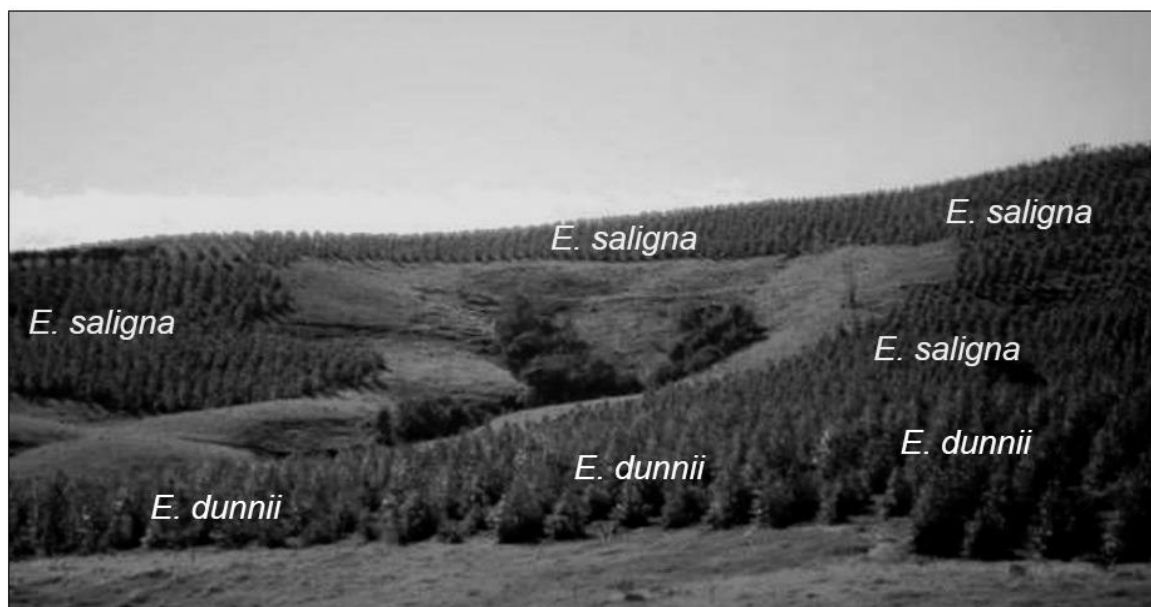
Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

*Preservação permanente (APP); reserva legal (RL); fragmentos de vegetação (FV); locais de efetivo plantio (EP).

O mapeamento é uma etapa importante, pois assim pode-se planejar a escolha da espécie em função das características da paisagem (Figura 13), por exemplo, áreas mais susceptíveis à geada, locais com solos menos profundos,

menor disponibilidade hídrica, dentre outros fatores que podem ser limitantes à produtividade das plantações.

Figura 13 - Micro planejamento em função das espécies de eucalipto



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

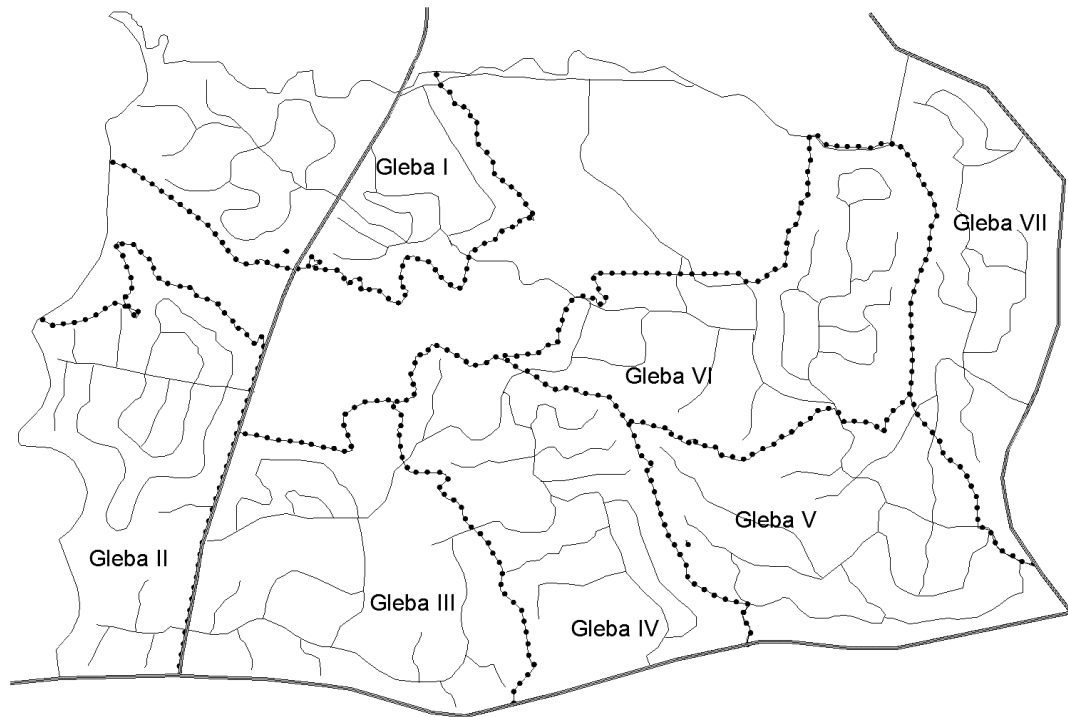
2.2.2 Reconhecimento da área e planejamento das atividades

Em uma etapa seguinte, pode-se estabelecer a divisão da área total de plantio em fragmentos menores (glebas), visando maior facilidade para o planejamento das atividades que serão realizadas.

Essa divisão em glebas possibilita ao silvicultor estabelecer uma sequência de atividades, como por exemplo, o planejamento da atividade florestal durante um período de tempo. Na Figura 14, é ilustrada a divisão de uma propriedade em sete glebas, levando em consideração que o proprietário almeja uma produção florestal contínua, e que o ciclo da espécie escolhida para a produção de um determinado produto seja de sete anos, o mesmo poderia realizar o plantio de uma gleba por ano. Sendo assim, no sétimo ano, ele irá realizar o plantio da última área e a colheita da primeira gleba plantada. No oitavo ano, ele poderá realizar reforma na área colhida e

realizar novamente o plantio, fazendo a colheita na gleba II, e assim sucessivamente.

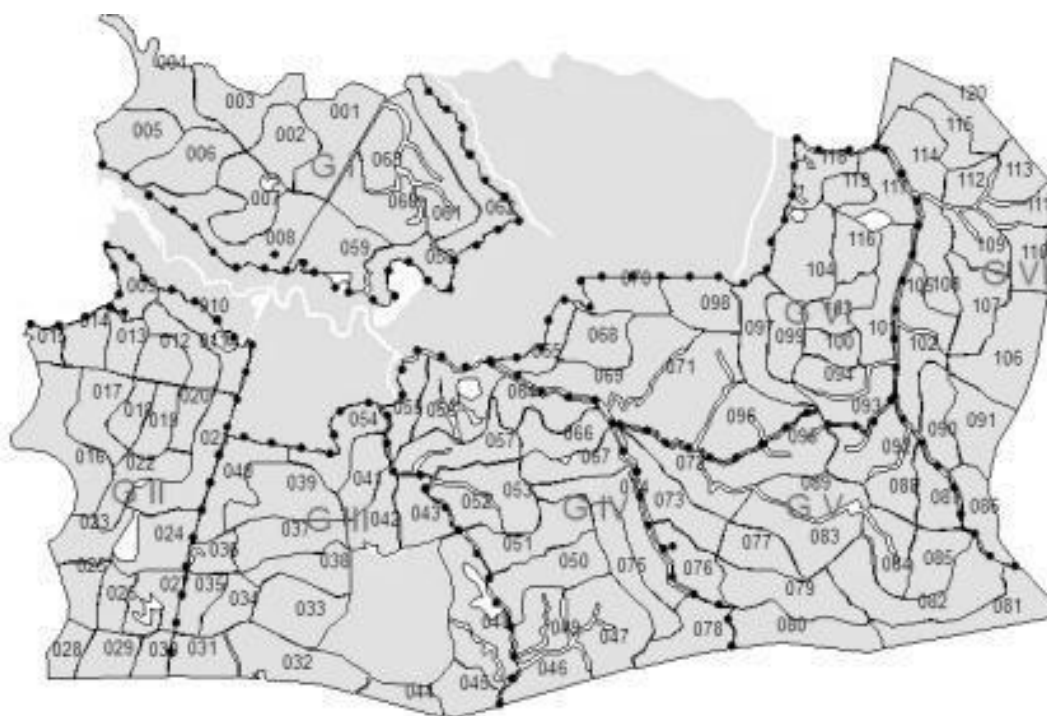
Figura 14 - Planejamento das atividades com divisão da propriedade em glebas e alocação das estradas



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Definido a intensidade e o sistema de ocupação da área destinada para a atividade de silvicultura, pode-se dentro de cada área (gleba), realizar uma nova divisão (talhões), para facilitar as atividades de implantação e condução da área. Cada gleba é constituída por um número variável de talhões, esses com áreas diferentes. A formação de talhões é necessária para que se possa otimizar a aplicação das diferentes atividades florestais (Figura 15).

Figura 15 - Divisão das glebas em talhões com diferentes tamanhos e formatos



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

2.3 CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS E ACEIROS

As vias de acesso florestal são de suma importância e fundamentais para o bom andamento do empreendimento florestal, devido às suas finalidades de acesso e escoamento da produção florestal.

A localização e a largura das estradas e aceiros devem seguir critérios técnicos e ambientais e à legislação vigente, considerando a proximidade com área de preservação permanente, reserva legal e ou divisas com propriedades vizinhas (SANTANA; FONTAN; OLIVEIRA, 2014).

Nas áreas planas ou levemente onduladas, a porcentagem de vias de acesso não deve exceder 5% do total, ou seja, 1 km para cada 15 a 20 ha. Já em áreas inclinadas, essa porcentagem será maior, devido à extração manual e com animais, sendo que a distância de arraste não deve ultrapassar 40 a 50 m (DANIEL, 2006).

2.4 PREPARO DO SOLO

Uma vez escolhido o local de plantio e analisado o solo, deve-se prepará-lo de maneira que ofereça as melhores condições de crescimento às árvores, visando à obtenção da máxima produção a um custo mínimo. O crescimento de qualquer vegetal não é indiferente às boas condições do solo; as árvores plantadas de qualquer local devem encontrar condições ótimas de crescimento, principalmente nos primeiros anos, que são mais críticos e decisivos para o bom desenvolvimento das plantações.

O preparo do solo compreende um conjunto de práticas que, quando usadas racionalmente, podem manter ou elevar os índices de produtividade florestal a médio e longo prazo, reduzir a erosão hídrica e eólica e melhorar a relação custo/benefício dos recursos disponíveis: mão de obra, máquinas e implementos, combustíveis e insumos (GONÇALVES, 2002).

Santana, Fontan e Oliveira (2014) recomendam que o preparo do solo seja realizado, quando em áreas planas, por meio de subsolagem a uma profundidade média de 40-50 cm. Essa atividade tem por objetivo desestruturar o solo e também demarcar as linhas de plantio, podendo ser consorciada com a adubação fosfatada no sulco de plantio. No caso de relevo acidentado, o preparo do solo pode ser realizado através da abertura de covas, manualmente ou com o auxílio de equipamentos motocoveadores, sendo desejável que a cova tenha, no mínimo, 30 cm x 30 cm x 30 cm.

As despesas iniciais originadas com o preparo do solo poderão ser compensadas pela economia que se pode fazer nos tratamentos posteriores. Quando o solo está devidamente preparado, o alinhamento, o coveamento e as limpezas são mais fáceis de execução e, portanto, mais viáveis economicamente. Para obter resultados satisfatórios, no caso de aplicação de fertilizantes, deve-se fazer um preparo conveniente do solo, tornando-o poroso e permeável à água e ao ar, facilitando a penetração de raízes e o aproveitamento dos nutrientes nele contidos ou adicionados.

Uma das técnicas mais indicadas de preparo de solo e utilizada, de forma geral, por todas as empresas florestais de grande porte é o preparo reduzido ou

cultivo mínimo do solo. O cultivo mínimo é um processo de implantação que se baseia na realização de operações mínimas, de tal modo a propiciar a adição dos nutrientes ao solo, o plantio de mudas no campo e o controle da matocompetição, sem, contudo, causar prejuízo ao desenvolvimento e à produtividade do povoamento florestal (ZEN; YONEZAWA; FELDEBERG, 1995).

O cultivo mínimo do solo mantém ou melhora suas características físicas, sua atividade biológica e fertilidade, reduzindo as perdas de nutrientes do ecossistema, as infestações de plantas invasoras e as despesas de implantação, com aumento da eficiência operacional das atividades de campo (GONÇALVES, 2002). A prática do cultivo mínimo como técnica de manejo de solo surgiu, inicialmente, como uma necessidade de reduzir o custo de implantação através da adequação das práticas de conservação de solo e diminuir os impactos ambientais decorrentes das queimadas de limpeza.

As técnicas associadas ao cultivo mínimo do solo requerem constante avaliação e adaptações às mais diferentes situações de trabalho e à disponibilidade de equipamentos no mercado ou na propriedade. Portanto, caracteriza-se como um processo dinâmico. O sistema não é um pacote fechado, com padrão pré-definido. Apresenta peculiaridades inerentes a cada sítio florestal, as quais devem ser tratadas caso a caso (GAVA, 2002).

2.5 PLANTIO

A formação de povoamentos florestais por meio do plantio normalmente é realizada com a utilização de mudas. As mudas são produzidas em viveiros de grandes empresas florestais. As empresas menores geralmente compram suas mudas de viveiros particulares de outras empresas. Mas, antes de realizar o plantio, alguns aspectos básicos deverão ser observados para o sucesso da implantação do povoamento:

2.5.1 Escolha do espaçamento

É a forma de distribuição das plantas sobre o terreno e a distância entre elas. O espaçamento maior ou menor entre as mudas será determinado em relação ao crescimento da espécie, sempre levando em consideração o objetivo da produção, sítio, tamanho das mudas e considerações econômicas.

Segundo Santana, Fontan e Oliveira (2014), o espaçamento de plantio definirá o volume individual das plantas, além de interferir diretamente na sua sobrevivência, uma vez que está relacionado ao número de plantas coexistindo na mesma área e competindo pelos recursos de crescimento. Em locais com reduzida disponibilidade de água no solo, por exemplo, há tendência de maior mortalidade de plantas em plantios mais adensados, visto que a competição entre as plantas pelo recurso “água” é mais intensa.

A densidade de plantio (espaçamento) influencia diretamente o custo de implantação e colheita de um povoamento florestal. Devido a isso, a definição do espaçamento mais adequado fornece espaço suficiente para que cada indivíduo consiga o máximo de crescimento útil, sem desperdício de espaço no menor tempo possível (HOPPE et al., 2003), além de maior retorno financeiro ao produtor florestal.

Para Couto, Brandi e Condè (1977), o espaçamento das plantações não deve ser rígido para cada espécie ou local. Há necessidade de que ele seja determinado para cada situação, baseando-se em considerações tais como: local, hábito de crescimento da espécie, sobrevivência esperada, finalidade do produto a ser obtido, futuros tratos culturais e tipos de equipamentos a serem empregados na colheita e na remoção da madeira.

Em um estudo realizado por Schneider et al. (2000), avaliando a influência do espaçamento sobre o crescimento da *Acacia mearnsii*, este verificou que o diâmetro teve relação direta com o espaçamento, produzindo níveis de crescimento proporcionais ao espaço vital médio disponível às árvores. Segundo o mesmo autor, o maior crescimento foi verificado no espaçamento de 3,0 m x 2,0 m, chegando a um diâmetro médio de 17,1 cm, aos 9 anos. O menor diâmetro foi verificado no espaçamento 3,0 m x 1,0 m, com 10,6 cm.

De modo geral, quanto maior o espaçamento, maior é o crescimento em altura média total, diâmetro à altura do peito e menor o custo de exploração. Nos menores espaçamentos se obtém maior volume de madeira e maior custo de exploração; contudo, a altura dominante do povoamento não é alterada em função de diferentes espaçamentos (HOPPE et al., 2003).

2.5.2 Adubação de plantio e calagem

As áreas de cultivo com essências florestais muitas vezes apresentam solos com baixa fertilidade natural, proporcionando produtividade aquém do esperado. Com isso, segundo Bellotte, Ferreira e Silva (2008), a utilização de alguma fonte de nutrientes para as plantas se torna uma necessidade. Os mesmos autores salientam que a recomendação da adubação em plantios comerciais muitas vezes é realizada de forma generalizada, quase sempre sem considerar as variações de solo. Para eles, seria necessário estabelecer critérios para maximizar o aproveitamento das fontes de nutrientes disponibilizados, definindo-se quais nutrientes devem ser aplicados, dose, época, modo de aplicação e localização do adubo em relação à planta. Por fim, para se definir um programa de adubação, deve-se dimensionar as necessidades nutricionais das plantas e a capacidade do solo em suprir a demanda, considerando as práticas de manejo que possibilitem o uso mais eficiente do solo e do adubo.

Segundo os autores supracitados, não existem recomendações de adubação baseadas apenas nas análises de solo e especificidades para as espécies florestais utilizadas em plantios comerciais, sendo que algumas empresas indicam formulações de adubações em função de diferentes tipos de agrupamentos de solo. A seguir, serão demonstradas algumas recomendações para adubação em povoamentos de eucalipto, levando em consideração os teores de P e K observados na análise de solo (Tabelas 7 e 8), baseando-se em Bellotte, Ferreira e Silva (2008).

Tabela 7 - Interpretação dos teores de P e K verificados na análise química do solo

Teores no solo	Interpretação		
	Baixo	Médio	Alto
P (mg dm^{-3})	$\leq 3,0$	$> 3,0 - < 7,0$	$\geq 7,0$
K ($\text{mmol}^{(+)} \text{dm}^{-3}$)	$\leq 0,5$	$> 0,5 - < 1,5$	$\geq 1,5$

Fonte: (CQFS, 2004).

Tabela 8 - Recomendação de adubação com base nos teores de P e K presentes no solo, em gramas de nutriente e da formulação mais próxima

Interpretação		N – P ₂ O ₅ – K ₂ O	Fórmula sugerida	Eucalipto	
P	K			kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹
B	B	30 – 120 – 60	8 -32 -16	375	220
B	M/A	30 – 120 – 45	10 -30- 10	400	240
M	B	30 – 90 – 60	8 – 30 – 10	300	180
M	M/A	30 – 90 – 45	8 – 28 – 16	320	190
A	B	30 – 60 – 60	8 – 28 – 16	220	130
A	M/A	30 – 60 – 30	10 -20 -10	300	180

Fonte: (CQFS, 2004).

B = baixo; M = médio; A = alto; Para efeito de cálculo, os autores consideraram um plantio em espaçamento 3,0 m x 2,0 m, com 1.666 árvores ha⁻¹.

O N, P e K são os nutrientes mais utilizados na adubação de plantações das mais diversas espécies, com menor frequência o B e o Zn; já o Ca e o Mg são adicionados por meio da calagem (BELLOTTE; FERREIRA; SILVA, 2008).

Pelo momento do plantio, com a definição da formulação e dose de adubo a ser aplicado, faz-se a adição dos nutrientes na cova (deve ser colocado no fundo e ser bem misturado com o solo para evitar danos ao sistema radicular das plantas) ou no sulco (adicionado na linha de plantio, no fundo do sulco). O adubo atualmente é aplicado em covetas laterais, a uma distância média de 30 cm da planta.

2.5.3 Plantio

O plantio pode ser realizado utilizando-se mudas produzidas em raiz nua ou em recipientes. Vantagens das mudas produzidas em recipientes: produção rápida; evita-se a repicagem; danos mais reduzidos das raízes; maior facilidade de transporte em distâncias maiores; os choques de transplante são evitados; menos perdas após o plantio - maior percentual de sobrevivência. Desvantagens: elevados custos de produção por unidade; maiores custos de transporte; maior tempo gasto para o plantio.

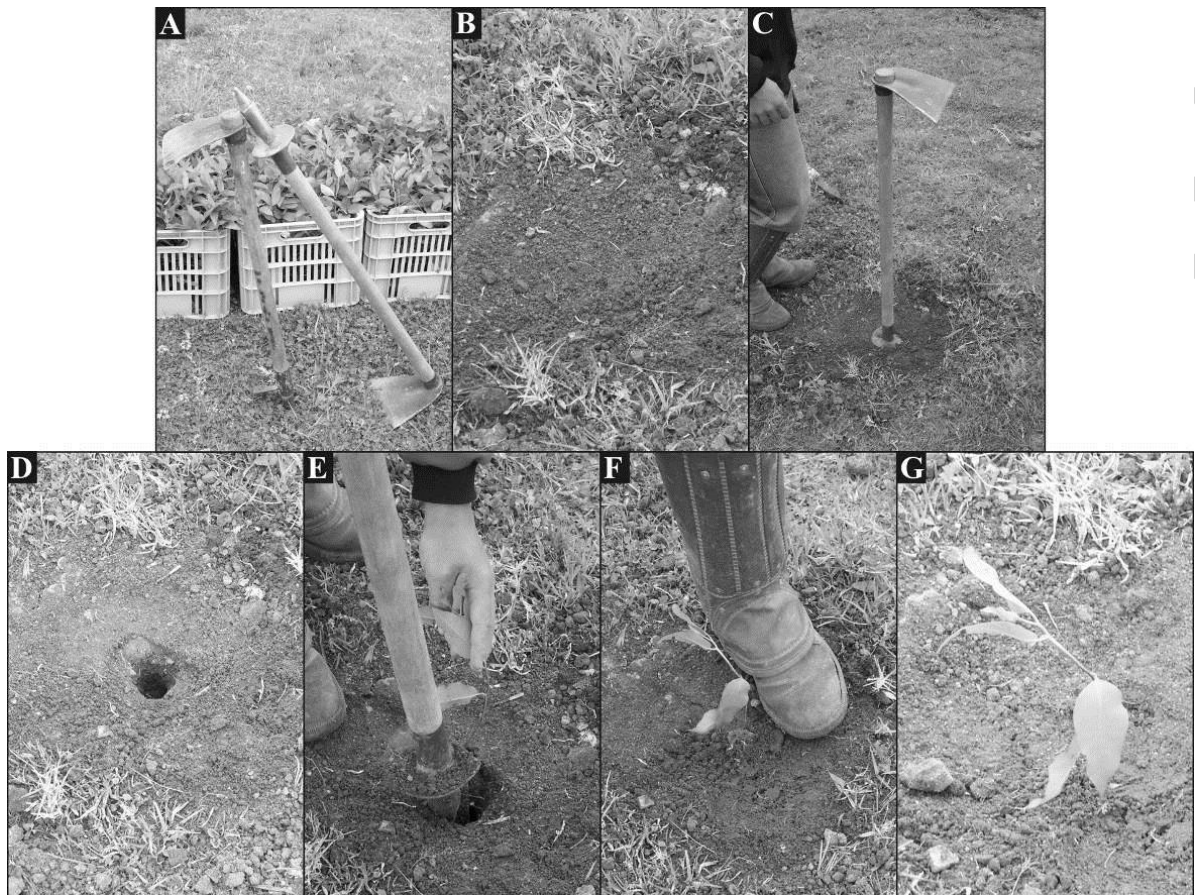
A produção de mudas em qualidade e quantidade é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais. Por isso, no momento do plantio, as mudas devem apresentar bom equilíbrio nutricional, alto poder de agregação das raízes com o substrato, boa capacidade de retenção de água, de modo que a espécie se adapte perfeitamente ao local de plantio. Além de assegurar uma maior sobrevivência e desenvolvimento inicial das plantas, o plantio de mudas produzidas em recipientes permite uma seleção inicial no viveiro, descartando indivíduos considerados de genótipos inferiores.

O período de plantio pode ser considerado muito variável, não havendo uma época claramente definida. Mas, devem-se levar em consideração alguns aspectos, obedecendo-se certas épocas do ano em que, dependendo da região, podem correr déficit hídrico e geadas mais intensas. Algumas empresas, devido a metas de expansão de área com florestas, realizam plantios durante todo ano, e no caso de ocorrer estiagem, as mesmas fazem irrigação das plantas.

O plantio pode ser realizado de três formas distintas: manual, semimecanizado e mecanizado.

Plantio manual: todas as atividades, desde a abertura da cova até o plantio da muda, são realizadas manualmente. Providencia-se a marcação e, em seguida, abrem-se as covas que serão adubadas; nelas as mudas são colocadas e assentadas com o solo misturado com o adubo (Figura 16).

Figura 16 - Aspecto das etapas do plantio manual



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Onde: A = Mudas e ferramentas; B, C e D = Preparo da cova; E e F = plantio da muda; G = muda plantada.

Plantio semimecanizado: nesse tipo de plantio, normalmente o preparo de solo é realizado mecanicamente (subsolador) e as demais atividades são realizadas de forma manual (Figura 17).

Plantio mecanizado: todas as atividades de plantio, operações de abertura de sulco, adubação e plantio são realizadas com transplantadoras acopladas a tratores agrícolas (Figura 18).

Figura 17 - Aspectos do plantio semimecanizado: (a) preparo do solo realizado mecanicamente; (b) atividades feitas manualmente



(a) preparo do solo realizado mecanicamente



(b) atividades feitas manualmente

Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Figura 18 - Aspecto do plantio mecanizado



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Onde: A = transplantadeira e B = transplantadeira + trator agrícola.

2.5.4 Irrigação

Algumas empresas realizam plantio o ano inteiro, por isso, em períodos de estiagem prolongada, faz-se necessário a irrigação (Figura 19). Segundo Daniel (2006), algumas empresas utilizam em torno de 3 litros de água por planta, sendo realizada com carreta pipa tracionada por trator, munida de mangueiras e repetida de 1 a 3 vezes, conforme o período, para garantir a sobrevivência e a boa adaptação da muda a campo.

Figura 19 - Irrigação a campo



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Onde: A = aspecto da carreta pipa; B = aspecto da irrigação das plantas após o plantio.

2.5.5 Replântio

O replântio é realizado de maneira manual, após decorrer o período aproximado de um mês do efetivo plantio, sendo esse período considerado ideal para que a muda transplantada consiga ou não se adaptar ao ambiente, começando assim o seu desenvolvimento.

2.6 TRATOS CULTURAIS

2.6.1 Controle de matocompetição

A matocompetição provocada pelas plantas daninhas tem interferência direta sobre as espécies arbóreas. Esta é uma interferência competitiva, que causa a redução de um ou mais recursos limitantes, como a água e os nutrientes, a interceptação da luz e a interferência alelopática (que é a produção e liberação de compostos químicos por tecidos vivos ou em decomposição que interferem no crescimento de plantas próximas) (TOLEDO, 1998 apud TOLEDO, 2002).

Segundo Ribeiro (1987), os povoamentos florestais, quando em forte concorrência com plantas daninhas, têm mostrado fatos como: - dificuldade de se localizar formigueiros, que causam grandes danos nesta fase; - estiolamento das mudas; - redução do arranque inicial devido à competição por água, luz e nutrientes; - baixa eficiência da adubação de cobertura; - alteração da operação de replantio devido à dificuldade da localização das falhas; - menor rendimento operacional de capina, pois além de maior cobertura vegetal, tem-se ainda que procurar as mudas entre as plantas daninhas; - desuniformidade no desenvolvimento das plantas; - menor produtividade por área.

O controle da matocompetição consiste na adoção de certas práticas que resultam na redução da infestação, mas não necessariamente na erradicação que, dificilmente, é obtida na prática (RIBEIRO, 1987). De acordo com Maêda (1982), para o processo de eliminação de plantas daninhas, há três métodos distintos de tratos culturais: manual, mecânico e químico.

- 1) Trato cultural manual: roçada ou capina nas linhas e entrelinhas;
- 2) Trato cultural mecânico: usa-se geralmente grade semipesada de discos;
- 3) Trato cultural químico: uso de herbicidas no controle de plantas daninhas (Figura 20); é uma alternativa que as empresas florestais vêm empregando para suprir o déficit de mão-de-obra, altos custos e baixo rendimento resultantes do uso de capinas manuais (RODRIGUES et al., 1988).

Figura 20 - Controle de plantas daninhas



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Onde: A = controle químico manual e B = controle químico mecanizado.

Segundo Costa (1990), os efeitos negativos da competição vão depender muito do período do ano, por isso a definição da época para a realização das capinas deve ser levada em conta.

A vegetação espontânea que cresce entre as plantas cultivadas pode funcionar como reserva de nutrientes que não seriam absorvidos pelas mudas e, por isso, poderiam ser perdidos por lixiviação ou erosão. Conforme Cantareli (2002), o controle de plantas daninhas em áreas onde se pratica a silvicultura é muito importante na fase inicial de estabelecimento, tanto pelo custo quanto pela necessidade de recursos humanos. Além disso, as plantas daninhas são hospedeiras de pragas e doenças; podem eliminar no ambiente inúmeros compostos orgânicos “aleloquímicos”, que afetam o desenvolvimento inicial das mudas e também prejudicam as operações silviculturais de manejo, aumentando o risco de incêndios florestais.

2.6.2 Controle de formigas

As formigas podem ser consideradas como parte dos fatores limitantes da produção florestal. São responsáveis por mais de 75% dos gastos com controles de pragas, devendo-se ter maior cuidado na fase que antecede a implantação do povoamento. O controle deve ser feito após a limpeza do terreno (antes do plantio das mudas), tendo assim maior facilidade de localização de formigueiros e maior eficiência no seu combate. No controle desta praga, podem-se utilizar iscas granuladas (Figura 21), com princípio ativo sulfuramida, em razão da sua maior facilidade de manuseio, do maior rendimento operacional em áreas limpas e da baixa toxicidade ao ambiente.

Figura 21 - Distribuição de iscas granuladas para o controle de formigas



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Não é recomendado aplicar a isca em períodos chuvosos e deve-se evitar o contato com as mãos para não alterar as propriedades atrativas da mesma.

Santana, Fontan e Oliveira (2014) recomendam que a deposição sistemática das iscas formicidas, que é uma das alternativas mais eficientes para o controle de formigas quenquéns e deposição localizada para controlar saúvas. O consumo de

iscas depende da infestação dos formigueiros na área; normalmente, se aplicam 6 a 10 g de isca por m² de terra solta ou 10 g de isca por formigueiros inferiores a 1 m².

Recomenda-se nunca aplicar a isca diretamente no olheiro do formigueiro, e sim há no mínimo 20 cm de distância do mesmo, evitando depositar no carreiro.

2.6.3 Adubação de cobertura e manutenção

A adubação de cobertura não se caracteriza como uma prática comum em empresas de pequeno e médio porte; normalmente ela é realizada por empresas que investem maciçamente em plantações. Esse tipo de adubação é indicado como complemento à adubação de plantio, sendo realizado aproximadamente entre 30 e 60 dias após o plantio (BELLOTTE; FERREIRA; SILVA, 2008). Segundo os autores, quando realizada a adubação de cobertura, o adubo deverá ser distribuído ao lado das plantas, em faixas ou em coroamento com incorporação.

A adubação de manutenção tem como objetivo principal fornecer os nutrientes K, Ca e Mg para as plantas (BELLOTTE; FERREIRA; SILVA, 2008), e até mesmo micronutrientes (B, Cu, Zn).

Esses nutrientes devem ser disponibilizados para as plantas quando as mesmas tiverem de 24 a 36 meses de idade, em solos com elevada acidez ou com baixos teores de Ca e Mg. Segundo Bellotte, Ferreira e Silva (2008), recomenda-se aplicar juntamente com o K o calcário dolomítico, em uma dosagem aproximada de duas toneladas por hectare, sendo realizada essa aplicação nas entrelinhas de plantio. Atualmente a adubação é feita a lanço e na área de projeção da copa.

3 SISTEMAS AGROFLORESTAIS

3.1 INTRODUÇÃO

Embora o Brasil seja a esperança do mundo para alimentação de sua crescente população, os cultivos tradicionais de monoculturas podem trazer consideráveis riscos ecológicos, econômicos e ambientais para o País (MACEDO; VALE; VENTURIN, 2010). Desde a década de 1960, com a chamada “Revolução Verde”, o sistema de produção predominante na agricultura brasileira tem sido a monocultura, tornando um grande desafio a promoção de sistemas produtivos sustentáveis no País (MARTINS, 2013).

Com o reconhecimento e conscientização social da importância dos valores ambientais, econômicos e sociais das florestas, podem-se perceber, no cenário mundial, fortes tendências para mudanças significativas na forma de uso da terra, com a utilização de sistemas produtivos sustentáveis que considerem, além da produtividade biológica, os aspectos socioeconômicos e ambientais. Destacam-se assim os sistemas agroflorestais (SAF's), que se constituem em alternativas sustentáveis para aumentar os níveis de produção agrícola, animal e florestal (CARVALHO, 2006).

Ao contrário dos sistemas convencionais de produção, estudos realizados com sistemas agroflorestais têm mostrado a viabilidade e sustentabilidade ecológica, social e econômica desses agroecossistemas, dadas principalmente pela sua alta capacidade de resiliência, confiabilidade, autossuficiência, produtividade e elasticidade (LOPES, 2009).

O governo federal, dentro do Plano Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), instituiu o Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), em que os SAF's ou os sistemas de integração de produção são considerados uma das tecnologias-chave para alcance dos objetivos. Contam inclusive com linhas de crédito específicas dentro do Programa ABC, com recursos do BNDES e do Banco do Brasil (NETO et al., 2015).

Além disso, nos casos em que a obrigatoriedade das áreas de Reserva Legal

(RL) é mantida, a Lei nº 12.651/2012 estabelece como uma alternativa para a recomposição e para o uso dessas áreas o consórcio de espécies nativas e exóticas em sistema agroflorestal (BRASIL, 2012). No Código Florestal de 1965, as áreas de RL assumiam um papel nítido de conservação; no entanto, na Lei nº 12.651/2012, o objetivo de conservação passa a ser secundário diante das prioritárias funções de produção e uso econômico da RL (MARTINS; RANIERI, 2014).

Os SAF's são sistemas de produção que não apresentam limitações quanto ao tamanho da propriedade ou ao nível tecnológico do produtor rural; além disso, proporcionam inúmeras possibilidades de combinação entre os componentes do sistema, cabendo ao produtor os ajustes, dependendo do seu interesse e dos aspectos edafoclimáticos e mercadológicos do local (NETO et al., 2015). No entanto, a definição da composição de espécies nesses sistemas deve ser elaborada de forma abrangente, considerando diversos aspectos, dentre os quais merecem destaque: integração entre as espécies, sustentabilidade econômica, impacto sobre a mão de obra local, variedades de plantas utilizadas, tratos culturais, logística de transporte, finalidade da produção e distância do mercado consumidor (CARVALHO, 2006).

A implantação de um SAF de sucesso demanda um planejamento criterioso, com ações de curto, médio e longo prazo. Assim, este capítulo tem como objetivo principal elaborar uma caracterização sobre os sistemas agroflorestais (SAF's).

3.2 O QUE SÃO OS SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF'S)?

Existem diversos conceitos para definição de um sistema agroflorestal (SAF), sendo o conceito elaborado pelo ICRAF (Centro Internacional de Pesquisas em Sistemas Agroflorestais) o mais difundido, o qual define SAF como toda combinação de elementos arbóreos com herbáceas e/ou animais distribuídos concomitantemente no mesmo espaço.

A diversificação do sistema possibilita o uso mais eficiente dos recursos naturais, sejam eles energia solar, água e nutrientes, permitindo assim uma melhor ocupação do espaço com espécies de interesse econômico, além, é claro, de

ampliar a base alimentar e criar habitats favorecendo o aumento da biodiversidade e controle biológico de pragas e doenças (VIEIRA, 2007).

Nos últimos anos, tem-se destacado o uso de sistemas de integração que incorporam as atividades de produção agrícola, pecuária e florestal, em dimensão espacial e/ou temporal, buscando efeitos de sinergismo entre os componentes do agroecossistema para a sustentabilidade da unidade de produção (BALBINO et al., 2011).

Conforme Macedo, Vale e Venturin (2010), os SAF's são consorciações que se alicerçam em princípios de sustentabilidade, que envolvem aspectos ambientais, econômicos e sociais tais como:

a) Princípio ecológico:

- biodinâmica da sobrevivência: máximo aproveitamento da energia solar vital (multiestratificação);
- exploração de nichos diversificados (copas e sistemas radiculares);
- formação de material orgânico (folhas, ramos, materiais reprodutivos, casca, entre outros);
- disponibilização de nutrientes.

b) Princípio social:

- fixação do homem no campo: aumento de mão de obra e com distribuição mais uniforme durante o ano (tratos culturais e colheita ocorrem em épocas diferentes e não são as mesmas para as diversas culturas);
- Melhoria das condições de vida: diversificação da produção (produtos agrícolas, florestais e animais).

c) Princípio econômico:

- sustentabilidade econômica proporcionada pela alternância e diversificação de produção e de produtos ao longo do ano;
- diminuição de investimentos anuais em grande escala:
 - preparo de solo;
 - adubações e controle de plantas invasoras.

De modo geral, os SAF's tem como objetivo otimizar a produção por unidade de superfície, respeitando sempre o princípio de rendimento contínuo, principalmente através da conservação/manutenção de potencial produtivo dos

recursos naturais renováveis (conservação dos solos, recursos hídricos, fauna e das florestas nativas).

Segundo Macedo, Vale e Venturin (2010), os pré-requisitos necessários para atingir o objetivo dos SAF's são:

- manter-se sustentável;
- conferir sustentabilidade aos sistemas agrícolas;
- aumentar a produtividade animal e vegetal;
- direcionar técnicas para o uso racional do solo e água;
- diversificar a produção de alimentos;
- estimular a utilização de espécies para usos múltiplos;
- diminuir os riscos do agricultor;
- amenizar os efeitos adversos dos fatores de produção;
- minimizar os processos erosivos;
- combinar a experiência rural dos agricultores com o conhecimento científico.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Os SAFs podem ser classificados segundo sua estrutura no espaço, a importância relativa e a função dos diferentes componentes, assim como os objetivos da produção e suas características sociais e econômicas.

Conforme Nair (1989), a classificação dos SAF's mais difundida é aquela que considera os aspectos funcionais e estruturais do sistema para agrupar esses sistemas em categorias, denominadas sistemas silviagrícolas ou sistemas agrossilviculturais, sistemas silvipastoris e sistemas agrossilvipastoris.

Atualmente, tem-se difundido as denominações dos sistemas de integração de produção, que segundo Balbino et al. (2011), podem ser classificados e definidas em quatro grandes grupos: Integração Lavoura-Pecuária - ILP ou Agropastoril; Integração Pecuária-Floresta – IPF; Integração Lavoura-Floresta - ILF (produção agrícola + florestal); e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta - ILPF.

Com exceção do sistema ILP, que não se enquadra dentro do conceito de SAF por não ter componente arbóreo ou de atividade florestal, pode-se ressaltar que os SAF's são classificados em três grandes categorias de acordo com as atividades

de produção envolvidas no sistema (Tabela 9).

Tabela 9 - Classificação dos SAF's de acordo com as atividades de produção envolvidas e suas diferentes denominações

Atividades de produção	Denominação
Agrícola + florestal	Sistema silviagrícola, sistema agrossilvicultural, agroflorestal ou Integração Lavoura-Floresta – ILF
Pecuária + florestal	Sistema silvipastoril ou Integração Pecuária-Floresta – IPF
Agrícola + pecuária + florestal	Sistema agrossilvipastoril ou Integração Lavoura-Pecuária-Floresta – ILPF

Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Considerando a distribuição no espaço e no tempo dos componentes de um sistema, conforme Magalhães et al. (2014), os SAF's podem ser classificados de três maneiras:

- Sequenciais: os cultivos agrícolas anuais e as plantações de árvores se sucedem no tempo. Exemplo: sistema Taungya (cultivos anuais consorciados apenas durante os primeiros anos de estabelecimento de árvores, sendo seu objetivo principal a produção de madeira);
- Simultâneos: integram, ao mesmo tempo, os cultivos anuais e perenes, com espécies madeireiras ou de uso múltiplo e ou pecuária. Exemplo: cultivo em faixas ou Alley Cropping (plantio no mesmo ano de árvores + culturas perenes): cultura sombreada (café, cacau, urucum, por exemplo), árvore que fornecerá sombra (ipê, palmito, cardamomo, sombreiro, cedro, etc.), geralmente fornecedora de madeira);
- Complementares: plantio de árvores que podem delimitar uma propriedade ou servir de proteção para outras plantas ou sistemas agrícolas integrados. Exemplo: cercas vivas e cortinas quebra-vento.

3.4 SISTEMAS AGROFLORESTAIS EMPREGADOS

3.4.1 ILF, Sistemas agrossilviculturais, silviagrícolas ou agroflorestais

Sistemas de produção simultânea de culturas agrícolas e florestais. Nesses sistemas, o componente florestal poderá ter como função principal a produção e/ou a proteção e serviços.

Os principais sistemas de produção, de acordo com Macedo, Vale e Venturin (2010), são:

a) Sistema Taungya:

Constitui um sistema silviagrícola de substituição florestal ou de reflorestamento, baseado em dois componentes: um florestal (principal e permanente) e outro agrícola (secundário e temporário). Foi desenvolvido com a finalidade de diminuir o custo do estabelecimento de plantações para a produção madeireira.

Nesse sistema, as espécies florestais se aproveitam das capinas, limpezas e da aplicação de adubos em benefícios dos cultivos agrícolas e, quando realizada a última safra agrícola, a espécie madeireira já se encontra estabelecida. Além do mais, o lucro obtido pela venda dos produtos agrícolas cobre grande parte do custo de plantio das espécies arbóreas.

É bastante utilizado no Brasil, pelos seguintes motivos:

- facilidade de execução (não provoca mudanças drásticas no sistema tradicional empregado pelo produtor);
- diminuição dos custos de estabelecimento de plantações florestais;
- perspectiva de produção agrícola sustentável aos agricultores;
- redução dos custos de preparo de solo;
- contribuição para a solução de problemas socioecológicos.

Exemplos de Sistema Taungya:

- Seringueira + arroz;
- Eucalipto, + milho (Figura 22) + arroz; eucalipto + melancia (Figura 23), + feijão, + abóbora, + mandioca; eucalipto + girassol (Figura 24), + sorgo, + canola; + eucalipto + soja (Figura 25);

- Araucária e Pinus + arroz; + Acácia-negra, + milho (Figura 26) + melancia.

Figura 22 - Exemplo de Sistema Taungya (Eucalipto + Milho)



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Figura 23 - Exemplo de Sistema Taungya (Eucalipto + Melancia)



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Figura 24 - Exemplo de Sistema Taungya (Eucalipto + Girassol)



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Figura 25 - Exemplo de Sistema Taungya (Eucalipto + Soja)



Fonte: (MACEDO; VALE, VENTURIN, 2010).

Figura 26 - Exemplo de Sistema Taungya (Acácia-negra + milho)



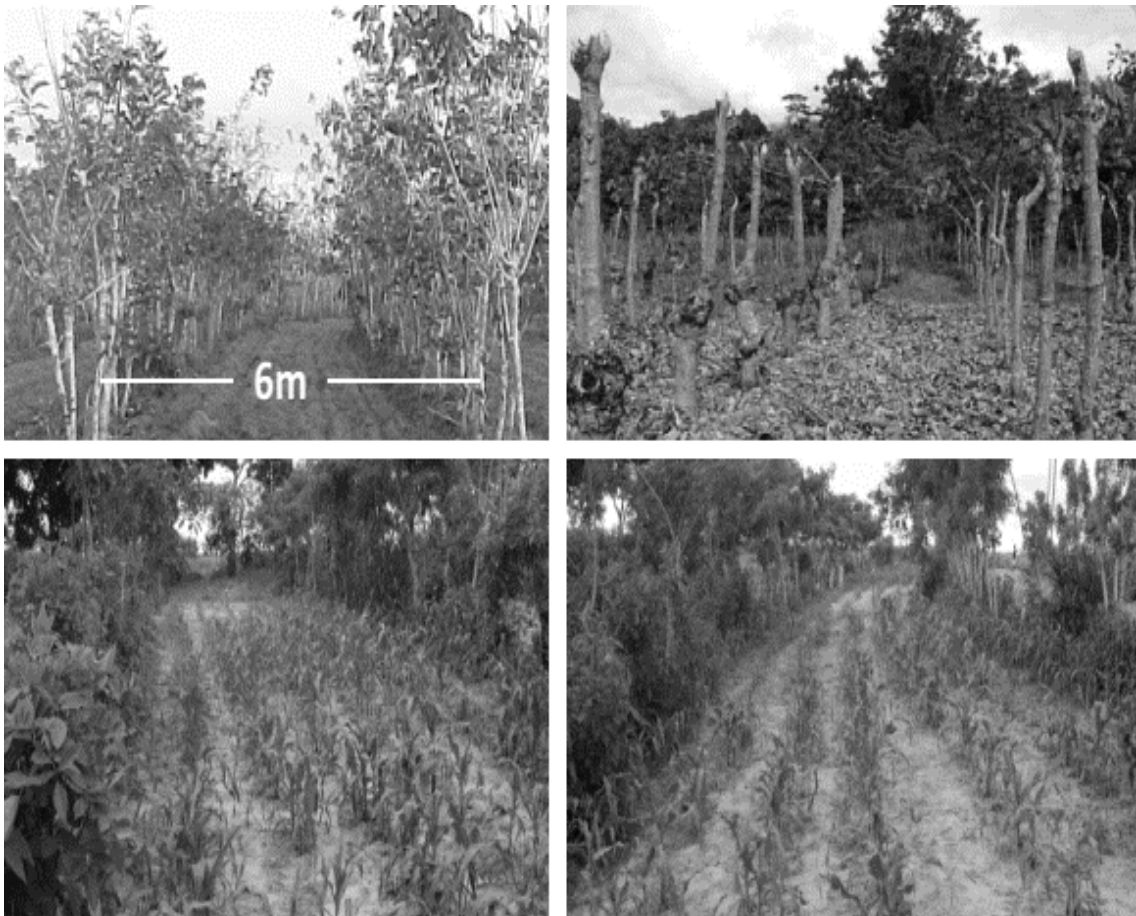
Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

b) Sistema Alley cropping:

Também conhecido como sistema agroflorestal de cultivos em alamedas, em aleias, em avenidas ou em renques. As espécies agrícolas são consorciadas nas ruas entre as linhas plantadas com espécies florestais arbóreas ou arbustivas.

Geralmente, nas linhas com espécies arbóreas ou arbustivas, utilizam-se espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio e/ou espécies com potencial para produzir grande quantidade de biomassa, com o objetivo de serem podadas ou rebaixadas periodicamente, antes e durante a época de cultivo agrícola, visando fornecer adubo orgânico ao solo, através da decomposição da biomassa resultante das podas (Figura 27).

Figura 27 - Exemplo do Sistema Alley cropping.



Fonte: (MEDEIROS; MARIN, 2014)

Benefícios do sistema:

- Adubação verde ou cobertura morta para as culturas agrícolas;
- Disponibilização de nutrientes das camadas profundas para as superficiais;
- Controle de matocompetição;
- Manutenção da micro e macrofauna do solo;
- Controle de erosão;
- Material de poda serve para a alimentação de animais, fabricação de estacas e utilização para lenha;
- As leguminosas possibilitam fixação biológica de nitrogênio para as culturas acompanhantes.

c) Sistema de Policultivos Multiestratificados:

Caracteriza-se pela associação de espécies vegetais (árvores, cultivos perenes e anuais), normalmente de valor comercial, que formam diversos estratos verticais, proporcionando uma utilização mais eficiente da radiação solar e da área disponível (Figura 28).

Esse sistema pode combinar espécies madeireiras com frutíferas, com produções em ciclos de médio a longo prazo, com culturas semiperenes ou perenes de grande valor comercial (pimenta-do-reino, cacau, café, guaraná, entre outras).

Algumas espécies agrícolas necessitam de um certo grau de sombreamento e/ou proteção contra o vento, frio ou calor excessivo, o que pode ser promovido pelas espécies arbóreas. Além disso, esse sistema, em função da diversificação e estratificação, torna-se mais parecido com a natureza, podendo proporcionar um maior equilíbrio biológico com possibilidade de redução dos problemas fitossanitários em relação às monoculturas.

Figura 28 - Exemplo de Sistema Policultivos Multiestratificados



Fonte: (NARDELE; CONDE, s.d.).

Onde: A pupunha (1) ultrapassa a copa das espécies pioneiras (6); as espécies secundárias começam a substituir as pioneiras (7); as frutíferas esperam por ciclos de renovação das copas para intensificar a produção de flores e frutas (5); bananas e abacaxizeiros aproveitam os claros ainda existentes.

3.4.2 IPF ou Sistemas silvipastoris

Caracterizam-se pela associação de árvores dentro de atividade pecuária ou a criação de animais dentro de povoamentos florestais, conforme as Figuras 29, 30 e 31.

Figura 29 - Exemplo de Sistema silvipastoril (Eucalipto + gado)



Fonte: (MACEDO; VALE; VENTURIN, 2010).

Figura 30 - Exemplo de Sistema silvipastoril (pinus + gado)



Fonte: (SCHUMACHER et al., 2015).

Figura 31 - Sistema silvipastoril, pastagem implantada com eucalipto

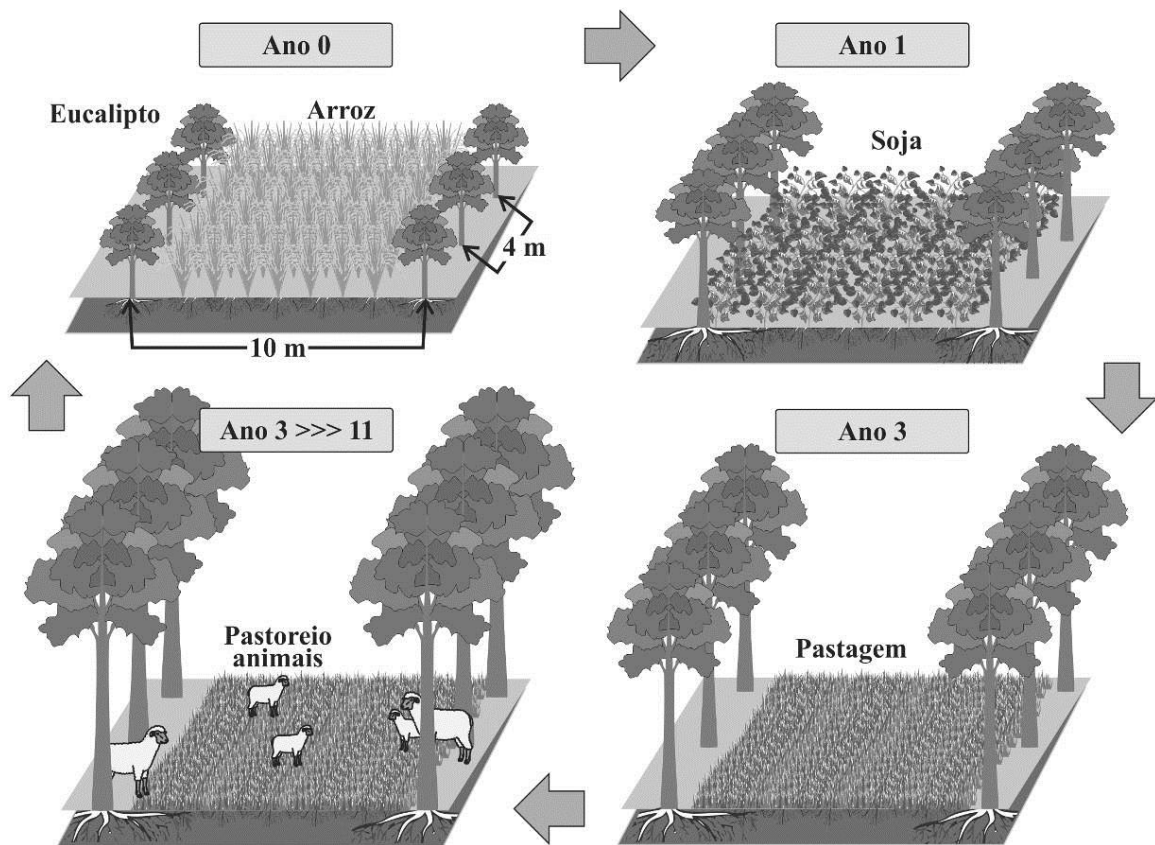


Fonte: (MACEDO; VALE; VENTURIN, 2010).

3.4.3 ILPF ou Sistemas agrossilvipastoris

São caracterizados pela associação de árvores ou arbustos a cultivos agrícolas e animais (Figura 32).

Figura 32 - Exemplo de Sistema agrossilvipastoril



Fonte: Macedo, Vale e Venturin (2010) adaptado por Schumacher et al. (2015).

3.5 BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Os SAF's, principalmente os sistemas que envolvem os três componentes (lavoura, pecuária e floresta), permitem o uso intensivo e sustentável do solo com rentabilidade desde o ano de sua implantação, e diversos benefícios ao produtor e ao meio ambiente, como: melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, aumento da ciclagem e da eficiência na utilização dos nutrientes, redução dos custos de produção, redução da pressão por abertura de novas áreas, diversificação e estabilização da renda da propriedade rural (NETO et al., 2015).

Quando comparado a uma monocultura, os SAF's possuem uma composição diversificada e estratificada, apresentando grande potencial para a conservação da biodiversidade, além de uma rentabilidade econômica positiva devido à variedade de produtos do sistema.

Dentre os inúmeros benefícios dos SAF's, observa-se que estes sistemas de

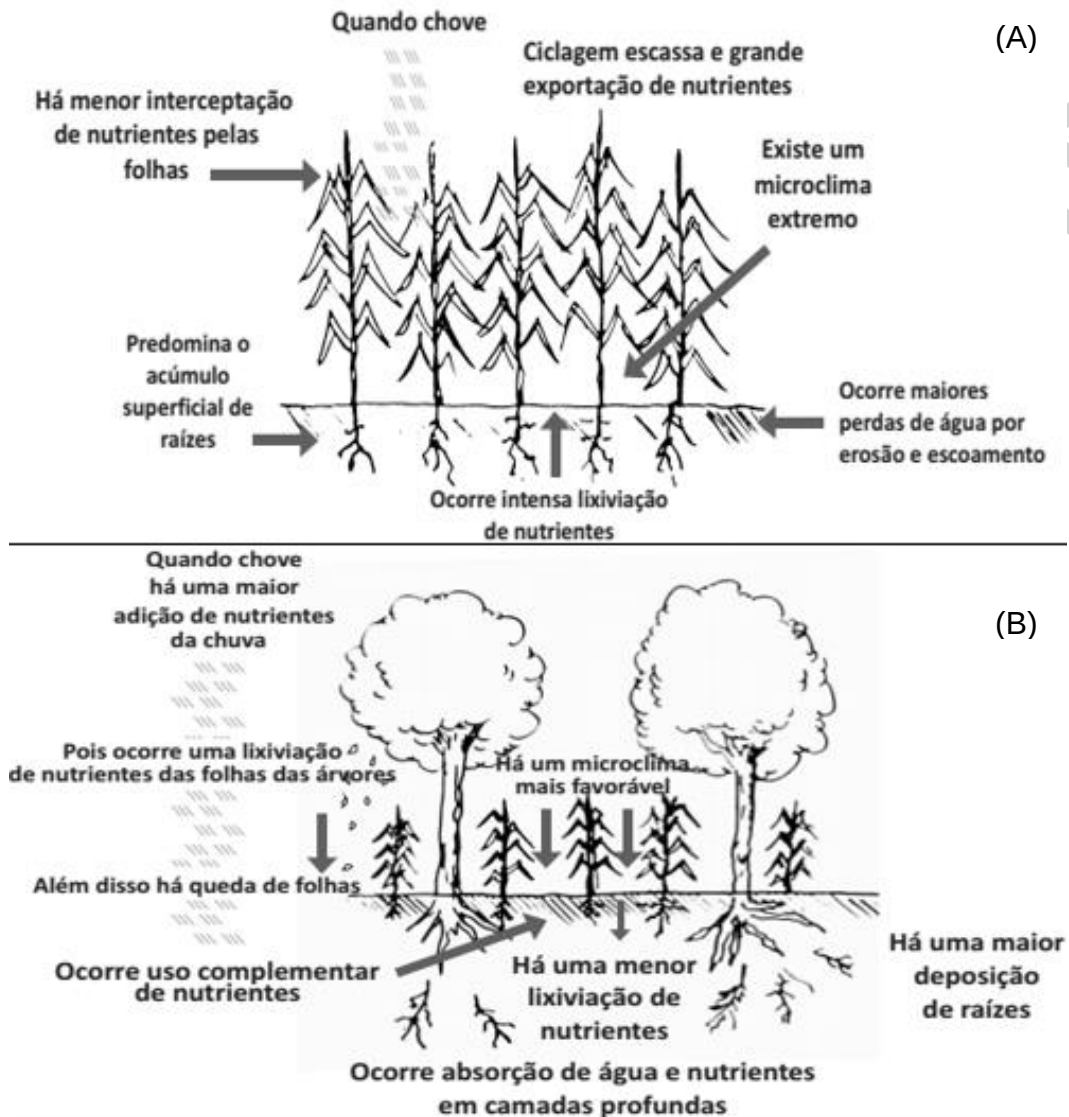
produção englobam inúmeros aspectos que abrangem os três pilares da sustentabilidade, que são os aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Os aspectos ambientais ou biológicos referem-se à otimização na utilização do espaço da propriedade pelo aproveitamento dos diferentes estratos verticais (vegetação rasteira, arbustos, árvores altas), resultando em maior produção de biomassa (quantidade de matéria orgânica gerada pelas plantas); ao melhoramento das características químicas, físicas e biológicas do solo, devido à decomposição e incorporação da matéria orgânica e penetração das raízes das árvores no solo; à produção total obtida de uma mistura de árvores e culturas agrícolas ou criações de animais, que é frequentemente maior que a produzida nas monoculturas; à maior facilidade em se adaptar a um manejo agroecológico, na medida em que a diversidade de possíveis ataques de pragas e doenças são distribuídas entre várias espécies de plantas, diminuindo os danos à cultura de maior valor comercial.

Já os aspectos econômicos e sociais dizem respeito a uma maior variedade de produtos e/ou serviços da mesma área de terra (alimentos, lenha, adubo verde, plantas medicinais e ornamentais, sombra, quebra-ventos e embelezamento da paisagem); à distribuição mais uniforme do serviço e da receita gerada, devido a um trabalho contínuo e à obtenção de diversas colheitas; à diversidade de produtos colhidos, que reduz dois tipos de risco: o de impacto econômico derivado da flutuação de preços no mercado e o de perda total da colheita, quando se tem apenas uma cultura.

A grande importância das espécies florestais está relacionada ao aporte de material orgânico e à decomposição de raízes, as quais podem fornecer nutrientes, como é o caso do nitrogênio pelas espécies leguminosas, para o aumento da produtividade de culturas agrícolas. Com isso, a prática de cultivo agrícola em associação a essas espécies poderá trazer retorno socioambiental satisfatório, devido ao aumento da produtividade agrícola, através da disponibilidade de nutrientes oferecidos pela leguminosa, pela decomposição da manta florestal e de raízes mortas, acarretando a diminuição da utilização de fertilizantes químicos na agricultura (Figura 33).

Figura 33 - Representação dos processos que ocorrem em um sistema agrícola (A) e em um sistema agroflorestal (B)



Fonte: (MEDEIROS; MARIN, 2014).

Considerando um SAF constituído com os três componentes (agrícola, pecuária e florestal), Neto et al. (2015) destacaram diversos pontos de complementação entre essas atividades, dentre os quais podemos mencionar:

- Componente agrícola: a utilização do componente lavoura nos SAF's pode ser transitória, uma vez que, dependendo da densidade e do arranjo espacial das árvores, a partir do segundo ano, o sombreamento do componente florestal interfere na produtividade; no entanto, a utilização de

arranjos mais amplos ou o uso de espécies florestais com copas que permitam a transmissão de luz para o sub-bosque e o uso da desrama ou desbaste ao longo do seu ciclo podem viabilizar a utilização da lavoura anual por mais tempo no sistema.

- Componente pecuária: as forrageiras perenes atualmente utilizadas em pastejo no Brasil (*Brachiaria* e *Panicum*), desde que o sombreamento não seja muito intenso, são capazes de manter as mesmas produtividades em relação a seus monocultivos. Nos SAF's, as forrageiras, além de garantirem a alimentação animal, atuam como: recicladoras de nutrientes após a cultura anual; na estruturação física e aporte de matéria orgânica ao solo; na produção de palhada para o plantio direto com qualidade na safra seguinte; podem contribuir no manejo de plantas daninhas e doenças, preservando a produtividade da cultura anual e reduzindo custos de produção; e geram receitas mensais ou anuais até a maturação do componente florestal.
- Componente florestal: a árvore, além de contribuir com a geração de renda significativa a longo prazo, pode contribuir para o sistema com a reciclagem de nutrientes que se encontram em maiores profundidades e não acessíveis pelas culturas anuais. Também atua como quebra-vento, criando um microclima favorável à manutenção da maior umidade na área, beneficiando a pastagem em períodos de seca e melhorando o conforto e o desempenho animal.

No Brasil, muitos produtores rurais descartam o plantio de árvores em sua propriedade, pelo fato de elas ocuparem áreas destinadas à agricultura ou à pecuária. Entretanto, os SAFs constituem uma excelente opção para reverter tal situação, visto que esses sistemas apresentam várias vantagens frente aos sistemas monoculturais, tais como utilização mais eficiente do espaço, redução efetiva da erosão, sustentabilidade da produção e estímulo à economia de produção.

3.6 LIMITAÇÕES DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS

As principais limitações dos sistemas agroflorestais, conforme Nardele e Conde (s.d.), são:

a) O manejo é um pouco mais complicado:

- Os conhecimentos dos agricultores e técnicos sobre os SAF's ainda é muito limitado;
- Pouco conhecimento sobre alelopatias;
- Espaçamento deve ser decidido para cada espécie;
- Utilização de espécies que podem ser novas para os agricultores;
- Requer maior capacidade de observação e maiores conhecimentos;
- Os efeitos benéficos dos SAF's dependem da qualidade e periodicidade do manejo;

b) Desvantagens econômicas.

- O custo inicial para a implantação da área pode ser mais elevado;
- O retorno do capital pode ser mais lento;
- O manejo incorreto pode diminuir o rendimento dos cultivos agrícolas;
- Atualmente, os produtos gerados pelos SAF's têm mercados limitados (necessidade de organização em associações e cooperativas);

c) Outras

- Aumenta a competição por luz, água e nutrientes (exigindo um planejamento adequado);
- Dependendo do arranjo do SAF, o sistema pode apresentar difícil mecanização com as máquinas atuais;
- Ausência de pesquisas para os cultivos consorciados que comprovem o rendimento dos sistemas em diferentes locais e em diferentes condições, e que transmitam uma caracterização do manejo adequado desses sistemas.

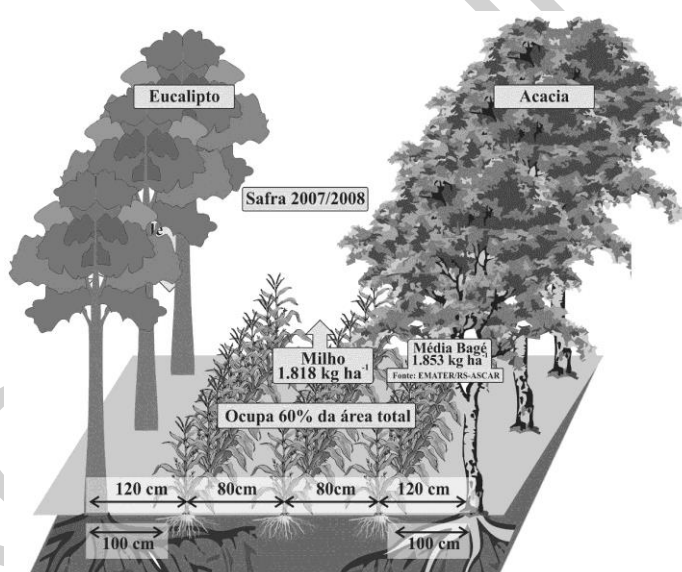
3.7 PRODUTIVIDADE DE ALGUNS SAF'S

Em um consórcio de *Gliricidia sepium* (leguminosa arbórea) com milho, no Agreste Paraibano, Marin, Menezes e Sampaio (2006) avaliaram a produtividade do milho levando em consideração a distância das árvores, encontrando maior produção de grãos ($0,48 \text{ Mg ha}^{-1}$) na fileira a 1 m de distância, seguida pela fileira a 3 m ($0,40 \text{ Mg ha}^{-1}$) e a 2 m ($0,34 \text{ Mg ha}^{-1}$). Segundo os autores, a fileira mais

próxima das árvores poderia ter usufruído a adubação das mesmas, aumentando assim sua produtividade.

Estudo realizado por Viera (2010), conforme Figura 34, na região de Bagé-RS, em consórcio de: - eucalipto + milho; - acácia-negra + milho; – eucalipto + acácia-negra + milho verificou-se boa produtividade em sistema agrossilvicultural em relação ao monocultivo de milho. Durante a safra 2007/2008, a produtividade média para a região foi de 1.853 kg ha⁻¹ (EMATER/RS-ASCAR, 2008); já nos consórcios, a produção de grãos chegou a uma média de 1.818 kg ha⁻¹. Tendo em vista que a área ocupada no sistema agrossilvicultural pelo milho, no referido estudo, chegava a 60% do total, pode-se considerar que a produção foi satisfatória.

Figura 34 - Esquema demonstrativo da produtividade de um sistema agrossilvicultural aos seis meses de idade no município de Bagé, Rio Grande do Sul.



Fonte: Viera (2010) adaptado por Schumacher et al. (2015).

Oliveira et al. (2009), em área de cerrado no noroeste de Minas Gerais, estudando 11 arranjos estruturais de sistemas agrossilvipastoris, compostos por um clone de *Eucalyptus camaldulensis* com *Eucalyptus urophylla*, selecionados para a produção de madeira para serraria, consorciados com arroz no primeiro ano, soja no segundo e *Brachiaria brizantha* nos anos seguintes, observou, aos 51 meses de idade, o desempenho produtivo do eucalipto que é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Desempenho produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistemas agrossilvipastoril ou ILPF

Arranjos espaciais (m)	Área útil planta ⁻¹ (m ²)	Nº árv. ha ⁻¹	DAP (cm)	H (m)	Vol. árv. ⁻¹ (m ³ árv. ⁻¹)	Vol. ha ⁻¹ (m ³ ha ⁻¹)	IMA ha ⁻¹ (m ³ ha ⁻¹)
3,33 x 2	6,66	1.500	11,83 k	19,27 d	0,0847 h	127,17 a	29,92 a
3,22 x 3	9,99	1.000	14,00 i	20,59 c	0,1271 g	127,16 a	29,92 a
5 x 2	10,00	1.000	13,58 j	20,93 c	0,1218 g	121,82 a	28,66 b
10 x 2	20,00	500	16,95 f	21,45 b	0,1946 d	97,34 b	22,90 c
10 x 3	30,00	333	20,20 b	22,44 a	0,2875 a	95,76 b	22,53 c
10 x 4	40,00	250	20,74 a	21,45 b	0,2913 a	72,84 e	17,14 f
(3x4)+7	20,00	500	16,50 g	21,35 b	0,1827 e	91,35 c	21,49 d
(3x3)+10	19,50	512	15,99 h	20,29 c	0,1638 f	83,87 d	19,73 e
(3x4)+10	26,00	385	17,47 e	20,48 c	0,1969 d	75,82 e	17,84 f
(3x3)+15	27,00	370	18,77 d	22,06 a	0,2444 c	90,43 c	21,28 d
(3x3)+7+10	20/34/26	375	19,19 c	22,54 q	0,2618b	98,18 b	23,10 c

Fonte: (OLIVEIRA et al., 2009).

Com o estudo acima supracitado, constatou-se a influência da área útil por planta, expressa pelos diferentes arranjos, no crescimento em diâmetro. Enquanto a produtividade individual por árvore foi superior nos arranjos com espaçamentos mais amplos, a maior produtividade por hectare ocorreu nos arranjos com maior número de árvores. Esses mesmos autores ressaltaram que, com o equilíbrio produtivo entre os povoamentos florestais em diferentes arranjos, com o passar do tempo, há possibilidade dos arranjos com espaços maiores entre plantas e entrelinhas superarem o volume de madeira por hectare de plantios mais adensados, com a vantagem de utilização da madeira para finalidades economicamente mais atrativas, haja vista as dimensões diferenciadas do fuste e da árvore em arranjos mais amplos (DAP > 20 cm aos 4 anos neste estudo).

Em estudo realizado com diferentes densidades de plantio em sistemas silvipastoril, no município de Alegrete/RS, com a utilização de *Eucalyptus dunnii* e *Pinus elliottii*, aos cinco anos de idade, Varella et al. (2012) observaram que o sistema silvipastoril com 1.000 plantas ha⁻¹, composto por linhas triplas (3 m × 1,5 m) × 14 m (largura do corredor para a pastagem), apresentou uma disponibilidade de

radiação média de 30% sob eucalipto e de 65% em pinus, em relação ao pleno sol. Já nos sistemas com 500 plantas ha^{-1} formados por linhas triplas de (3 m $\times$ 1,5 m) $\times$ 34 m (corredor para a pastagem), a disponibilidade de radiação média na entrelinha foi de aproximadamente 65% sob eucalipto e de 90% para pinus, em relação ao pleno sol.

Com isso, esses autores também observaram que a presença da vegetação nativa nas entrelinhas foi crescente à medida que o ambiente luminoso ficou favorável às condições de fotossíntese (Figura 35).

Figura 35 - Diferença na incidência de radiação solar no sub-bosque com *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* (ao fundo), em sistemas silvipastoris conduzidos no município de Alegrete, RS (cinco anos de idade)



Fonte: Jorge Ribaski – Embrapa Florestas (NETO et al., 2015).

Dessa forma, a densidade de árvores que mais favoreceu o crescimento da pastagem nas entrelinhas foi de 500 árv. ha^{-1} , demonstrando assim, no que se refere ao sistema silvipastoril, que esses arranjo e densidade parecem ser mais adequados e capazes de permitir uma integração floresta-pecuária por um maior período de tempo. Desta maneira, o produto florestal resultante de sistemas com baixa densidade de árvores favorece mais a produção de madeira para fins mais nobres

(serraria, laminação) do que para celulose e energia (lenha).

Castilhos et al. (2009), avaliando o desempenho dos componentes arbóreo e animal em um sistema silvipastoril com acácia-negra e gramíneas perenes de verão, submetidas a diferentes densidades de plantio (1667, 1000, 833 e 500 árv. ha⁻¹), no Rio Grande do Sul, concluíram que as densidades arbóreas entre 1000 e 833 árv. ha⁻¹ apresentam-se como melhores alternativas de produção viável para os produtores rurais. Os autores também constataram que o desbaste sistemático, realizado aos cinco anos de idade, além de garantir a persistência das espécies forrageiras até o corte final das árvores, é uma alternativa para antecipação de receita. Ou seja, o produtor pode implantar o sistema com uma densidade arbórea maior, realizar o desbaste e obter renda intermediária com a comercialização da madeira (e casca no caso da acácia), além do produto animal.

Com isso, a produção integrada de espécies florestais com cultivos agrícolas e/ou pecuária se torna uma alternativa potencial para regiões formadas essencialmente por pequenas propriedades rurais. Essa integração proporciona diversificação na produção e maiores níveis de produtividade, fornecendo renda aos produtores rurais durante os primeiros anos da implantação dos povoamentos florestais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A percepção pela comunidade da importância da diversificação da produção rural como forma de manutenção da produtividade em suas propriedades rurais se torna de fundamental importância, pois os sistemas agroflorestais possibilitam uma alternativa de desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, torna-se necessária a formação de conhecimentos nessa área estratégica, desenvolvendo e aprimorando as bases técnico-científicas e a transposição desse conhecimento para a comunidade em geral, enfocando principalmente o pequeno produtor rural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL AFAS, N. et al. Growth and production of a short-rotation coppice culture of poplar-IV: fine root characteristics of five poplar clones. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 32, n. 6, p. 494–502, june 2008.
- ANDRADE, G. C. Árvore do conhecimento: eucalipto: água. In: **AGÊNCIA Embrapa de informação tecnológica**. Brasília, DF: Embrapa, [s.d.]. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/arvore/CONTAG01_63_2572006132316.html>. Acesso em: 01 set. 2016.
- AUER, C. G.; SILVA, R. Fixação de nitrogênio em espécies arbóreas. In: CARDOSO, E. J. et al. **Microbiologia do solo**. Campinas: Editora da UNESP, 1992. p.160–167.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. (Eds.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130 p.
- BARICHELO, L. R. **Quantificação da biomassa e dos nutrientes em floresta de *Acacia mearnsii* De Wild. na região sul do Brasil**. 2003. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2003.
- BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Nutrição e adubação mineral do Eucalipto. In: VALE, A. B. et al. **Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa: UFV, 2014. p.187-207.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. 330 p.
- BEHLING, M. **Nutrição, partição de biomassa e crescimento de povoamentos de teca em Tangará da Serra-MT**. 2009. 156 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- BELLOTTE, A. F. J. et al. Extração e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* hill ex-maiden em função da idade: 1 – macronutrientes. **IPEF**, Piracicaba, n. 20, p.1-23, jun.1980.
- BELLOTTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. Nutrição, adubação e calagem para *Eucalyptus*. In: FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. **Formação de povoamentos florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 55-65.
- BERGER, G. **Biomassa e nutrientes em plantios de Erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. –Hil) no município de Nova Prata – RS**. 2006. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.
- BERNARDO, A. L. et al. Effect of spacing on growth and biomass distribution in

Eucalyptus camaldulensis, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 104, p. 1–13, 1998.

BIZON, J. M. C. **Avaliação da sustentabilidade nutricional de plantios de *Pinus taeda* L. usando um balanço de entrada-saída de nutrientes**. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luíz e Queiroz, São Paulo, SP, 2005.

BRASIL. LEI No 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 196. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Legislativo, Brasília, DF, 28 de Mai. 2012, seção 1, parágrafo único.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Determinação e identificação dos teores de macronutrientes nas espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista Montana/ General Carneiro, Paraná. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 3, n. 2, p. 211-239, 2007.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Estimativa do conteúdo de nutrientes em um povoamento jovem de *Acacia mearnsii* De Wild. estabelecido na região sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 29, n.1/2, p. 53-65, 1999.

CALIL, F. N. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em um sistema silvipastoril com *Acacia mearnsii* De Wild., no município de Tupanciretã, RS**. 2003. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2003.

CANTARELI, E. B. **Efeito de cobertura e períodos de manejo de plantas daninhas no desenvolvimento inicial de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribea* var. *hondurensis* em várzeas**. 2002. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

CARVALHO, J. E. U. Utilização de espécies frutíferas em sistemas agroflorestais na Amazônia: capital social na concepção de políticas públicas: a importância socioeconômica e ecológica dos sistemas agroflorestais frente aos mecanismos de desenvolvimento. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. et al. (Org.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: Editora da Universidade, UENF, 2006. p. 169-176.

CASTILHOS, Z. M. de S. et al. Produção Arbórea e Animal em Sistema Silvicultura com Acácia-negra (*Acacia mearnsii*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 39-48, dez. 2009. (Edição Especial).

CASTRO, C. F. A.; POGGIANI, F.; NICOLIELO, N. Distribuição da fitomassa e nutrientes em talhões de *Pinus oocarpa* com diferentes idades. **IPEF**, Piracicaba, n. 20, p. 61-74, jun.1980.

CQFS - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre/RS, SBCS, 2004. 400 p.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. et al. (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654 p.

COSTA, L. M. Manejo de solos em áreas reflorestadas. In: BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de. **Relações Solo–Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 237-64.

COUTO, L.; BRANDI, R. M.; CONDÊ, A. R., Influência do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 1, n. 2, p. 57-71, 1977.

CURI, N. **Principais solos da paisagem**. Comunicação pessoal, 2008. Departamento de Ciências Florestais, curso de Engenharia Florestal, UFSM.

DANIEL, O. **Silvicultura**. Dourados: UFMS, 2006. 191p.

DICK, G. et al. Produção de raízes finas em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden em área do bioma Pampa. Informe técnico n.58, Centro de Ciências Rurais, UFSM, 2016.

DICK, G. et al. Quantificação da biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden estabelecido no bioma Pampa. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v.1. p 1-9; 2016.

DRUMOND, M. A. **Alterações fitossociológicas e edáficas decorrentes de modificações da cobertura vegetal na Mata Atlântica, região do Médio Rio Doce, MG**. 1996. 73 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)—Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

EMATER-RS/ASCAR. **Panorama do milho gaúcho**: safra 2007/2008. Disponível em: http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/conjuntural/conj_08052008.pdf. Acesso em: 20 set. 2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. Londrina, PR: Editora Planta, 2006.

FAHEY, T. J.; HUGHES, J. W. Fine root dynamics in a northern hardwood forest ecosystem. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 82, n. 3, p. 533-548, June 1994.

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. Nutrição, adubação e calagem para *Eucalyptus*. In: FERREIRA, C. A.; SILVA, H.D. **Formação de povoamentos florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 39-41.

FREITAS, R. A. **Estudo da biomassa e do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden plantado em solo sujeito a arenização, no município de Alegrete- RS**. 2000. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

GATTO, A. et al. Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um plantio de *Eucalyptus* sp. no Distrito Federal. **R. Bras. Ciência do Solo**, v. 38, p. 879-887, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v38n3/19.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

GAVA, J. L. Cultivo Mínimo de Solos com textura Arenosa e Média em Áreas Planas e Suave-onduladas. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAP, J. L. **Conservação e Cultivo de Solos para Plantações Florestais**. IPEF, Piracicaba, SP, 2002. 225 p.

GONÇALVES, J. L. M. Principais solos usados para plantações florestais. In: GONÇALVES, J. L. M. e STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPFE, 2002, p.1-45.

GONÇALVES, J. L. M. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M & BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.

HOPPE, J. M. **Biomassa e nutrientes em *Platanus x acerifolia* (Ailton) Willd. Estabelecido no município de Dom Feliciano-RS**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2003.

HOPPE, J. M. et al. Crescimento do *Platanus x acerifolia* em diferentes espaçamentos. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 9., 2003. **Anais...** Nova Prata/RS: Prefeitura Municipal, 2003. 1 CD-ROM.

LA TORRACA, S. M.; HAAG, H. P.; MIGLIORINI, A. J. Recrutamento e exportação de nutrientes por *Pinus elliottii* var. *elliottii* em um latossolo vermelho-escuro na região de Agudos, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 27, p. 41-47, 1984.

LOPES, R. P. et al. Sustentabilidade de uma lavoura cafeeira orgânica manejada sob sistema agroflorestal no Sul de Minas Gerais. In: VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2009, Vitória. **Anais...** Vitória/ES, 2009. Disponível em: <<http://www.sct.embrapa.br/cdagro/tema02/02tema02.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2016.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010. 331 p.

MAGALHÃES, J. G. de S. et al. Análise econômica de sistemas agroflorestais via uso de equações diferenciais. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 73-79, jan./fev. 2014.

MAÊDA, J. M. **Plantio, tratos culturais e culturas intercalares**. Piracicaba: USP, 1982. p. 5-7.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, E. D. S.; SAMPAIO, E. V. S. B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no Agreste Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 555-564, 2006.

MARQUEZ, C. E. C. **Estudo silvicultural e econômico de povoamentos de eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais**. 1997. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

MARTINS, T. P. **Sistemas agroflorestais como alternativa para recomposição e uso sustentável das reservas legais**. 2013. 154 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental)-Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 79-96, jul./set. 2014.

MEDEIROS, S. de S.; MARIN, A. M. P. **Sistemas agroflorestais no semiárido brasileiro**. INSA - Instituto Nacional do Semiárido, 2014. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/images/acervo-colecoes/Sistemas%20Agroflorestais%20no%20Semi%C3%A1rido%20Brasileiro.pdf>. Acesso em: 02 de setembro de 2016.

MIRANDA, G. M. et al. Estimativa do custo de reposição dos nutrientes exportados pela colheita da casca da madeira em povoamento de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 149-154, 2002.

NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems. In: NAIR, P. K. R. **Agroforestry systems in the tropics**. London: Kluwer Academic, 1989. 338 p.

NARDELE, M.; CONDE, I. **Apostila: Sistemas Agroflorestais**. [s.d.]. Disponível em: <<https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/apostila-agroforest.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2016.

NETO, M. M. G. et al. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Minas Gerais. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. (Eds.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Cap. 2, p. 29-43.

OLIVEIRA, T. K. de. et al. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 01-09, Ed. Especial, dez. 2009.

PAULA, R. C. et al. Exportação de nutrientes por famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH. In: IUFRO CONFERENCE on Silviculture and Improvement of Eucalyptus, Salvador, 1997. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA, 1997. v. 1, p. 200 -204.

PRADO, H. **Solos do Brasil:** gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo. 4. ed. Piracicaba: USP, 2005. 281 p.

POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*. Implicações silviculturais.** 1985. 210 f. Tese (Livre-Docente)–Universidade de São Paulo, Escola Superior Luiz de Queiroz, São Paulo, SP, 1985.

POGGIANI, F.; MONTEIRO JUNIOR, E. S. Deposição de folheto e retorno de nutrientes ao solo numa floresta estacional semidecídua, em Piracicaba (Estado de São Paulo). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1992. **Anais...** Campos do Jordão/SP: Campos do Jordão, 1990, p. 596 - 602.

PUPO, J. L. S.; BITTENCOURT FILHO, A. **Manual técnico de plantio de erva mate.** Guarapuava: Centro Agropecuário Municipal, 1983. 10 p.

QUING-CHENG, W. Spatial distribution of fine roots of larch and ash in the mixed plantation stand. **Journal of Forestry Research**, Beijing, v. 13, n. 4, p. 265-268, dec. 2002.

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

RIBEIRO, G. T. **Tratos culturais.** Belo Horizonte: Mannesmann, 1987. 10 p.

RODRIGUES, J. J. V. et al. Efeitos de doses crescentes de Oxyfluorfen no controle de plantas daninhas na cultura de *Eucalyptus*. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTOS. **Anais...** Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: ABRACAVE, 1988. p.1-11. Volume irregular, várias paginações.

RYAN, M. G. et al. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: How water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 1695–1703, 2010.

SAIDELLES, F. L. F. **Determinação da biomassa e altura de amostragem para a quantificação de nutrientes em *Acacia mearnsii* De Wild.** 2005, 97 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Biomassa e conteúdo de

nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 59, p. 155-169, 1999.

SANTANA, R. C.; FONTAN, I. C. I.; OLIVEIRA, S. L. Implantação, manutenção e produtividade dos povoamentos. In: VALE, A. B. et al. **Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa: UFV, 2014. p. 187-207.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (labillardière) sub-espécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 45-53, 2001.

SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. Ciclagem de nutrientes em plantações de eucalipto. In: SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2015. 308 p.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A complexidade dos ecossistemas**. Porto Alegre: Pallotti, 1997, 50p.

SCHUMACHER, M. V., POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* f. Muell, plantados em Anhembí, SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 9-18, 1993.

SCHUMACHER, M. V. et al. **Monitoramento das características físicas e químicas do solo em área de segunda rotação com floresta de *Pinus taeda* L.** UFSM, Departamento de Ciências Florestais, curso de Engenharia Florestal, 2003. 36 p. (Relatório de pesquisa).

SCHUMACHER, M. V. et al. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Hovenia dulcis* thunb., plantado na Fepagro Florestas, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 27-37, 2008.

SCHUMACHER, M.V. et al. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes no corte raso de uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na região de Quedas do Iguaçu – PR.** Santa Maria, RS: UFSM/FATECIENS, Departamento de Ciências Florestais. 2002. 78 p. (Relatório Técnico).

SCHUMACHER, M.V. et al. **Silvicultura aplicada: 2ª edição revisada**. Santa Maria: Editora UFSM, 2015. 183 p. Coleção ciências rurais, n. 14.

SCHNEIDER, P. R. et al. Crescimento de Acácia-negra, *Acacia mearnsii* De Wild em diferentes espaçamentos. **Revista Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, 2000.

SILVA, J. Q. **Sazonalidade da produção e características da borracha natural de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*) em diferentes estádios fenológicos**. 2012. 121 f. Tese (Doutorado em Ciências: Fitotecnia)–Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2012.

SILVA, H. D.; POGGIANI, F.; COELHO, L. C. Biomassa, concentração e conteúdo de nutrientes em cinco espécies de *Eucalyptus* plantadas em solos de baixa fertilidade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 6/7, p. 9-25, Jun./Dez. 1983.

SIMON, A. A. A. Cadeia produtiva da acácia-negra, aspectos econômicos, sociais e ambientais. In: REFLORESTAMENTO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL. Ambiente e tecnologia: o desenvolvimento sustentável em foco, 1., 2005, Lajeado. **Anais...** Lajeado: UNIVATES, 2005. p. 149-166.

STAPE, J. L. **Modelagem ecofisiológica**. Comunicação pessoal. 2006. Departamento de Ciências Florestais, curso de Engenharia Florestal, UFSM.

SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in Loblolly Pine (*Pinus taeda*) plantation ecosystems: The first 20 years. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36, p. 143-147, 1972.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed. 2013.

TOLEDO, R. E. B. **Faixas e períodos de controle de plantas daninhas e seus reflexos no crescimento de eucalipto**. 2002. 130 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2002.

VALERI, S. V.; SOARES, R. V.; MONTEIRO, R. F. R. Exportação de nutrientes de povoamentos de *Pinus taeda* L. desbastados em diferentes idades. **Floresta**, Curitiba, v. 19, n. 1/2, p. 62-68, 1989.

VARELLA, A. C. et al. Estabelecimento de plantas forrageiras em sistemas de integração floresta-pecuária no Sul do Brasil. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. (Eds.). **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. Cap. 15, p. 435-460.

VIÉGAS, I. J. M.; CARVALHO, J. G. **Seringueira: nutrição e adubação no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 284p.

VIERA, M. **Crescimento inicial e produtividade em plantios monoespecíficos e mistos de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agrossilvicultural**. 2010. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

VIEIRA, A. L. M. **Potencial econômico-ecológico de sistemas agroflorestais para conexão de fragmentos da mata atlântica**. 2007. 70 p. Monografia (Curso de Engenharia Florestal)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, Seropédica, RJ, 2007.

WARING, R. H, SCHLESINGER, W. H. **Forests ecosystems**: concepts and management. San Diego: Academic Press, 1985. 340 p.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, Exeter, v. 11, n. 1, p. 41-76, Jan. 1947.

WITSCHORECK, R. **Biomassa e nutrientes no corte raso de um povoamento de *Pinus taeda* L. de 17 anos de idade no município de Cambará do Sul – RS.** 2008. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

ZEN, S.; YONEZAWA, J. T.; FELDEBERG, J. E. Implantação de florestas no sistema de cultivo mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO EM FLORESTAS, 1., Curitiba, 1995. **Anais...** Curitiba, PR, 1995. p. 65-72.