

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ADRIANO REIS PRAZERES MASCARENHAS

**INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL E CARACTERIZAÇÃO
TECNOLÓGICA DA MADEIRA EM SISTEMA AGROFLORESTAL
MULTIESTRATIFICADO**

ROLIM DE MOURA

2015

ADRIANO REIS PRAZERES MASCARENHAS

**INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL E CARACTERIZAÇÃO
TECNOLÓGICA DA MADEIRA EM SISTEMA AGROFLORESTAL
MULTIESTRATIFICADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, sob a orientação da Dra. Marta Silvana Volpato Scotti.

ROLIM DE MOURA

2015

Ficha catalográfica elaborada por:
Nágila Nerval Chaves CRB 6/363

M373i Mascarenhas, Adriano Reis Prazeres-

Indicadores de qualidade ambiental e caracterização tecnológica da madeira em sistema agroflorestal multiestratificado. / Adriano Reis Prazeres Mascarenhas; orientação Marta Silvana Volpato Scoti. – 2016.

80 f.; il.

Dissertação (Mestrado)– Fundação Universidade Federal de Rondônia. Campus de Rolim de Moura. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PGCA), Rolim de Moura, 2016.

1. Agroecologia. 2. Física do solo. 3. Gases do efeito estufa. 4. Sustentabilidade. 5. SAF. 6. Amazônia. 7. Propriedades da madeira. I. Scoti, Marta Silvana Volpato. II. Título.

CDU-631.95

ADRIANO REIS PRAZERES MASCARENHAS

**INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL E CARACTERIZAÇÃO
TECNOLÓGICA DA MADEIRA EM SISTEMA AGROFLORESTAL
MULTIESTRATIFICADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Marta Silvana Volpato Scoti

APROVADA: 30 de novembro de 2015



Prof.^a Dr.^a Marta Silvana Volpato Scoti
Universidade Federal de Rondônia (Orientador)



Pesq. Dr. Fernando Luiz de Oliveira Corrêa
MAPA/CEPLAC (Membro Externo)



Prof. Dr. Rafael Rodolfo de Melo
Universidade Federal de Mato Grosso (Co-Orientador)

Aos meus pais,

Everaldo Nunes Mascarenhas e

Elcemy de Maria Reis Prazeres Mascarenhas

aos meus irmãos,

Matheus Reis Prazeres Mascarenhas

Rafael Reis Prazeres Mascarenhas

à minha namorada

Sabrina Neres Ribeiro

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por todas as bênçãos derramadas sobre mim, as quais me conduziram às oportunidades que surgiram em minha vida.

À toda minha família que me apoia e me incentiva, pois sem ela nada do que se realizou em minha vida seria realidade.

À Sabrina Neres Ribeiro pelo carinho, amor e apoio que recebi durante toda esta caminhada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas no início da jornada no programa de mestrado.

À Universidade Federal de Rondônia Campus Rolim de Moura e pela infraestrutura e recursos humanos disponibilizados para realização das atividades deste trabalho.

À Universidade Federal de Mato Grosso Campus Sinop, por reabrir as portas e oferecer todo apoio necessário na obtenção de dados, uso da infraestrutura, equipamentos e recursos humanos.

À Comissão Executiva para o Planejamento da Lavoura Cacaueira do Estado de Rondônia (CEPLAC-RO), em especial a Estação Experimental de Ouro Preto do Oeste, pela receptividade, parceria e disponibilização de suas áreas experimentais, bem como, o

fornecimento de dados, equipamentos, recursos humanos e material necessário para condução dos trabalhos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Federal de Rondônia, representado pelos professores, funcionários e colegas, agradeço pela oportunidade e auxílio na realização deste trabalho.

À minha orientadora, Professora Dra. Marta Silvana Volpato Scoti, que nunca me deixou desamparado, agindo sempre com transparência nas orientações nos conselhos. Agradeço pela confiança, compreensão e todo apoio que depositou no nosso trabalho e pelas oportunidades que me proporcionou no decorrer deste curso.

Ao Professor Dr. Rafael Rodolfo de Melo, a quem posso chamar de amigo, que sempre me estendeu a mão, agradeço por todo esforço empregado na obtenção do material de pesquisa, pelas orientações e paciência.

Ao pesquisador Dr. Fernando Luiz de Oliveira Corrêa, agradeço imensamente pela amizade, confiança, receptividade, orientação e apoio prestado na elaboração deste trabalho, e ao Dr. Manfred Willy Müller pela permissão da execução da pesquisa.

Ao Professor Dr. Emanuel Fernando Maia pelas orientações e apoio.

À professora Msc. Elaine Cosma Fiorelli pela grande ajuda e paciência na realização das análises para determinação de carbono orgânico do solo.

Ao Departamento de Agronomia da Unir Campus Rolim de Moura pelo apoio, compreensão e liberações periódicas.

Aos colegas de trabalho na Universidade Federal de Rondônia, em especial Reginaldo Almeida Andrade, Ricardo Pereira Sotelli, Marcílio Traba Lemos, Anderson Christian Bergamin, Fábio Régis de Souza e Jairo Rafael Machado Dias, que sempre foram solícitos na execução das atividades relacionadas a elaboração deste trabalho.

Ao acadêmico do curso de Agronomia Jurandyr José Ton Giuriatto Junior pela ajuda prestada nas atividades de campo.

Aos membros da banca avaliadora pela disponibilidade em participar da defesa desta dissertação, correções e sugestões apresentadas.

À todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho foi estruturado em dois capítulos, o primeiro abordando os indicadores de qualidade ambiental, por meio dos atributos físicos do solo e estoque de carbono orgânico do solo, e o segundo caracterizando os aspectos físico-mecânicos da madeira produzida em sistema agroflorestal multiestratificado. O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental da CEPLAC em Ouro Preto do Oeste – RO, em um sistema agroflorestal com 125 x 80 m, com as plantas arranjadas em renques. Para a caracterização dos atributos físicos do solo coletou-se amostras de solo preservadas e não preservadas em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) em ambiente agroflorestal, pastagem, cultivo de cacau sob manejo agroecológico e floresta. Em cada sistema de uso do solo aleatorizou-se cinco unidades amostrais de 20 x 30 m para a coleta das amostras de solo. Para a caracterização físico-mecânica da madeira (densidade aparente, densidade básica, estabilidade dimensional, compressão paralela às fibras e flexão estática) foram retirados corpos de prova da posição 0 a 150 cm do fuste de árvores amostra das espécies freijó (*Cordia goeldiana*), mogno africano (*Khaya senegalensis*), pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*) e teca (*Tectona grandis*), sendo que de cada espécie foram abatidas 3 árvores amostra para retirada do material. Os resultados revelaram que o sistema agroflorestal multiestratificado apresentou-se com menor eficiência no que diz respeito às condições físicas do solo, pois a densidade, em ambas profundidades, apresentou valores inferiores aos observados na pastagem, no cultivo de cacau e na floresta e a macroporosidade não diferiu entre os ambientes. Os estoques de COS foram influenciados pelos diferentes usos, destacando-se que o SAF não atendeu ao que se espera para esse atributo. Em relação a qualidade da madeira, os SAFs não comprometem a qualidade da madeira produzida, entretanto no cultivo de espécies florestais para fins madeireiros o planejamento de implantação e a execução de tratamentos culturais são fundamentais para a obtenção de resultados mais satisfatórios. De modo geral, os SAFs embora tenham um engajamento sustentável, ainda necessitam de pesquisas no que diz respeito aos arranjos espaciais e manejo do solo e adaptação, pois nem sempre atenderão aspectos relacionados ao manejo e conservação dos solos, estocagem de carbono e produção agrícola e florestal adequada aos ambientes que são implantados.

Palavras-chave: Sustentabilidade. SAFs. Amazônia. Qualidade do solo. Estoque de carbono. Tecnologia da Madeira.

ABSTRACT

This study was structured in two chapters, the first one addressing the environmental quality indicators through the physical attributes of the soil and the stock of soil organic carbon, and the second one characterizing the physical and mechanical aspects of the wood produced in a multistratified agroforestry system. The study was performed at the CEPLAC Experimental Station in Ouro Preto do Oeste, Rondônia, in an agroforestry system with 125 x 80 m, with plants arranged in ranks. In order to characterize the physical soil properties, soil samples preserved and unpreserved were collected at two depths (0-20 cm and 20-40 cm) in agroforestry environment, pasture, cocoa cultivation under agroecological and forest management. In each system of soil use randomized five sample units of 20 x 30 m for the collection of soil samples. For physical-mechanical characterization of wood (density, specific gravity, dimensional stability, compression parallel to the fibers and bending) specimens were taken from the position 0 to 150 cm from the bole of trees freijó species (*Cordia goeldiana*), mahogany african (*Khaya senegalensis*), cuiabano pine (*Schizolobium amazonicum*) and teak (*Tectona grandis*), and of each species were felled three trees for sample removal. The results showed that the multistratified agroforestry system presented with lower efficiency in regard to the physical conditions of the soil, because the density in both depths presented lower than those observed in the pasture, the cocoa crop and forest and macroporosity did not differ between environments. The COS stocks were influenced by different uses, emphasizing that the SAF did not respond to what is expected for this attribute. Regarding the quality of the wood, the SAF do not compromise the quality of the wood produced, but in the cultivation of forest species for logging purposes the deployment planning and the execution of cultural practices are fundamental to obtain more satisfactory results. Overall, the SAF although sustained engagement, still require researches in regard the spatial arrangements and soil management and adaptation, because those not always meet the aspects related to the management and soil conservation, carbon storage and crop production and adequate forest to environments that are deployed.

Keywords: Sustainability. SAFs. Amazon. Soil Quality. Carbon Stock. Wood Technology

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ensaio de flexão estática e posicionamento do corpo-de-prova no equipamento. .	23
Figura 2 – Ensaio de compressão paralela às fibras e posicionamento do corpo-de-prova no equipamento.	24
Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo no município de Ouro Preto do Oeste – RO.....	29
Figura 4 – Representação do sistema agroflorestal multiestratificado com espécies frutíferas e florestais na CEPLAC em Ouro Preto do Oeste – RO.....	31
Figura 5 – Classificação dos solos existentes na região de Ouro Preto do Oeste – RO.	32
Figura 6 – Enquadramento climático da região de Ouro Preto do Oeste – RO, conforme a classificação de Köppen-Geiger.	33
Figura 7 – Dados meteorológicos na região de Ouro Preto do Oeste no período de 2014-2015. A – Precipitação acumulada mensal; B – Temperatura média mensal e Umidade relativa média mensal coletados na Estação Meteorológica da Estação Experimental da CEPLAC, 2015, Ouro Preto do Oeste – RO.....	34
Figura 8 – Fitogeografia na região de Ouro Preto do Oeste – RO.	35
Figura 9 – Localização dos tratamentos considerados na estação experimental da CEPLAC em Ouro Preto do Oeste – RO.....	40
Figura 10 – Aspecto de cada ambiente considerado para o desenvolvimento do trabalho na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO. A – Floresta nativa (FLN); B – Cacau sob cultivo orgânico (CAG); C – Pastagem (PBR); D – Sistema agroflorestal multiestratificado (SAF).....	41
Figura 11 – Representação das dimensões de cada tratamento (SAF; CAG; PBR e FLN) e do esquema das unidades amostrais para coleta de solos na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.	42
Figura 12 – Processo de coleta de amostras de solo indeformadas na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO. A – Escavação da trincheira; B – Medição da profundidade desejada para coleta; C – Trincheira pronta; D – Processo de coleta; E – Amostra recém retirada; F – Toailete das amostras.....	43
Figura 13 – Titulação das amostras com sulfato ferroso amoniacal para determinação do teor de COS.	45
Figura 14 – Retirada das amostras de madeira para os testes físicos-mecânicos em sistema agroflorestal na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO. Abate da árvore para	

- retirada da tora (A), medição do ponto de seccionamento da tora a 150 cm da base do fuste (B) e retirada da tora (C)..... 55
- Figura 16 – Esquema de obtenção dos corpos-de-prova para caracterização físico-mecânica das madeiras das espécies freijó (*Cordia goeldiana*), pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*), teca (*Tectona grandis*) e mogno africano (*Khaya senegalensis*) em sistema agroflorestal multiestratificado na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO. Sendo: A – árvore escolhida aleatoriamente; B – posição para retirada da tora de 150 cm; C – Bloco de madeira obtido após o processamento da tora; D – Dimensões dos corpos-de-prova utilizados para os testes..... 57
- Figura 17 – Medição das dimensões dos corpos-de-prova para obtenção da densidade básica e aparente (A) e representação dos sentidos: 1– longitudinal; 2 – radial e 3 – tangencial, para contração determinação das contrações linear e volumétrica (B). 58
- Figura 18 – Máquina universal de ensaios utilizados para os testes mecânicos (A), painel de controle dos ensaios (B), corpo-de-prova submetido ao ensaio de compressão paralela às fibras (C) corpo-de-prova submetido ao ensaio de flexão estática (D) realizados na Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop – MT. 60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição, espaçamento e idade das espécies encontradas no sistema agroflorestal multiestratificado em estudo na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.....	30
Tabela 2 – Valores médios das características químicas e de textura em Argissolo Vermelho – Amarelo Eutrófico em duas profundidades na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.....	32
Tabela 3 – Características físicas e químicas do solo para os diferentes sistemas de uso do solo na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.....	40
Tabela 4 – Características físicas em Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico sob diferentes sistemas de uso do solo em duas profundidades na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.....	46
Tabela 5 – Teores de carbono orgânico do solo (COS) em diferentes sistemas de uso do solo e em duas profundidades na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.....	49
Tabela 6 – Estoques de carbono orgânico do solo (COS) em diferentes sistemas de uso do solo em diferentes profundidades na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.....	50
Tabela 7 – Caracterização dos corpos-de-prova utilizados para os ensaios mecânicos das espécies freijó (<i>Cordia goeldiana</i>), mogno africano (<i>Khaya senegalensis</i>), pinho cuiabano (<i>Schizolobium amazonicum</i>) e teca (<i>Tectona grandis</i>) obtidos em sistema agroflorestal multiestratificado na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.....	59
Tabela 8 – Características físicas das madeiras das espécies mogno africano (<i>Khaya senegalensis</i>), teca (<i>Tectona grandis</i>), freijó (<i>Cordia goeldiana</i>) e pinho cuiabano (<i>Schizolobium amazonicum</i>) em sistema agroflorestal multiestratificado na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.....	61
Tabela 9 – Valores para Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE), nos ensaios de flexão estática para as madeiras das espécies freijó (<i>Cordia goeldiana</i>), teca (<i>Tectona grandis</i>), pinho cuiabano (<i>Schizolobium amazonicum</i>) e mogno africano (<i>Khaya senegalensis</i>) em sistema agroflorestal multiestratificado na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.....	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Sistemas agroflorestais (SAFs).....	16
2.1.1 Sistema agroflorestal multiestratificado.....	18
2.2 Atributos físicos do solo como indicadores de qualidade ambiental.....	18
2.3 Estoque de carbono orgânico do solo (COS) como indicador de qualidade ambiental.....	19
2.4 Caracterização tecnológica da madeira.....	20
2.5 Ensaio físicos	21
2.5.1 Densidade básica da madeira.....	21
2.5.2 Densidade aparente da madeira.....	22
2.5.3 Estabilidade dimensional da madeira.....	22
2.6 Ensaio mecânicos	23
2.6.1 Resistência à flexão estática.....	23
2.6.2 Compressão paralela às fibras.....	24
2.7 Considerações sobre as espécies florestais.....	25
2.7.1 Freijó (<i>Cordia goeldiana</i> Huber).....	25
2.7.2 Mogno africano (<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A.Juss.).....	26
2.7.3 Pinho cuiabano (<i>Schizolobium amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby).....	27
2.7.4 Teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.).....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Caracterização do ambiente de estudo	29
3.1.1 Localização.....	29
3.1.2 Características do sistema agroflorestal.....	29
3.1.3 Solo e relevo	31
3.1.4 Clima.....	33
3.1.5 Vegetação.....	34
3.2 Estrutura da dissertação	35
4 ATRIBUTOS FÍSICOS E ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL MULTIESTRATIFICADO.....	36
RESUMO	36
ABSTRACT	37

4.1	Introdução.....	38
4.2	Material e métodos	39
	<i>4.2.1 Escolha e caracterização das áreas de estudo</i>	<i>39</i>
	<i>4.2.2 Amostragem e coleta do solo</i>	<i>42</i>
	<i>4.2.3 Determinação do teor de carbono orgânico total do solo (COS)</i>	<i>44</i>
	<i>4.2.4 Cálculo do estoque de carbono total do solo (COS).....</i>	<i>45</i>
	<i>4.2.5 Análise estatística</i>	<i>45</i>
4.3	Resultados e discussão	46
	<i>4.3.1 Atributos físicos do solo.....</i>	<i>46</i>
	<i>4.3.2 Teor e estoque de carbono orgânico total do solo (COS).....</i>	<i>49</i>
4.4	Conclusões.....	51
5	CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA EM SISTEMA AGROFLORESTAL MULTISTRATIFICADO	52
	RESUMO	52
	ABSTRACT	53
5.1	Introdução	54
5.2	Material e métodos.....	55
	<i>5.2.1 Localização e caracterização da área de estudo</i>	<i>55</i>
	<i>5.2.2 Seleção e coleta das amostras.....</i>	<i>55</i>
	<i>5.2.3 Retirada dos corpos-de-prova para a caracterização tecnológica da madeira... 55</i>	
	<i>5.2.3.1 Caracterização das propriedades físicas da madeira</i>	<i>57</i>
	<i>5.2.3.2 Caracterização das propriedades mecânicas da madeira</i>	<i>59</i>
	<i>5.2.4 Avaliação dos resultados</i>	<i>61</i>
5.3	Resultados e discussão	61
	<i>5.3.1 Caracterização das propriedades físicas da madeira.....</i>	<i>61</i>
	<i>5.3.2 Caracterização das propriedades mecânicas da madeira</i>	<i>65</i>
6	CONCLUSÕES GERAIS	68
	REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Amazônia Legal, composta pelos estados Acre, Amapá, Amazonas, Goiás, Pará, Mato Grosso, Maranhão, Rondônia, Roraima e Tocantins desperta olhares de admiração em escala mundial. Este fato é constatado ao observar-se suas particularidades como a extensão territorial superior a 5 milhões de quilômetros quadrados (59% da área total do país) e, principalmente, por concentrar 67% das florestas tropicais do planeta (INSTITUTO..., 2012), as quais abrigam rica e exuberante biodiversidade (PROGRAMA..., 2012; BRASIL, 2012a).

Sendo assim, por analogia, pode-se dizer que por trás de toda essa admiração existem também inúmeras e frequentes discussões referentes a região em diversos âmbitos dentre os quais, certamente, credita-se maior destaque àqueles que tratam da degradação ambiental e esgotamento dos recursos naturais ao longo dos anos.

Durante o período mais intenso de colonização dessa região, entre as décadas de 70 e 80 (KOHLHEPP, 2002), grupos ambientalistas e organizações não governamentais, de acordo com Bentes (2005), esboçavam grande preocupação quanto ao modelo de gestão territorial e socioambiental que, notavelmente, estenderam-se aos dias atuais. Neste modelo o governo fomentava a devastação orquestrada pela agricultura, pecuária, exploração madeireira e mineração (KOHLHEPP, 2002).

Essas atividades, contribuíram fortemente na supressão de mais de 76 milhões de hectares da cobertura florestal original da Amazônia Legal (BARRETO; ARAUJO, 2012; INSTITUTO..., 2015), tendo como consequência a perda da renda e do potencial dos serviços ambientais (FEARNSIDE, 1999).

Por consequência houve considerável aumento das pressões de entidades nacionais e internacionais sobre o governo brasileiro, principalmente após a Eco 92, conforme Novaes (1992), e recentemente com a Rio +20, que impulsionou ações que considerassem a adoção de medidas estratégicas no que tange ao meio ambiente, principalmente na gestão da região amazônica.

Essas medidas, basicamente, consistiram na criação de novas unidades de conservação, que ocupam mais de 40% do território da Amazônia (PEREIRA et al., 2010), mediante a Lei nº 9.985 que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000); intensificação da fiscalização ambiental através da aplicação de penas, com o advento da Lei de crimes ambientais (Lei nº 9.605) juntamente ao monitoramento por satélite e novas

regras para o licenciamento agropecuário com leis ambientais mais consistentes, decorrente da reformulação do código florestal brasileiro com a Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012b).

No entanto, decisões meramente políticas não resolveram por completo as questões ambientais na região, pois os reflexos do passado promoveram além da degradação dos recursos naturais, conflitos de terra e áreas degradadas com baixíssima produtividade (SILVA et al., 2008), diante deste cenário, faz-se necessário o fomento da pesquisa e desenvolvimento dos processos de produção agropecuário e extensão rural, já que a economia da região se baseia no agronegócio, destacando-se grande participação da agricultura familiar (INSTITUTO BRASILEIRO..., 2006).

Porém, em detrimento dos inúmeros problemas existentes, o governo federal incentivou práticas sustentáveis na atividade agropecuária, por meio da implantação de agroecossistemas alternativos aos convencionalmente praticados.

Para que fosse possível prosseguir com essa proposta, o governo brasileiro instrumentalizou-se com o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC) estruturado em sete programas que são: Recuperação de Pastagens Degradadas; integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) e de sistemas agroflorestais (SAFs); sistema plantio direto (SPD); Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN); florestas plantadas; tratamento de dejetos animais; e adaptação às mudanças climáticas (BRASIL, 2012a).

Nesse programa, dentre as ações executadas destaca-se a proposta de reduzir-se 22,5% do total de emissões de carbono equivalente (CO₂ eq) até 2020 pelo setor agropecuário, bem como, ampliação da área de sistemas agroflorestais (SAFs) em 2,76 milhões de hectares pela agricultura familiar.

Nesse contexto, o estado de Rondônia apresenta grande potencial diante do pacote de ações do plano ABC, já que entre os estados da Amazônia legal é um dos que apresenta, proporcionalmente, as maiores taxas de supressão florestal com 24% de seu território desmatado (INSTITUTO..., 2015), além disso detém 86% dos imóveis rurais do Estado estabelecidos na modalidade de agricultura familiar (INSTITUTO BRASILEIRO..., 2006) e possui economia ocupada por parcela considerável do setor agropecuário com 20,5% do PIB estadual (RONDÔNIA, 2014).

Mediante o exposto, considerando-se o potencial dos agroecossistemas em desempenhar papel importante na produção agropecuária diversificada e sustentável, os sistemas agroflorestais surgem como alternativa no uso de práticas que proporcionem menores impactos

ao ambiente, pois baseiam-se no processo de sucessão florestal e, sendo assim, proporcionam maior aporte de matéria orgânica, refúgio para fauna e ciclagem de nutrientes.

Por outro lado, estudos a respeito desse sistema de produção em Rondônia, assim como para o restante da Amazônia, são incipientes. Nesse sentido Brienza Júnior et al. (2009) relatam que a infraestrutura das instituições de pesquisa e extensão da região é insuficiente para suprir todas as necessidades, em virtude do elevado número de assuntos de interesse agroflorestal e do pequeno número de pesquisadores em comparação à grandeza territorial da região.

Ainda nessa conjuntura, se tratando da avaliação do componente florestal em SAFs, no que se refere aos aspectos qualitativos e quantitativos, a carência de informações torna-se mais aguda elevando as taxas de fracasso em seu cultivo.

Acredita-se que isso ocorra já que, por muitas vezes, não se tem um padrão de cultivo devido a gama de modalidades dos SAFs (silvicultural, silvipastoril e agrosilvipastoril) (BRASIL, 2008), sendo assim, conforme Altieri (2012) a espécie florestal fica em segundo plano e não recebe manejo adequado, ocasionando baixa produtividade e qualidade (LUNZ; FRANK, 1998).

Portanto, estudos nessa direção podem subsidiar cultivos futuros elevando as taxas de sucesso na implantação e contribuindo para que o componente florestal nos SAFs seja enxergado não como coadjuvante, mas como uma opção de fonte de renda para os agricultores.

Nesse contexto, a necessidade de informações mais consistentes, referindo-se a sistemas agroflorestais, torna-se evidente quando se busca uma visão mais integrada dos aspectos tecnológicos e ambientais na adoção e/ou indicação deste agroecossistema.

Em decorrência disso, devido à importância socioambiental associada ao potencial de expansão da área cultivada dos SAFs na Amazônia, principalmente em Rondônia, o presente trabalho de pesquisa teve por objetivo avaliar os indicadores ambientais e as características tecnológicas das madeiras das espécies florestais freijó (*Cordia goeldiana*), mogno africano (*Khaya senegalensis*), pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*) e teca (*Tectona grandis*), em sistema agroflorestal multiestratificado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas agroflorestais (SAFs)

A população mundial supera 7,3 bilhões de pessoas, sendo que 795 milhões desse universo são atingidas pela escassez de alimentos, fato que impossibilita uma condição de vida saudável (FOOD..., 2015a; FOOD..., 2015b). Neste sentido evidencia-se a crescente necessidade pela produção de alimentos, na qual há dispendioso gasto de energia em pesquisa e tecnologia, entretanto, diante da preocupação quanto a quantidade, existem também críticas a respeito da qualidade dos alimentos atualmente produzidos, principalmente no que diz respeito ao uso de moléculas sintéticas, organismos geneticamente modificados e insumos dependentes de fontes fósseis (MATOS, 2011).

Inclusive, discussões dessa natureza ocorrem desde Revolução Verde, marco mundial da tecnificação agrícola na década de 60, a qual, acredita-se que tenha sido um catalizador à erosão social, genética, das condições de produção de conhecimento local e dos sistemas de circulação de conhecimento (CUNHA, 1999).

Face a este cenário, deu-se início ao movimento de difusão da agricultura alternativa que é têm seus princípios pautados na produção sustentável e contrário a agricultura convencional e a monocultura, sendo elas: Agricultura Biodinâmica, Agricultura Orgânica, Agricultura Natural e Agroecologia, Agricultura Biológica e agricultura ecológica (MATOS, 2010; KAMIYAMA, 2011).

Dentre as frentes citadas, pode-se destacar a Agroecologia que, conforme Altieri (2004), integra os princípios agronômicos, ecológicos e socioeconômicos à compreensão e avaliação do efeito das tecnologias sobre os sistemas agrícolas e a sociedade como um todo.

Neste sentido, a Agroecologia baseia-se em agroecossistemas como unidade de estudo, ultrapassando a visão unidimensional (genética, agronomia, edafologia) incluindo dimensões ecológicas, sociais e culturais.

Nesta filosofia inserem-se os sistemas agroflorestais (SAFs) que são agroecossistemas amplamente utilizados, nos quais árvores são cultivadas em associação a espécies agrícolas e/ou animais, em uma mesma unidade de manejo, de acordo com um arranjo espacial e/ou temporal.

O principal objetivo dos SAFs é otimizar o uso da terra, conciliando produção de alimentos, energia e serviços ambientais, com a produção florestal, por meio dos efeitos benéficos das interações ecológicas entre os elementos constituintes a fim de obter uma

produção comparável àquela obtida com um monocultivo e possibilitando a conservação do potencial produtivo dos recursos naturais renováveis, por meio de sistemas agroecológicos mais estáveis (YOUNG, 1990; EMPRESA..., 2008; ALTIERI, 2012).

Deste modo, os SAFs podem ser classificados de diferentes formas quanto a sua estrutura (composição e arranjo), desenho ao longo do tempo, nível de manejo e distribuição ecológica, função dos componentes, objetivos da produção e escala socioeconômica (BRASIL, 2008; ALTIERI, 2012), permitindo agrupá-los, de acordo com os autores citados em:

- a) *Agrossilviculturais*: uso da terra para produção simultânea ou sequencial de culturas anuais, perenes e florestais;
- b) *Sistemas silvipastoris*: são caracterizados pela combinação de árvores, arbustos ou palmeiras com plantas forrageiras herbáceas para produção de alimento madeira e forragem, bem como a criação de animais;
- c) *Sistemas agrosilvipastoril*: são caracterizados pela criação e manejo de animais simultaneamente a produção de culturas agrícolas e florestais;
- d) *Sistemas de produção florestal de múltiplo uso*: sistema no qual regeneram-se árvores de ambientes antropizados manejadas para produzir madeira, bem como folhas e/ou frutos para alimentação e/ou forragem animal.

Diante da diversidade de combinações, verifica-se que os sistemas agroflorestais são modelos de exploração do solo que mais se aproximam dos ecossistemas naturais, podendo apresentar elevada biodiversidade e grande acúmulo da biomassa gerada (OLIVEIRA et al., 2010).

Aliada a essas vantagens cita-se também a melhoria da qualidade de vida do produtor rural, assegurando o fornecimento contínuo de produtos úteis ao consumo e venda; a fixação em sua terra, pois pode reduzir a expansão da fronteira agrícola, principalmente da Amazônia (SANTOS et al., 2004; CORRÊA, 2006).

Nessa perspectiva, a utilização de SAFs configura-se como opção viável, principalmente aos pequenos produtores rurais na região amazônica, como relata Abdo et al. (2008), uma vez que nessa região contabilizam-se extensas áreas improdutivas em decorrência da degradação resultante da prática do cultivo itinerante, reconhecidamente como uma modalidade de exploração não sustentável dos solos (BRIENZA JÚNIOR et al., 2009).

2.1.1 Sistema agroflorestal multiestratificado

Dentro dos agrupamentos que os SAFs podem se enquadrar existem vários tipos de sistemas, como por exemplo, o sistema alley cropping, o taungya, quebra-vento, capoeira melhorada e o multiestratificado (ABDO et al., 2008), este último também conhecido como policultivos multiestratificado ou simplesmente agrofloresta.

Conforme Santos et al. (2002), o sistema agroflorestal multiestratificado possui estrutura dinâmica baseada na sucessão de florestas naturais, já que se realiza a combinação de ampla diversidade de espécies (exóticas ou nativas) perenes associadas a outras espécies vegetais, formando estratos verticais, sendo que as espécies florestais promovem sombreamento às culturas agrícolas (YANA; WEINERT, 2001). A composição de espécies madeireiras e frutíferas perenes e semiperenes, respectivamente, faz com que esse sistema seja de médio a longo prazo.

Em relação a popularidade de uso, de acordo com as pesquisas de Brienza Júnior et al. (2009), pode-se encontrar esse tipo de sistema agroflorestal, de maneira frequente, nos estados do Acre, Amazonas e Rondônia.

2.2 Atributos físicos do solo como indicadores de qualidade ambiental

Conforme Araújo e Monteiro (2007), Pezarico et al. (2012), Menino et al. (2012) e Stefanoski et al. (2013), os solos são recursos naturais limitados e sujeitos a alterações dos agentes ambientais, sejam eles de origem natural ou antrópica. Em detrimento disso, os autores relatam que o grau de interferência no sistema solo pode ser mensurado por meio de indicadores ambientais que podem ser físicos, químicos e biológicos.

Entretanto, deve-se destacar aos indicadores relacionados aos atributos físicos do solo, pois conforme relatam Richart et al. (2005) as práticas de manejo do solo podem provocar efeitos irreversíveis, comprometendo a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola por conta do decréscimo da fertilidade e do aumento da susceptibilidade do solo a erosão, sendo assim, por meio dos atributos físicos dos solos é possível delinear práticas adequadas ao manejo do solo. Dentre os principais atributos físicos estão a densidade do solo, porosidade total e tamanho dos poros (macro e microporosidade).

Ferreira et al. (2010) e Stefanoski et al. (2013) relatam que as propriedades físicas do solo são interdependentes e que a modificação de uma promove alterações em todas as outras, por

conta disso a densidade do solo é o atributo físico mais estudado e monitorado, principalmente pelo fato de que a porosidade e a densidade do solo expressam alta relação e por isso são tratadas conjuntamente, ou seja, o aumento da densidade reduz o espaço poroso do solo, tendo em vista que valores de densidade superiores a $1,40 \text{ g cm}^{-3}$ são considerados prejudiciais ao desenvolvimento radicular e infiltração de água no solo.

De acordo com Richart et al. (2005), a porosidade do solo é dividida em macro e microporosidade. A microporosidade é responsável pelo armazenamento de água e sais minerais no solo, e a macroporosidade pela drenagem da água, infiltração da água e aeração do solo, sendo que valores de macroporosidade abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ podem promover aumento da resistência ao crescimento radicular em condições de baixa umidade e em condições de umidade elevada causam a redução de oxigenação.

Neste sentido Ferreira et al. (2010) e Araújo e Monteiro (2007) relatam que os atributos físicos do solo são utilizados como um dos principais indicadores ambientais nos diferentes sistemas de manejo, e ainda que a qualidade dos atributos físicos do solo está relacionada com a cobertura vegetal e aporte de matéria orgânica, a erosão hídrica, a estabilidade de agregados, a macrofauna do solo, a densidade, a porosidade e a retenção de água no solo.

2.3 Estoque de carbono orgânico do solo (COS) como indicador de qualidade ambiental

A emissões de carbono equivalente no planeta superam 2,9 bilhões de toneladas (FOOD..., 2012a), sendo que o Brasil é responsável pela emissão de pouco mais de 1 bilhão de toneladas, liderando o ranking dos dez países mais emissores, acrescenta-se a isso o fato de que a atividade agropecuária é responsável por cerca de 37% das emissões brasileiras (FOOD..., 2012b).

Em detrimento disso, há grande preocupação no que tange a esse tema, principalmente em relação ao dióxido de carbono, o qual configura-se como um dos principais gases do efeito estufa e tem relação direta com o aumento da temperatura da Terra (BERNOUX et al., 2010).

Nesse âmbito, o estudo dos estoques de carbono orgânico do solo (COS) como indicadores de qualidade ambiental pode subsidiar a mensuração e o monitoramento de emissões dos sistemas de manejo dos solos, como por exemplo o Sistema Plantio Direto, Pastoreio Rotacionado e os Sistemas Agroflorestais, que podem elevar os níveis de COS de 40 a 70 vezes (REED, 2007).

Esse potencial de mitigação é explicado de forma muito lógica, conforme Kimble et al. (2007), o solo faz parte do ambiente, que abrange toda atmosfera terrestre, ou seja, é o todo, e é mais crítico, pois é de onde os seres (fauna e flora) extramares, inclusive os humanos retiram os recursos necessários à sua sobrevivência, produzindo matéria orgânica (MO) que possui papel fundamental na elevação dos teores de C orgânico do solo, configurando-se como o maior reservatório desse elemento (MACHADO; MACHADO FILHO, 2014).

O C orgânico tem relação direta e indireta nas propriedades físicas e químicas do solo, de modo que ao passo que se reduz o COS acelera-se a degradação física dos solos, principalmente em relação a densidade do solo, porosidade, estabilidade dos agregados em água, resistência à penetração e a taxa infiltração de água (LUCIANO et al., 2010; VIANA et al., 2011).

Sendo assim a manutenção e melhoria da qualidade do solo, principalmente na Amazônia, que apresenta solos frágeis e de baixa fertilidade natural, é um fator-chave na preservação dos recursos naturais, para a melhoria dos aspectos socioeconômicos e traduzindo-se na maior sustentabilidade do agronegócio.

2.4 Caracterização tecnológica da madeira

A exploração florestal na Amazônia se deu por muito tempo de forma ilegal, focada na retirada de espécies com madeira nobre, como da castanheira (*Bertholletia excelsa*) e mogno (*Swietenia macrophylla*) (ALMEIDA et al., 2010).

O resultado desse manejo exploratório foi o empobrecimento dos remanescentes florestais, restando espécies para uso pouco prestigiada. Essa ação gerou desconfiância aos consumidores, pois a substituição de espécies de maior valor econômico torna-se difícil, já que implica em maiores esforços com pesquisas e adaptação de equipamentos para beneficiá-las (GONZAGA, 2006).

Diante dessa perspectiva, a caracterização físico-mecânica da madeira torna-se indispensável ao avaliar seu uso, pois a partir disso é possível compará-la a outras madeiras de propriedades conhecidas, e por analogia indicar as provas adicionais necessárias para conhecer sua utilização (STANGERLIN et al., 2010).

Essa caracterização pode ser realizada, de forma destrutiva, por meio de ensaios físicos (densidade básica, densidade aparente e retratibilidade volumétrica) e também com ensaios mecânicos (flexão estática, compressão paralela às fibras) (ASSOCIAÇÃO..., 1997).

Para realizar tal tarefa, de acordo com Miranda et al. (2012), é necessário levar em conta fatores que podem ser internos (proporção de cerne e alburno, posição no tronco, proporção de madeira adulta e juvenil) e externos à árvore (condições climáticas, tratos silviculturais, local de crescimento), pois podem refletir em alterações nas propriedades da madeira formada até mesmo em árvores da mesma espécie.

2.5 Ensaios físicos

2.5.1 Densidade básica da madeira

A densidade básica da madeira é a relação entre a massa seca (0% de umidade) e o volume saturado (>28% de umidade) e são obtidos com a secagem da madeira em temperatura de 103°C e por meio da submersão em água, respectivamente (ASSOCIAÇÃO..., 1997). Tanto para a massa seca quanto para o volume saturado, faz-se necessário o uso de pequenas peças de madeira denominadas corpos-de-prova, as quais têm dimensões pré-determinadas conforme a norma adotada para realização de ensaios, além disso, a pesagem desses corpos-de-prova deve ocorrer quando se verificar massa constante.

A densidade básica sofre influência da estrutura desuniforme da madeira que pode apresentar quantidade e tipos diferentes de células, como por exemplo, no caso de coníferas os traqueídeos e no caso de folhosas os elementos de vaso, e ainda devido à presença de extrativos na madeira, que se referem a sua composição química representada, principalmente, por substâncias fenólicas (SILVA et al., 2015).

Deste modo, a densidade básica configura-se como uma das principais propriedades tecnológicas para adequar a madeira ao uso final (carvão, madeira serrada, acabamentos), já que auxilia no conhecimento das propriedades funcionais da madeira e por ser de fácil obtenção, quando comparada a outras propriedades, haja vista que madeiras com densidade básica elevada tendem a apresentar alta resistência natural e mecânica além do alto rendimento na produção de carvão (RIBEIRO; FILHO, 1993).

Conforme Ribeiro e Zani Filho (1993) a densidade básica pode variar em função da espécie, do material genético, dos agentes ambientais, idade e manejo aplicado e da finalidade produtiva, no caso de plantios comerciais.

2.5.2 Densidade aparente da madeira

A densidade aparente da madeira pode ser definida como a relação entre a massa e o volume, determinada nas mesmas condições de umidade (REZENDE; ESCOBEDO, 1988), em complemento, Marques et al. (2012) afirmam que a densidade aparente da madeira reflete a quantidade de material lenhoso por unidade de volume, ou a quantidade de espaços vazios em determinada madeira, ou seja, descreve sua porosidade.

Para fins práticos e de padronização internacional, realiza-se a determinação da densidade aparente da madeira com massa e volume submetidas a uma única condição de umidade, que é de 12% (DIAS; LAHR, 2004).

A densidade básica da madeira também sofre influência de fatores como a constituição do material lenhoso, os agentes ambientais, a idade, espécie e material genético exercem influências sobre essa variável, como comprovado por Marques et al. (2012) ao relatar a existência de variações dos valores de densidade aparente em função dos fatores citados. Portanto, a densidade básica também está relacionada a uma série de outras características, principalmente àquelas relacionadas às propriedades mecânicas e anatômicas da madeira.

2.5.3 Estabilidade dimensional da madeira

Essa propriedade foi descrita por Rezende e Escobedo (1988), como sendo alterações dimensionais da madeira referentes à perda total do teor de umidade desde o momento em que esteve saturada, acima de 28% de umidade (inchamento), até secagem completa em estufa a 103°C (retração).

Melo, R. (2013) ajuda no entendimento dessa propriedade ao dizer que a madeira é um material poroso e está sujeito a variações de umidade de equilíbrio e, conseqüentemente, em suas dimensões. Devido a essas características a estabilidade dimensional da madeira é obtida por meio da mensuração da retratibilidade ou inchamento nos sentidos tangencial, radial e longitudinal, retratibilidade ou inchamento volumétrico e do coeficiente de anisotropia, determinado pela razão entre a retratibilidade tangencial e a radial (T/R).

Diante do exposto, é possível concluir que a madeira se configura como um material anisotrópico, sendo essa uma característica indesejável. Nesse sentido Marques et al. (2012) relatam em suas pesquisas que o coeficiente de anisotropia pode variar de 1,3 para madeiras de

elevada estabilidade dimensional ou valores superiores a 3,0, caracterizando elevada instabilidade dimensional.

Por conta da grande diversidade de madeiras existentes, Melo, J. (2013) recomenda a realização de ensaios e estudos referentes ao material que se pretende trabalhar, pois com o conhecimento sobre a estabilidade dimensional que cada espécie apresenta é possível definir o melhor uso reduzindo as chances de defeitos e empenamentos.

Para fins práticos, Melo et al. (2013) citam que a retratibilidade longitudinal é mínima e a radial é menor que a obtida no sentido tangencial, sendo esta a mais importante para fins práticos de utilização da madeira maciça.

2.6 Ensaio mecânicos

2.6.1 Resistência à flexão estática

Conforme Moreschi (2014), a flexão estática é a propriedade mecânica que se refere à variação da madeira quando submetida a uma carga aplicada em sua face tangencial por meio do uso de corpos-de-prova que repousam sobre dois apoios na metade de seu comprimento (Figura 1), com o objetivo de provocar seu flexionamento, mensurando as tensões e deformações até que ocorra ruptura do material.

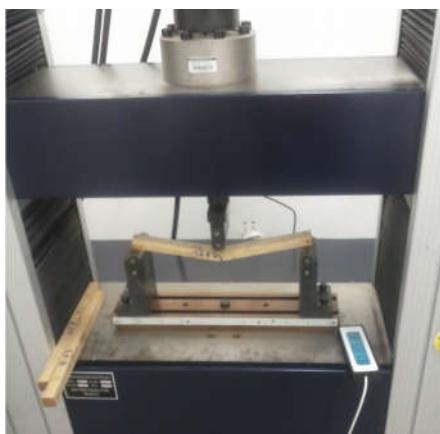


Figura 1 – Ensaio de flexão estática e posicionamento do corpo-de-prova no equipamento.

Stangerlin et al. (2010), complementam essa informação ao mencionarem que para fins práticos, a madeira quando atinge determinado ponto durante o ensaio, expressa característica elástica, a qual é tratada como limite proporcional ou limite elástico (MOE), responsável por

deformações elásticas, ou seja, reversíveis. A partir desse ponto as deformações passam a ser plásticas, denominadas irreversíveis, onde obtém-se o módulo de ruptura (MOR), ou seja, a força necessária para romper o material (TRAMONTINA et al., 2013).

Carreira e Dias (2009) e Tramontina et al. (2013) afirmam que na avaliação da resistência do material diante das possíveis aplicações que a madeira pode assumir, as propriedades de flexão estática mostram-se muito úteis, pois simula esforços que podem ser verificados em situações reais colocando em prova resistência mecânica e a rigidez à flexão, e podendo ser utilizada como critério para caracterização estrutural de peças de madeira.

Além disso, sabe-se que diversos fatores causam influências nessa propriedade da madeira, dentre os quais pode-se destacar: a forma e dimensões das peças, arranjo das células do lenho (angulação e quantidade de fibras), a densidade, o teor de umidade, a temperatura, composição química e o grau de deterioração do material (STANGERLIN et al., 2010).

2.6.2 Compressão paralela às fibras

É um ensaio mecânico realizado por meio da aplicação de uma carga que efetua pressão do corpo-de-prova no sentido paralelo às fibras do material lenhoso, com velocidade controlada e constante, até a sua ruptura, conforme ilustra-se na Figura 2 (ASSOCIAÇÃO..., 1997).



Figura 2 – Ensaio de compressão paralela às fibras e posicionamento do corpo-de-prova no equipamento.

Para compressão paralela, conforme Moreschi (2014), determina-se o módulo de elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura (MOR) da mesma forma que nos ensaios para a

flexão estática, utilizando-se para os cálculos as variáveis resistência máxima e limite de elasticidade.

Paterlini (2011) menciona em suas pesquisas uma classificação da madeira baseada na compressão paralela às fibras, na qual madeiras que apresentam MOR menor que 64,8 MPa e MOE inferior à 9414 MPa são de baixa resistência mecânica, ou ainda MOR entre 661 e 697 MPa e MOE entre 96000 MPa e 131000 MPa são classificadas como de média resistência e por fim aquelas que apresentam MOR e MOE superiores a 697 e 131000 MPa, respectivamente são classificadas como de alta resistência mecânica.

Alinhando-se a essas informações, Ferro et al. (2015) relatam que as propriedades de compressão paralela às fibras podem ser utilizadas como parâmetro para o dimensionamento de elementos estruturais, haja vista que para esse ensaio a madeira comporta-se de maneira moldável, porque não apresenta, na maioria das vezes, ruptura nítida, além de expressar grande resistência em níveis de solicitação mais elevados que o material pode suportar.

Longsdon e Junior (2002) relatam que a compressão paralela às fibras é sensível a variação dos teores de umidade da madeira, apresentando uma relação inversamente proporcional, ou seja, ao passo que a umidade é elevada reduz-se a resistência mecânica para esse parâmetro.

Juntamente com a umidade outros fatores podem influenciar a resistência à compressão paralela às como a idade da árvore, o ritmo de crescimento, o manejo florestal e a qualidade do sítio (LIMA; GARCIA, 2011).

2.7 Considerações sobre as espécies florestais

2.7.1 Freijó (*Cordia goeldiana* Huber)

O freijó é uma espécie arbórea pertencente à família botânica Boraginacea, e é também conhecida por denominações comuns como freijó-preto e árvore-de-alho (LORENZI, 2008), ocorre naturalmente na Amazônia Brasileira sendo possível encontrar exemplares da espécie nos estados do Acre, Rondônia e Pará, bem como em países vizinhos como Bolívia e Peru. Geralmente habita o interior da mata primária densa em florestas pluviais de terra firme (EMPRESA..., 1982).

Conforme Lorenzi (2008), as árvores dessa espécie podem atingir alturas entre 10 e 20 metros, diâmetros entre 40 e 60 cm, o tronco é revestido por casca com ritdoma reticulado e

escamoso, a filotaxia é espiralada com folhas alternas com formato variando de oblongo a elíptico com larguras entre 4 e 8 cm e comprimento de 8 a 15 cm. As flores são esbranquiçadas com cinco pétalas, em geral, os frutos são drupas revestidas pelo tubo da corola e cálice, a dispersão das sementes é pela síndrome anemocórica.

O florescimento dos indivíduos ocorre entre setembro e dez. e seus frutos amadurecem de novembro a janeiro (EMPRESA..., 1981).

O freijó é uma espécie heliófila intolerante a sombra, os indivíduos são observados no interior da mata primária densa, entretanto, quando cultivada em ambiente aberto apresenta desenvolvimento satisfatório (LORENZI, 2008).

A madeira caracteriza-se por apresentar densidade média ($0,59 \text{ g cm}^{-3}$), moderadamente resistente ao ataque de organismos xilófagos, possui textura média e superfície lustrosa. Sendo assim, esses atributos a configuram como madeira nobre, amplamente utilizada na construção civil e na indústria moveleira (EMPRESA..., 1981; LORENZI, 2008).

2.7.2 Mogno africano (*Khaya senegalensis* (Desr.) A.Juss.)

Conforme Falesi e Baena (1999), o mogno africano pertence à família Meliaceae sendo originária da costa ocidental africana. Pode-se encontrar exemplares na Costa do Marfim, Gana, Togo, Benim, Nigéria e sul de Camarões, no Brasil sua ocorrência deve-se, basicamente por dois motivos, o primeiro devido proibição de se explorar e comercializar o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), fato que induziu a substituição pelo gênero *Khaya* tornando-a alternativa interessante (COUTO et al., 2004) e em segundo lugar para subsidiar cultivos silviculturais, pois conforme Dias et al. (2012) não é suscetível ao ataque de *Hipsipila grandella* Zella (broca-das-meliáceas), principal praga do mogno brasileiro que inviabiliza seu cultivo.

Vasconcelos (2012) relata em sua pesquisa que os indivíduos dessa espécie podem atingir alturas de até 35m e diâmetro de até 2 m. Em relação a caracterização morfológica da espécie Souza (2013) relatam que as folhas dos indivíduos são compostas e paripenadas alternas, constituídas por 3 a 4 pares de folíolos opostos. Suas flores são de coloração creme-amarelada e inseridas em panículas de 15 a 25 cm de comprimento, já seu fruto é uma baga ovulada com cápsula lenhosa de cor castanho-claro medindo cerca de 16 cm de comprimento, em seu interior, de modo geral, contém de 10 a 14 sementes aladas com 10 cm de comprimento, aproximadamente.

É uma planta heliófila tolerante à sombra (FALESI; BAENA, 1999; VASCONCELOS, 2012), podendo desenvolver-se em altitudes de até 450m e em locais com alta oferta umidade, tornando-a sensível ao período seco, seu ciclo reprodutivo inicia-se a partir dos 15 anos de idade, e a floração ocorre principalmente na estação seca de abril a agosto.

A madeira dessa espécie tem apelo decorativo e estrutural por sua beleza e resistência, é uma das melhores madeiras para fabricação de mobília, o que lhe confere elevado valor no mercado madeireiro, a densidade da madeira da espécie é em média de $0,78 \text{ g cm}^{-3}$ (VASCONCELOS, 2012). O crescimento inicial é relativamente rápido e apresenta grande potencial para utilização em plantios comerciais, sistemas consorciados e sistemas agroflorestais (FALESI; BAENA, 1999).

2.7.3 Pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby)

Popularmente conhecida como bandarria, paricá, pinho cuiabano, dentre outras nomenclaturas comuns. A espécie *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, pertencente à família Fabaceae, é uma árvore caducifólia de porte grande com ocorrência natural e restrita à Bacia Amazônica, no Brasil, Bolívia e Venezuela (EMPRESA..., 2003).

Na mata, as árvores alcançam 20 a 30m de altura e diâmetro de até 1,2m, a casca apresenta superfície lisa e coloração verde-acinzentada recoberta de manchas esbranquiçadas e as flores são hermafroditas reunidas em inflorescência do tipo panícula com coloração amarela e pétalas oblongas, firmes e glabras (ROSA, 2006), as folhas são compostas, bipinadas com pinas opostas, os folíolos são de 40 a 60 por pina e possuem de 2 cm de comprimento, o fruto é do tipo legume de cor amarronzada, além disso contém apenas uma semente achatada de formato ovalado, coberta por endocarpo papiroso e unida apicalmente ao fruto (EMPRESA..., 1997a).

O florescimento da espécie ocorre entre os meses de maio a junho e de junho a julho e a frutificação inicia-se a partir dos 20 anos de idade entre os meses de agosto e setembro (ROSA, 2006).

Além desses aspectos, é uma planta comumente encontrada na mata primária de terra firme e várzea alta, bem como em florestas secundárias, e em capoeiras com grande dominância monoespecífica, por ser uma espécie pioneira (EMPRESA..., 2003).

A madeira do pinho cuiabano caracteriza-se por ser de baixa resistência e susceptível ao ataque de organismos xilófagos, devido a baixa massa específica ($0,30 \text{ g cm}^{-3}$ a $0,40 \text{ g cm}^{-3}$). Por outro lado, devido a essa característica tem boa trabalhabilidade permitindo seu emprego

na produção de lâminas, compensados e caixotaria leve, há também a opção de uso para lenha com qualidade razoável (ROSA, 2006; EMPRESA..., 2007).

2.7.4 Teca (*Tectona grandis* L.f.)

Popularmente conhecida como teca, a espécie *Tectona grandis*, pertencente à família Lamiaceae (MONTEIRO et al., 2013), tem ocorrência natural no sudeste do continente asiático em países como Índia e Tailândia (EMPRESA..., 2005).

A espécie pode atingir entre 25 e 60 metros de altura e 55 a 80 cm de diâmetro (FIGUEIREDO, 2001), as folhas têm filotaxia oposta ou verticilar em grupos de três, são coriáceas de 30 a 60 cm de comprimento por 20 a 35 cm de largura, os limbos são largos e elípticos, glabros na face superior e tomentosos na face inferior, as flores são pequenas, de coloração branco-amarelada e se dispõem em inflorescências do tipo panícula com 40 a 35 cm (INSTITUTO DE PESQUISAS..., 2003).

Os frutos são do tipo drupa, cilíndricos, de cor marrom e possuem diâmetro de aproximadamente 1 cm. Cada fruto apresenta quatro cavidades, dentro das quais estão as sementes (uma por cavidade); porém, nem todas germinam. A floração ocorre entre os meses de junho e setembro, a primeira frutificação ocorre aos 5 ou 6 anos de idade e a maturação destes ocorre entre 3 e 22 meses após a formação (EMPRESA..., 2005, INSTITUTO DE PESQUISAS..., 2003).

No Brasil a espécie é frequentemente encontrada em plantios no estado de Mato de Grosso, e tem se mostrado promissora devido as condições edafoclimáticas, porém é tem alta exigência em solos profundos e de boa fertilidade (FIGUEIREDO, 2001).

Além disso, a teca suporta precipitações entre 500 e 5100 mm ano⁻¹, bem como amplitude térmica na ordem de 13°C a 37°C, sendo que para expressar seu desenvolvimento ótimo a temperatura deverá ser de 25°C (EMPRESA..., 2005).

A madeira dessa espécie é apreciada mundialmente, devido a sua beleza, estabilidade, durabilidade e resistência (densidade de 0,55 a 0,68 g cm⁻³). Seu emprego mais comum é na construção naval, móveis e em acabamentos especiais (MOURA, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do ambiente de estudo

3.1.1 Localização

Para a realização deste trabalho utilizou-se um sistema agroflorestal multiestratificado situado na Estação Experimental Ouro Preto (ESTEX-OP), pertencente à Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (CEPLAC/MAPA), localizada no município de Ouro Preto do Oeste – Rondônia ($10^{\circ}43'6,36''S$ e $62^{\circ}13'22,17''O$) (Figura 3), às margens da rodovia federal Marechal Cândido Rondon (BR-364) e 340 quilômetros da capital, Porto Velho.

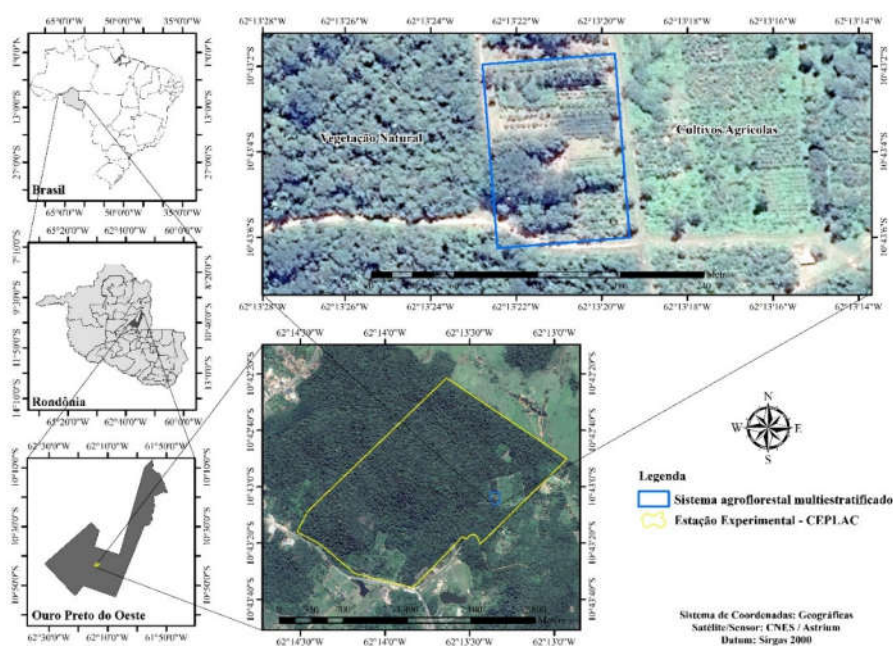


Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo no município de Ouro Preto do Oeste – RO.

3.1.2 Características do sistema agroflorestal

O sistema agroflorestal utilizado é do tipo multiestratificado e foi implantado no ano de 1996. Antes da implantação do SAF, a área foi coberta por vegetação natural em regeneração durante 8 anos, e que após ser suprimida deu lugar aos cultivos de milho, algodão e feijão.

Atualmente o perímetro do sistema agroflorestal é circundado por vegetação natural e cultivos agrícolas perenes. As dimensões do SAF são de 80m de largura por 125m de comprimento, totalizando área útil de 1 hectare. No referido agroecossistema existe grande diversidade de espécies perenes multifuncionais (frutíferas e florestais) de idades e portes distintos, obedecendo à espaçamentos específicos, sendo que as espécies florestais possuem 17 anos de idade (Tabela 1).

O sistema agroflorestal em questão recebe, periodicamente, tratamentos silviculturais e culturais como capinas, podas, roçagem e manejo fitossanitário. As plantas frutíferas na época da safra são submetidas à colheita.

Tabela 1 – Composição, espaçamento e idade das espécies encontradas no sistema agroflorestal multiestratificado em estudo na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.

Nome Comum	Nome Científico	Espaçamento (m)	Idade (anos)	Porte
Araçazeiro-boi	<i>Eugenia stipitata</i> Mc Vaugh.	5 x 2,5	17	Baixo
Cacaueiro	<i>Theobroma cacao</i> L.	(2 x 1,5) x 4	13	Baixo
Cajá-mirim	<i>Spondia mombim</i> L.	5 x 2,5	17	Médio
Canela	<i>Cinnamomum zeylanicum</i> J.Presl	5 x 2,5	17	Médio
Coqueiro	<i>Cocos nucifera</i> L.	5 x 2,5	17	Alto
Cumaru-ferro	<i>Dipteryx odorata</i> Aublet. Willd.	5 x 2,5	3	Alto
Cupuaçuzeiro	<i>Theobroma grandiflorum</i> Schum.	4 x 5	17	Baixo
Freijó	<i>Cordia goeldiana</i> Huber.	5 x 2,5	17	Alto
Fruteira-pão	<i>Arthocarpus altilis</i> P.	5 x 2,5	17	Alto
Laranjeira	<i>Citrus sinensis</i> L.	5 x 2,5	17	Baixo
Mangueira	<i>Mangifera indica</i> L.	5 x 2,5	17	Alto
Mogno Africano	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.	5 x 2,5	17	Alto
Pinho-cuiabano	<i>Schizolobium amazonicum</i> (Huber x Ducke)	5 x 2,5	17	Alto
Pupunheira	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	5 x 2,5	17	Alto
Teca	<i>Tectona grandis</i> L.f.	5 x 2,5	17	Alto

As espécies consideradas de porte alto estão arrançadas em renques de linhas duplas medindo 5 x 2,5m, as de portes baixo e médio têm renques de 4 linhas medindo 20 x 40m, sendo a distância entre renques de 2,5m lateralmente e de 3m no sentido longitudinal (Figura 4). Inicialmente foram implantadas 32 árvores por renque, atualmente existem 27 indivíduos da espécie teca, 24 de freijó, 9 de mogno africano e 23 de pinho cuiabano

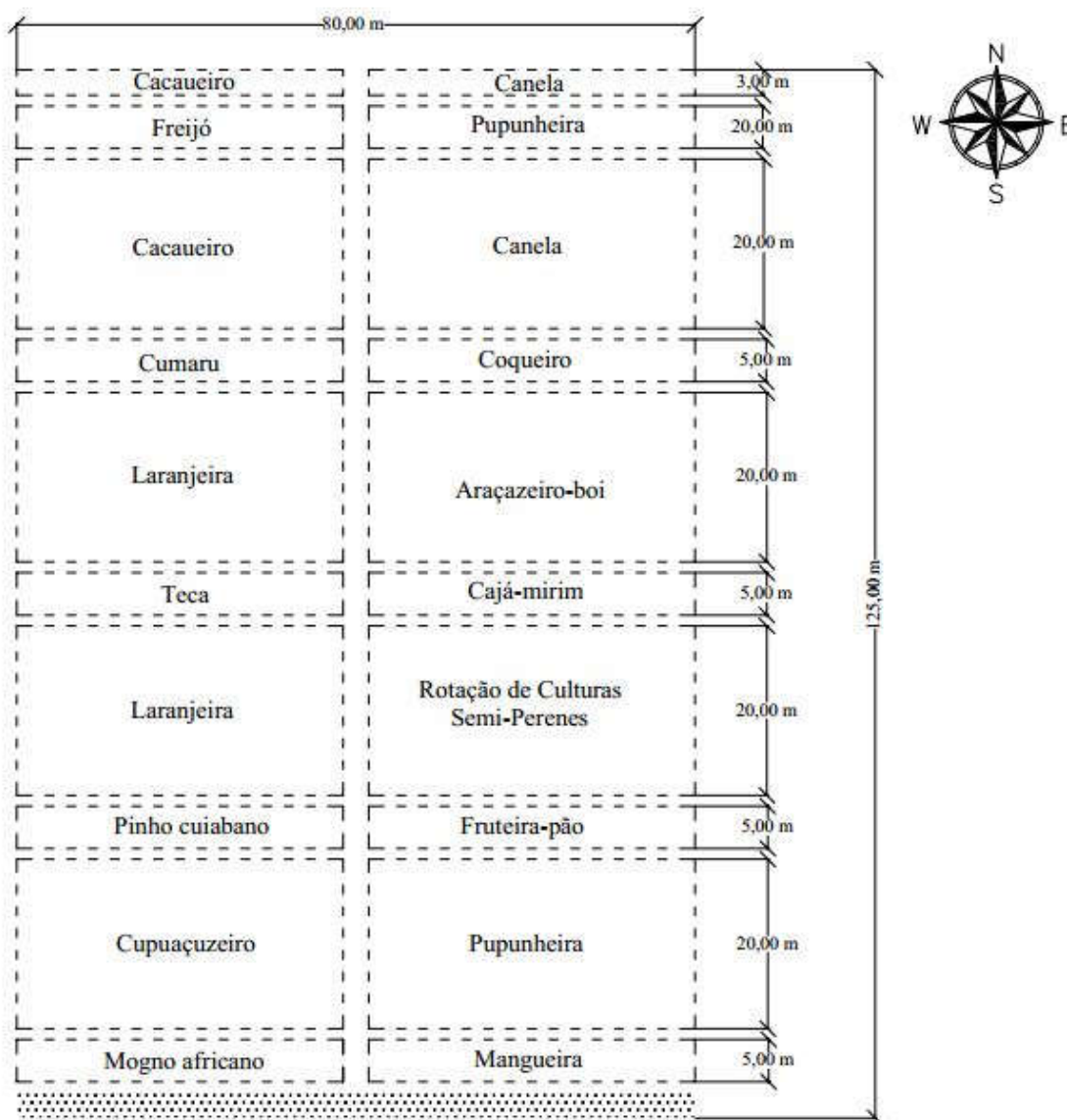


Figura 4 – Representação do sistema agroflorestal multiestratificado com espécies frutíferas e florestais na CEPLAC em Ouro Preto do Oeste – RO.

3.1.3 Solo e relevo

O solo existente na área de estudo classifica-se como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (PVAe), entretanto, na região de Ouro Preto do Oeste, encontram-se também solos classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), Cambissolo Háptico Tb Distrófico (CXbd), Neossolo Litólico Distrófico (RLd) e Afloramentos de Rochas (AR) (Figura 5) (INSTITUTO BRASILEIRO..., 2012; EMPRESA..., 2013).

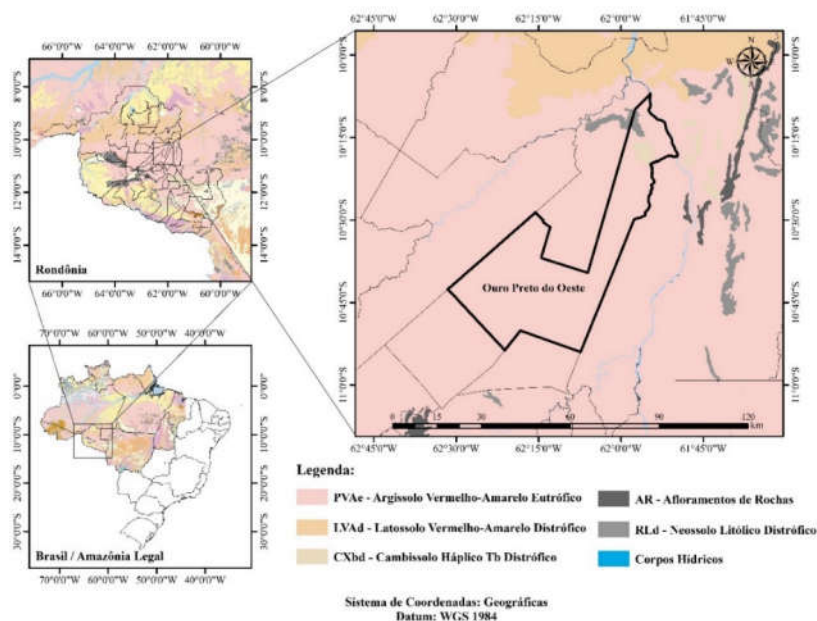


Figura 5 – Classificação dos solos existentes na região de Ouro Preto do Oeste – RO.

Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados georeferenciado dos recursos naturais da Amazônia legal**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapeamento_sistemico/banco_dados_georeferenciado_recursos_naturais/amazonia_legal/>. Acesso em: 19 set. 2015 e EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília. 2013. v. 1. 353 p.

Na Tabela 2 pode-se observar as características físico-químicas do solo da área de estudo. O relevo da região constitui-se predominantemente sobre rochas de embasamento cristalino, com altitude entre 200 e 300 metros, havendo pontos ondulados e fortemente ondulados, que associada a teores elevados de alumínio podem dificultar o cultivo agrícola (SERVIÇO..., 2010).

Tabela 2 – Valores médios das características químicas e de textura em Argissolo Vermelho – Amarelo Eutrófico em duas profundidades na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.

Camada (cm)	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	V ⁽¹⁾ %	P mg dm ⁻³	K ²⁺ mg dm ⁻³	Ca ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Al ³⁺ cmol _c dm ⁻³	Areia g kg ⁻¹	Silte g kg ⁻¹	Argila g kg ⁻¹
0 - 20	5,70	4,97	50,67	1,97	69,00	2,25	0,45	0,00	563,67	139,33	297,00
20 - 40	5,80	5,00	52,43	1,03	56,67	1,75	0,35	0,00	481,67	169,67	348,67

⁽¹⁾ Saturação por bases.

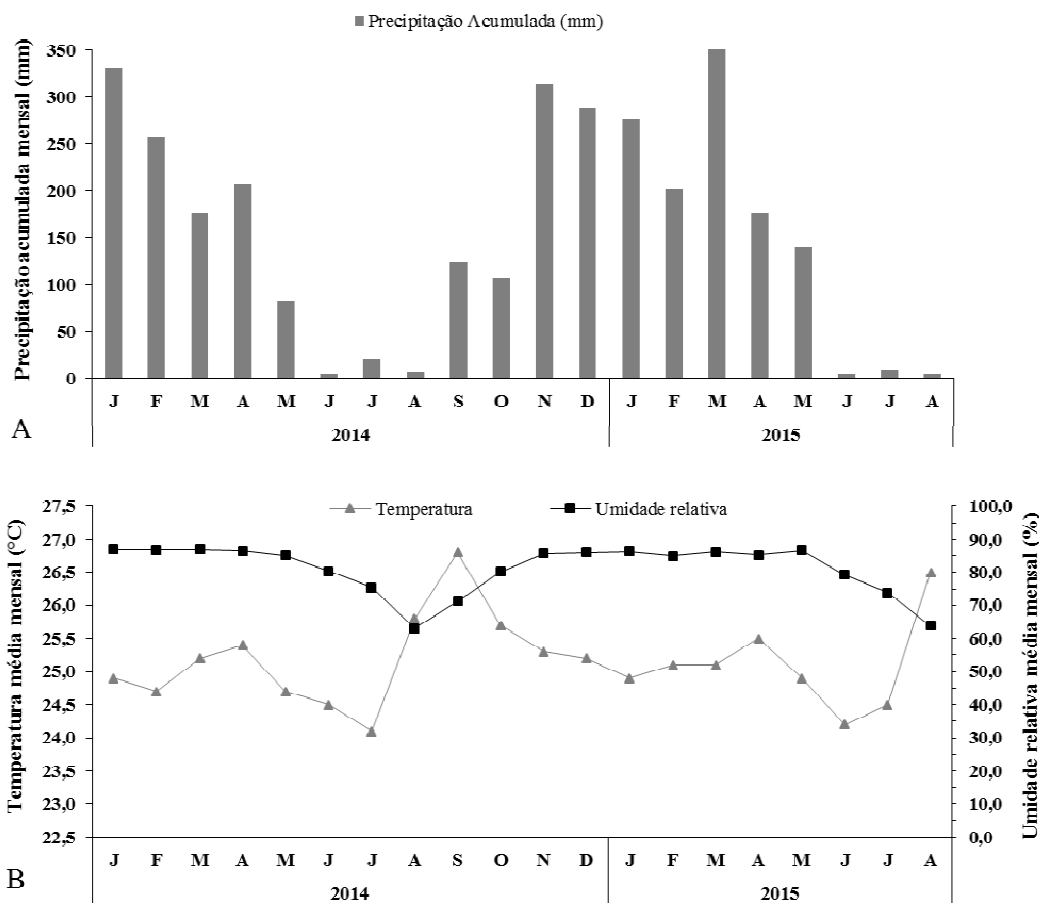


Figura 7 – Dados meteorológicos na região de Ouro Preto do Oeste no período de 2014-2015.

A – Precipitação acumulada mensal; B – Temperatura média mensal e Umidade relativa média mensal coletados na Estação Meteorológica da Estação Experimental da CEPLAC, 2015, Ouro Preto do Oeste – RO.

3.1.5 Vegetação

A fitogeografia da região encontra-se descaracterizada devido ao processo de colonização da região que promoveu a conversão da paisagem natural em áreas urbanas, pastagens e cultivos agrícolas (Figura 8). Diante disso, restaram fragmentos florestais de Floresta Ombrófila Densa Submontana com Dossel Uniforme (Dsu), Floresta Ombrófila Densa Submontana com Dossel Emergente (Dse), Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Palmeiras (Asp) (INSTITUTO BRASILEIRO..., 2012).

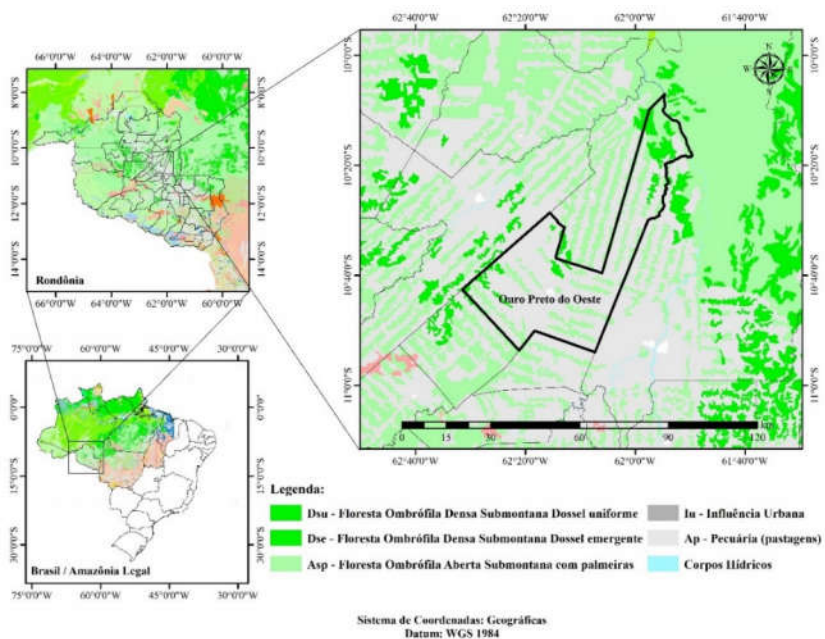


Figura 8 – Fitogeografia na região de Ouro Preto do Oeste – RO.

Fonte: Adaptado de: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados georeferenciado dos recursos naturais da Amazônia legal**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/banco_dados_georeferenciado_recursos_naturais/amazonia_legal/. Acesso em: 19 set. 2015

3.2 Estrutura da dissertação

Optou-se por utilizar a estrutura de capítulos no presente trabalho, organizando-o em 2 capítulos.

O primeiro capítulo contempla os resultados de atributos físicos do solo e estoque de carbono orgânico total no solo em sistema agroflorestal multiestratificado comparado à outras coberturas do solo.

O segundo capítulo trata dos resultados referentes à caracterização física e mecânica de essências florestais em ambiente agroflorestal multiestratificado. Peculiaridades sobre as metodologias utilizadas estão apresentadas no teor de cada capítulo.

4 ATRIBUTOS FÍSICOS E ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL MULTISTRATIFICADO

RESUMO

A região amazônica, na qual se insere o estado de Rondônia, protagoniza diversos episódios de degradação e esgotamento dos recursos naturais, diante disso, é importante que se tome medidas para atenuar os efeitos deletérios do avanço desordenado das fronteiras agrícolas, por meio de práticas conservacionistas que promovam a manutenção da qualidade do solo e, concomitantemente, a elevação de seus teores de carbono. O objetivo deste estudo foi verificar o comportamento dos atributos físicos e dos estoques de carbono do solo em sistema agroflorestal multistratificado, comparativamente a diferentes modalidades de uso solo, sendo elas o cultivo de cacaueteiro sob manejo agroecológico, pastagem e floresta nativa (CAG, PBR e FLN). Os tratamentos estão localizados na estação experimental da CEPLAC em Ouro do Preto do Oeste – RO. No sistema agroflorestal e nas demais áreas consideradas para o estudo, foram instaladas, ao acaso, cinco parcelas iguais de 0,06 ha cada (20 x 30 m). Nessas parcelas, foram coletadas amostras de solo indeformadas e deformadas das camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade, em todos os ambientes, as quais foram encaminhadas e analisadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Rondônia Campus Rolim de Moura. Os valores obtidos foram submetidos ao teste de F e em seguida ao teste de Scott-Knott. As médias encontradas para densidade do solo nos ambientes estudados foram consideradas elevadas, acima de 1,40 Mg kg⁻¹, o que é considerado ruim, entretanto, a pastagem, o cultivo de cacaueteiro e a floresta apresentaram resultados inferiores ao sistema agroflorestal. A macroporosidade não diferiu entre os ambientes e, apresentou na camada de 0 a 20 cm valores adequados ao desenvolvimento radicular. Os estoques de C foram influenciados pelos diferentes agroecossistemas, destacando-se que o SAF não atendeu ao que se espera para estocagem de carbono.

Palavras-chave: Agroecologia. Física do solo. Gases do efeito estufa. Sustentabilidade

ABSTRACT

The Amazon region, in which the Rondônia state is inserted, carries several episodes of degradation and depletion of natural resources. Therefore it is important to take steps to mitigate the deleterious effects of uncontrolled expansion of farming through conservation practices which promote the maintenance of soil quality and concomitantly its carbon content lifting. The purpose of the study was to investigate the behavior of physical attributes and soil carbon stocks in multistratified agroforestry system compared to different types of land use, including the cocoa cultivation in agroecological management, pasture and native forest (CAG, PBR and FLN). The treatments are located in CEPLAC from experimental station at the CEPLAC's Experimental Station em Outro Preto do Oeste – RO. In the agroforestry system and in other areas considered for the study, five equal plots of 0.06 ha each (20 x 30 m) were installed at random. On those plots, disturbed and undisturbed soil samples in layers of 0-20 cm and 20-40 cm depth were collected, which were sent and analyzed in the Soils Laboratory of the Universidade Federal de Rondônia Campus Rolim de Moura. The values obtained were subjected to the F Test and then, to the Scott-Knott Test. The averages found for the soil density in the treatments were considered high, above 1.40 Mg kg^{-1} , which is considered as bad, however, the pasture, the cocoa cultivation and the forest had results below the agroforestry system. The macroporosity did not differ between the environments and the layer of 0-20 cm presents suitable values to the root development. The C stocks were influenced by different agro-ecosystems, and it was highlighted that the agroforest systems did not respond to what is expected for the attributes studied.

Keywords: Agroecology. Amazon. Soil Physics, Greenhouse gases. Sustainability.

4.1 Introdução

O modelo de colonização aplicado em Rondônia explica a estreita relação de sua economia com o agronegócio, que representa 20% do PIB estadual e é constituída, principalmente, pela agricultura familiar (86% das propriedades rurais) (RONDÔNIA, 2012).

Sendo assim, essas peculiaridades revelam outra faceta do Estado, pois estão intimamente relacionadas aos aspectos ambientais traduzindo-se num cenário de devastação e esgotamento dos recursos naturais, que é verificado por toda extensão da Amazônia legal (BECKER, 2001; BECKER, 2005).

Acrescente-se a isso, a predominância de sistemas de produção ineficazes, no que diz respeito aos aspectos de manejo e conservação dos solos, bem como na mitigação das emissões de gases do efeito estufa (GEEs), dentre os quais destacam-se o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e o dióxido de carbono (CO₂), responsável por 80% do aquecimento global (YU, 2004; FERREIRA et al., 2005; FREITAS et al., 2005).

Neste contexto, torna-se visível a necessidade de se implementar ações que minimizem esses efeitos por meio da redução do uso de combustíveis fósseis, redução do desmatamento e da queima de biomassa vegetal e práticas de uso e conservação do solo no sentido de potencializar o sequestro de carbono. Dessa forma, a adoção aos agroecossistemas com eficiência ambiental elevada (sistemas conservacionistas) é totalmente plausível.

Face a esses aspectos, Parron et al. (2015) reforçam essa ideia ao afirmarem que sistemas de produção conservacionistas comparados às práticas intensivas da agricultura convencional, têm grande potencial na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs), na diminuição do consumo de combustíveis durante o processo de produção e ainda podem elevar os estoques de COS, mantendo os serviços ambientais na atenuação dos efeitos negativos provocados pelas mudanças climáticas.

Deste modo, os sistemas agroflorestais, conforme Nair et al. (2009), inserem-se nesse contexto, porque são considerados excelente alternativa para mitigação de GEEs. Esse fato é justificável, pois tratam-se de agroecossistemas amplamente utilizados no mundo e que se caracterizam pelo cultivo simultâneo de árvores, espécies agrícolas e/ou animais, de acordo com um arranjo espacial e/ou temporal. Ainda, segundo Altieri (2012) esses sistemas possuem elevada produção de biomassa favorecendo o acúmulo de carbono.

Além desses benefícios, pode-se atribuir aos SAFs o potencial de proteção dos solos, principalmente na recuperação de áreas degradadas, pois conforme Pezarico et al. (2012) esse

modo de produção tem apresentado resultados que contribuíram significativamente na melhoria dos atributos físico-químicos do solo.

Entretanto, existem inúmeros gargalos que estão no entorno da temática agroflorestal, principalmente no que diz respeito a informações mais detalhadas ao comportamento dos SAFs. Na região amazônica essa questão é mais agravante, pois as pesquisas nesse sentido não têm sido capazes de suprir a demanda existente (BRIENZA JÚNIOR et al., 2009).

Neste sentido, faz-se necessário a investigação da eficiência ambiental dos SAFs em detrimento de outros agroecossistemas na região amazônica, para subsidiar práticas de manejo que causem menor impacto ao ambiente.

Em vista disso, Costa Junior (2008) e Silva et al. (2015) sugerem que para se obter informações dessa magnitude torna-se necessário o uso de indicadores de qualidade ambiental. Sendo assim, os autores, afirmam que os parâmetros mais eficientes são os indicadores físicos da qualidade do solo, pois são fundamentais à compreensão dos processos de degradação do solo e os estoques de carbono orgânico do solo (COS), por estarem diretamente relacionados aos atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

Diante desse contexto, esta pesquisa teve como objetivo verificar o comportamento dos atributos físicos e dos estoques de carbono do solo em sistema agroflorestal multiestratificado, comparativamente a diferentes modalidades de uso solo e ao ecossistema natural.

4.2 Material e métodos

A caracterização da área de estudo está descrita no item “3.1 Caracterização do ambiente de estudo” página 28 desta dissertação, que aborda além da localização da área, uma visão geral do sistema agroflorestal e dos aspectos ambientais do local.

4.2.1 Escolha e caracterização das áreas de estudo

Para o estudo, realizou-se a seleção de áreas baseando-se nas formas de uso e ocupação do solo que pudessem representar a região de Ouro Preto do Oeste e que, ao mesmo tempo, caracterizassem um gradiente decrescente em biodiversidade e cobertura do solo.

Sendo assim, atendendo a essas premissas, decidiu-se utilizar sistemas de manejo de uso do solo presentes e próximos à estação experimental da CEPLAC em Ouro Preto do Oeste, e a partir disso caracterizou-se os seguintes tratamentos: Sistema agroflorestal multiestratificado

(SAF); Cacaueiro com manejo agroecológico (CAG) e Pastagem com brachiaria (PBR) (Figura 9). Como área de referência, avaliou-se um remanescente de floresta nativa (FLN), adjacente à área de estudo.

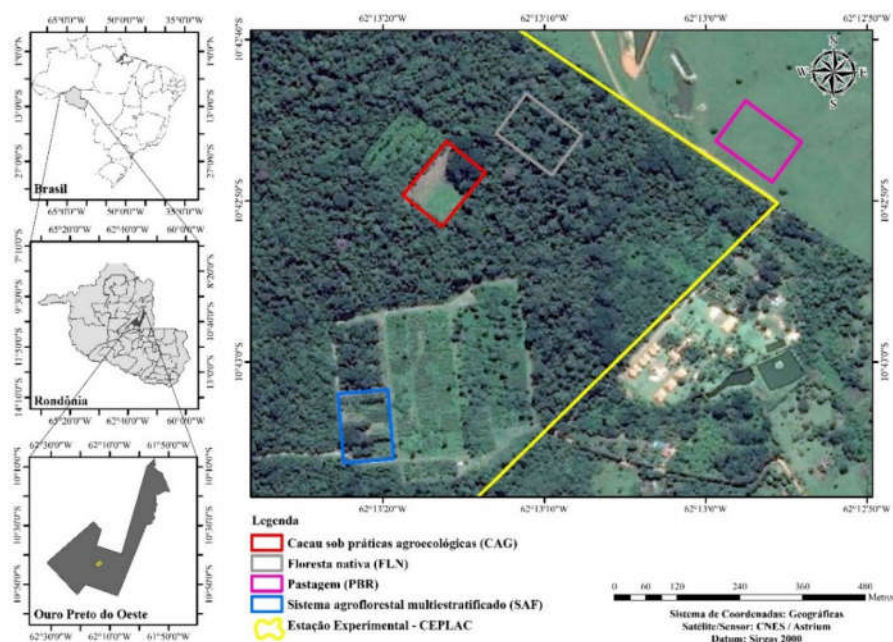


Figura 9 – Localização dos tratamentos considerados na estação experimental da CEPLAC em Ouro Preto do Oeste – RO.

Na Tabela 3 são apresentadas as características físicas e químicas do solo das áreas consideradas para os tratamentos.

Tabela 3 – Características físicas e químicas do solo para os diferentes sistemas de uso do solo na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.

Tratamento ⁽¹⁾	Camada (cm)	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	V ⁽²⁾ %	P mg dm ⁻³	K ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Areia	Silte	Argila
SAF	0 - 20	5,80	5,20	59,10	2,50	41,00	2,00	0,42	0,00	661,00	128,00	211,00
	20 - 40	5,90	5,10	63,20	1,20	50,00	1,26	0,33	0,00	600,00	143,00	257,00
CAG	0 - 20	6,70	6,40	78,60	6,90	94,00	7,71	0,78	0,00	476,00	177,00	347,00
	20 - 40	6,50	5,70	41,00	2,10	70,00	3,44	0,52	0,00	415,00	162,00	423,00
PBR	0 - 20	5,60	4,60	34,20	2,00	83,00	1,32	0,29	0,06	615,00	128,00	257,00
	20 - 40	5,80	4,90	70,30	0,90	52,00	1,24	0,23	0,00	492,00	176,00	332,00
FLN	0 - 20	5,70	5,10	58,70	1,40	83,00	3,43	0,63	0,00	415,00	162,00	423,00
	20 - 40	5,70	5,00	53,10	1,00	68,00	2,74	0,48	0,00	353,00	190,00	457,00

⁽¹⁾ SAF: sistema agroflorestal multiestratificado; CAG: cacau sob manejo agroecológico; PBR: pastagem; FLN: floresta natural; ⁽²⁾ saturação por bases.

O tratamento FLN caracteriza-se por ser um fragmento de floresta nativa, classificado como Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Palmeiras (INSTITUTO BRASILEIRO... 2012); o tratamento PBR refere-se a uma pastagem, com idade superior a 15 anos, constituídas predominantemente, pela gramínea forrageira *Brachiaria* sp., em condições adequadas de uso e manejo, o tratamento CAG trata-se de um plantio de cacau (*Theobroma cacao* L.), no espaçamento 3 x 3m, sob manejo agroecológico com 2 anos de idade (Figura 10). Ressalta-se que nessa última área anteriormente existia um plantio conduzido de forma convencional durante 8 anos até encerramento das atividades.

Na mesma área encontram-se, sombreando as plantas de cacau bananeiras (*Musa* sp.) no espaçamento 3 x 3m e a leguminosa arbustiva gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) com espaçamento de 6 x 6m, que têm a função de proteger cacauzeiros jovens da radiação solar nos primeiros anos de cultivo.



Figura 10 – Aspecto de cada ambiente considerado para o desenvolvimento do trabalho na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO. A – Floresta nativa (FLN); B – Cacau sob cultivo orgânico (CAG); C – Pastagem (PBR); D – Sistema agroflorestal multiestratificado (SAF).

4.2.2 Amostragem e coleta do solo

No mês de julho de 2015, período de estiagem na região, realizou-se as coletas de solo. Para desempenhar essa atividade fez-se necessário adotar um padrão de amostragem, considerando-se as dimensões do sistema agroflorestal multiestratificado (80 x 125 m) para a delimitação dos demais tratamentos.

Em cada tratamento, estabeleceram-se 5 unidades amostrais medindo 20 x 30m (Figura 11), empregando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), haja vista que as áreas se encontram nas mesmas condições edafoclimáticas, constando de 4 tratamentos e 2 profundidades.

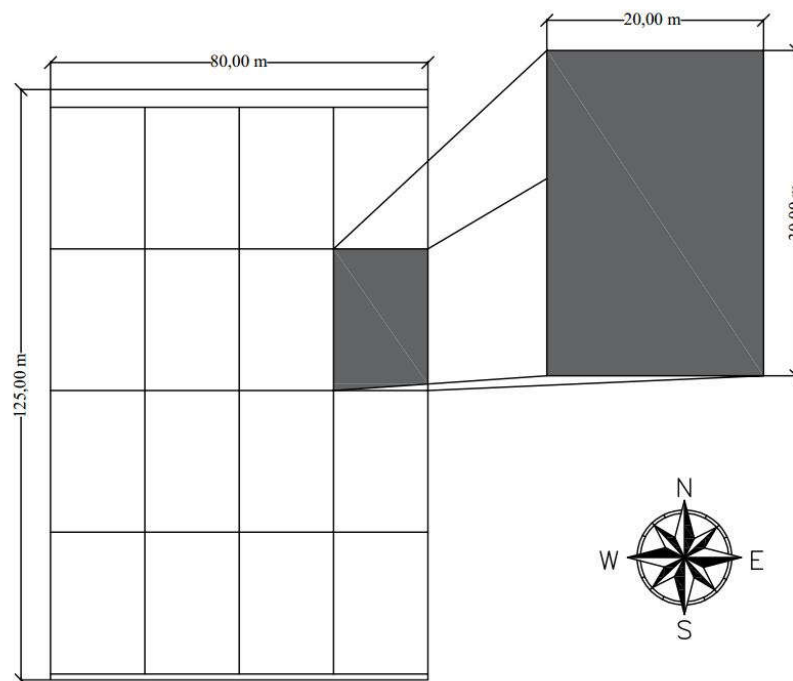


Figura 11 – Representação das dimensões de cada tratamento (SAF; CAG; PBR e FLN) e do esquema das unidades amostrais para coleta de solos na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.

Para as determinações da densidade do solo (DS) e espaço poroso do solo (macro e microporosidade), escavou-se em cada unidade amostral, de cada tratamento, uma trincheira de 40 cm de largura, 70 cm de comprimento e 40 cm de profundidade. Em seguida coletou-se amostras com estrutura preservada em cilindros metálicos, medindo 60,28 mm de diâmetro

interno e 40,52 mm de altura, com bordas cortantes. As amostras foram coletadas entre as camadas de 0 e 20 cm e entre 20 e 40 cm de profundidade (Figura 12).

Nas mesmas profundidades e posições que se encontravam os cilindros metálicos, realizou-se a coleta de amostras de solo deformadas para a determinação do carbono orgânico total do solo (COT).

Após as coletas, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, onde foram previamente preparadas e submetidas à saturação, com a técnica de elevação gradual de água, submergindo-as cerca de dois terços da altura do anel. Esse procedimento foi necessário para determinação da macroporosidade (eq. (1)) e microporosidade (eq. (2)) por meio do método da mesa de tensão (EMPRESA..., 2011).

$$Mip = \left(\frac{a}{c} - \frac{b}{c} \right) \quad (1)$$

$$Map = Vs \cdot Mip \quad (2)$$

Sendo: Mip = microporosidade ($m^3 m^{-3}$); Map = macroporosidade ($m^3 m^{-3}$); a = massa de amostra após ser submetida a uma tensão de 60 cm de coluna de água (kg); b = massa da amostra seca a 105°C (kg); c = volume do cilindro (m^3); Vs = volume de saturação ($m^3 m^{-3}$).



Figura 12 – Processo de coleta de amostras de solo indeformadas na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO. A – Escavação da trincheira; B – Medição da profundidade desejada para coleta; C – Trincheira pronta; D – Processo de coleta; E – Amostra recém retirada; F – Toaleta das amostras.

Para a obtenção da densidade do solo (eq. (3)) utilizou-se a metodologia em que as amostras indeformadas são acondicionadas em estufa com temperatura de 105°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) até apresentar massa constante (EMPRESA..., 1997b). Os valores encontrados para densidade foram utilizados para o cálculo da estocagem de carbono no solo.

$$D_s = \frac{a}{b} \quad (3)$$

Sendo: D_s = densidade do solo (Mg m^{-3}); a = massa da amostra seca a 105°C (Mg); b = volume do cilindro (m^3).

4.2.3 Determinação do teor de carbono orgânico total do solo (COS)

Para determinar o teor de carbono do solo, nos diferentes tipos de uso do solo, fez-se necessário o preparo da amostra deformada, a fim de se obter terra fina seca ao ar (TFSA), por meio do destorroamento e peneiramento em malha de 2 mm (EMPRESA..., 2011).

Em seguida triturou-se cerca de 20 g de TFSA em almofariz (pilão de porcelana), e, após essa etapa, peneirou-se o material em malha de 0,25 mm até que se observasse aspecto de pó.

Com esse material preparado, realizou-se a determinação de C por meio do método de oxidação via dicromato de potássio, ajustado para condições amazônicas por Silva et al., (2014), que consiste na adição sequencial de, aproximadamente, 0,5 g do solo em pó, aferido em balança com precisão de 0,001; 10 ml de dicromato de potássio (0,166 M); 10 ml de ácido sulfúrico concentrado; 3 ml de ácido ortofosfórico concentrado; 47 ml de água destilada ou deionizada com mais 10 gotas do indicador difenilamina (10 g l^{-1}) em um erlenmeyer de 125 ml.

Após o resfriamento, titulou-se as amostras com sulfato ferroso amoniacal (0,5 M), por meio de bureta digital e agitador magnético, até transição da cor da mistura, de roxo para verde, anotando-se, ao final, o volume gasto de sulfato ferroso amoniacal (Figura 13). Deste modo, prosseguiu-se para o cálculo do teor de carbono do solo, utilizando-se a eq. (4):

$$C = \frac{(BR - AM) \times 3,9 \times \left(\frac{10}{FT}\right)}{MA} \quad (4)$$

Sendo: C = Carbono total da amostra (g kg^{-1}); BR = Média do volume gasto de sulfato ferroso amoniacal para titular três repetições de 10 ml de dicromato de potássio (0,166 M) + 10 ml de ácido sulfúrico concentrado + 3 ml de ácido ortofosfórico concentrado + 47 ml de água destilada ou deionizada (ml) + 10 gotas do indicador difenilamina (10 g l^{-1}); AM = Volume gasto de

sulfato ferroso amoniacal para titular a amostra (ml); FT = Média do volume gasto para titular três repetições de 10 ml de dicromato de potássio (0,166 M) + 3 ml de ácido ortofosfórico concentrado + 47 ml de água destilada ou deionizada (ml) + 10 gotas do indicador difenilamina (10 g l^{-1}); MA = Massa utilizada de solo utilizado para determinação de C, neste caso 0,5 g.



Figura 13 – Titulação das amostras com sulfato ferroso amoniacal para determinação do teor de COS.

4.2.4 Cálculo do estoque de carbono total do solo (COS)

Os cálculos dos estoques de C total do solo foram realizados a partir dos teores de C juntamente com a densidade do solo, para cada camada amostrada, utilizando-se a eq. (5) de Veldkamp (1994).

$$\text{Est COT} = \frac{(C \times D_s \times e)}{10} \quad (5)$$

Sendo: Est COS = Estoque de carbono orgânico em determinada profundidade (Mg ha^{-1}); C = Teor de carbono orgânico em determinada profundidade amostrada (g kg^{-1}); D_s = Densidade do solo da profundidade (g cm^{-3}); e = espessura da camada considerada (cm).

4.2.5 Análise estatística

O conjunto de dados foi submetido ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, a 5% de significância, e posteriormente, com o propósito de se conhecer diferenças significativas entre os tratamentos, aplicou-se a análise de variância (ANOVA) aos resultados.

As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, conforme recomendação de Lúcio et al. (2003), para caracterizar diferenças entre as médias. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico Assisat (SILVA, 2008).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Atributos físicos do solo

Nos diferentes ambientes estudados verificou-se diferenças, por meio do teste de F, para os parâmetros analisados, exceto para macroporosidade, entre as camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm (Tabela 4).

Tabela 4 – Características físicas em Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico sob diferentes sistemas de uso do solo em duas profundidades na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.

Tratamento ⁽¹⁾	Profundidade (cm)	
	0 - 20	20 - 40
	Densidade do solo - Ds (Mg m ⁻³)	
SAF	1,63a	1,72a
CAG	1,56a	1,59b
PBR	1,55a	1,53b
FLN	1,43b	1,51b
CV (%)	5,81	5,7
	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)	
SAF	0,12 ^{ns}	0,05 ^{ns}
CAG	0,12 ^{ns}	0,04 ^{ns}
PBR	0,10 ^{ns}	0,05 ^{ns}
FLN	0,13 ^{ns}	0,07 ^{ns}
CV (%)	29,59	28,22
	Microporosidade (m ³ m ⁻³)	
SAF	0,27b	0,29c
CAG	0,32a	0,38a
PBR	0,32a	0,35b
FLN	0,34a	0,37a
CV (%)	6,69	5,62
	Volume total de poros (m ³ m ⁻³)	
SAF	0,39b	0,34c
CAG	0,44b	0,42a
PBR	0,42b	0,40b
FLN	0,47a	0,44a
CV (%)	7,7	5,17

⁽¹⁾ SAF: sistema agroflorestal multiestratificado; CAG: cacau sob manejo agroecológico; PBR: pastagem; FLN: floresta natural; ^{ns}= não significativo. Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em relação a densidade do solo, os valores encontrados são superiores a $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$, indicando, conforme Souza et al. (2005) e Silva et al. (2015), que estão acima do nível crítico, ou seja, em condições de promover restrição ao crescimento radicular e infiltração de água no solo.

Nos tratamentos SAF, CAG e PBR, observa-se que as médias de densidade, entre 0 e 20 cm, são semelhantes e diferindo apenas da referência (FLN), que foi, em média, 90% menor que os demais tratamentos.

Já na camada de 20 a 40 cm, o sistema agroflorestal multiestratificado foi o único que se diferenciou das demais médias ($1,72 \text{ Mg m}^{-3}$) e o ambiente FLN apesar de não ter diferença dos demais sistemas (pastagem e cacau) apresentou a menor média ($1,51 \text{ Mg m}^{-3}$), sugerindo maior eficiência na qualidade do solo, provavelmente por conta da elevada densidade de plantas e do acúmulo de serrapilheira na superfície do solo (PEZARICO et al., 2012).

Por outro lado, Richart et al. (2005) corroboram nesse sentido ao afirmarem que solos com cobertura ineficiente são mais susceptíveis a ação das gotas de chuva, consideradas como uma fonte natural de compactação e desagregação do solo ao longo dos anos. De modo semelhante, o tratamento CAG, detentor da segunda maior média para D_s , se encontra em fase inicial de implantação e em decorrência disso, a cobertura do solo existente, talvez não seja capaz de promover proteção suficiente às chuvas.

De forma geral, a D_s na camada de 20 a 40 cm comportou-se de acordo com a descrição de Sato (2005), ou seja, apresentando tendência na elevação dos valores ao passo que se aumenta a profundidade no perfil do solo. Conforme o autor, esse comportamento é natural e típico, devido as pressões exercidas nas camadas superficiais que promovem compactação e redução da matéria orgânica nas camadas mais profundas, reduzindo-se a porosidade do solo.

No entanto, percebe-se que o SAF apesar de apresentar uma estrutura multiestratificada que imita a sucessão de florestas naturais não atingiu valores próximos para densidade do solo quando comparado ao ambiente natural, assemelhando-se por outro lado as formas de produção convencional. Esse fato pode estar associado ao arranjo e espaçamento das espécies utilizadas no sistema que não permitiram a formação de um dossel fechado, resultando em menor cobertura do solo, e conseqüentemente, menor proteção. Loss et al. (2009), Froufe et al. (2011) e Silva et al. (2011) também verificaram que os valores para os atributos físicos do solo em SAFs foram semelhantes aos dos solos de sistemas agrícolas convencionais.

Ainda em relação ao tratamento SAF, verifica-se que apesar de ter-se utilizado uma quantidade diferentes de espécies, o arranjo e o espaçamento não permitiram a formação de um dossel fechado, que resultou em menor cobertura do solo e conseqüentemente, menor proteção.

Além disso Silva et al. (2008) alertam que os sistemas conservacionistas, nos quais os SAFs se incluem, são submetidos a pouco ou nenhum revolvimento do solo, o que pode favorecer o aumento da Ds nas camadas superficiais em relação aos sistemas convencionais.

Os resultados de densidade do solo no SAF, na camada de 0 a 20 cm, estão de acordo com os de Silva et al. (2011), que observou em sistemas agrofloretais com 18 anos de implantação sob Argissolo Amarelo distrocoeso (PAdx), em Prado – BA, resultados com amplitude de 1,47 a 1,65 Mg m⁻³, ou seja, abrangendo a média encontrada para esse trabalho que foi de 1,63 Mg m⁻³.

Carvalho et al. (2004) observaram na camada de 0 a 20 cm, também em sistema agroflorestral, uma Ds média de 0,91 Mg m⁻³, que comparativamente aos resultados encontrados para o tratamento SAF é inferior.

A macroporosidade não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos. Os valores médios na camada de 0 a 20 cm variaram de 0,10 a 0,13 m³ m⁻³, demonstrando que estão acima do mínimo para o desenvolvimento satisfatório das plantas, que é de 0,10 m³ m⁻³, independentemente do tipo de solo (MATIAS et al., 2012). Já os valores encontrados na camada de 20 a 40 cm estão abaixo desse limite, comprometendo a drenabilidade e aeração do solo. Este efeito pode estar relacionado aos altos valores de Ds observados neste estudo, pois Richart et al. (2005) e Matias et al. (2009) reforçam essa ideia ao explicarem que a Ds apresenta relação inversamente proporcional com a macroporosidade, ou seja, ao se elevar o primeiro diminui-se o segundo.

Em relação a microporosidade nota-se que os menores valores são observados no tratamento SAF nas duas camadas avaliadas, e nos tratamentos CAG, PBR e FLN, as médias para este atributo não diferem entre si, exceto na camada de 20 a 40 cm que pastagem difere de todos os tratamentos.

Para o atributo volume total de poros, na camada de 0 a 20 cm todos os tratamentos diferiram da referência (FLN) que apresentou a maior média, e na camada de 20 a 40 cm apenas o tratamento CAG foi semelhante, destacando-se que no tratamento SAF verificou-se a menor média para volume total de poros em ambas profundidades.

Assim como para a macroporosidade, as variações observadas para o volume total de poros podem estar associadas a densidade do solo. Souza Neto et al. (2008) corroboram com os

resultados ao afirmarem que a D_s é um atributo que pode indicar condições restritivas ao desenvolvimento radicular, principalmente no que diz respeito a umidade do solo, a resistência à penetração e o espaço poroso do solo.

Nesse contexto, diante da perspectiva ambiental, Silva et al. (2015) afirmam que os atributos físicos do solo (D_s , macro, micro e porosidade total), são indicadores de serviços ambientais influenciados diretamente pelos sistemas de cobertura e, que em estado crítico, podem reduzir o armazenamento de água e promover a degradação dos solos via escoamento superficial.

Assim, os valores obtidos para esses atributos nos quatros ambientes analisados indicam que sistema agroflorestal não cumpriu de forma satisfatória o serviço ambiental que se espera de um sistema conservacionista, possivelmente pela forma de arranjo e espaçamento das espécies, que resultou em menor cobertura do solo.

4.3.2 Teor e estoque de carbono orgânico total do solo (COS)

Os valores para teor de COS dos sistemas de uso e cobertura do solo estudados, bem como da floresta nativa utilizada como referência estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Teores de carbono orgânico do solo (COS) em diferentes sistemas de uso do solo e em duas profundidades na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.

Tratamento ⁽¹⁾	Profundidade (cm)		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40
	Teor de C no solo (g kg ⁻¹)		
SAF	7,60b	4,98b	12,58b
CAG	13,82a	9,80a	23,62a
PBR	13,30a	7,36a	20,66a
FLN	12,68a	8,51a	21,19a
CV (%)	25,96	25,04	15,04

⁽¹⁾ SAF: sistema agroflorestal multiestratificado; CAG: cacau sob manejo agroecológico; PBR: pastagem; FLN: floresta natural. Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Observa-se decréscimo nos teores C no perfil do solo independentemente do ambiente analisado, esse comportamento é explicado por Corazza et al. (1999), ao relatarem que um terço do COS se encontra na camada superficial do solo, por conta da alta concentração de matéria orgânica nessa região, gerada pela deposição e decomposição do material vegetal.

Dentre os tratamentos, os teores de C encontrados para o SAF diferem dos demais, indicando menor eficiência na estocagem de COS em ambas profundidades. Esses resultados

seguem a mesma tendência observada por Froufe et al. (2011) que obtiveram teores de COS na ordem de $18,55 \text{ g kg}^{-1}$ em sistema agroflorestal multiestratificado com 16 anos de implantação, os autores ainda mencionam que as práticas realizadas em SAFs são questionáveis, pois nem sempre promovem maiores estoques de COS.

Sharrow e Ismail (2004) obtiveram valores para o estoque de COS em pastagens superiores aos encontrados em sistemas agroflorestais, além disso os autores também puderam observar que pastagens e plantios agrícolas jovens podem armazenar quantidades semelhantes de COS.

Em relação a pastagem, o comportamento para os estoques de COS adequa-se as descrições realizadas por Costa Junior (2008) e Siqueira Neto et al. (2009), nas quais afirmam que os estoques de COS em pastagens podem atingir níveis muito próximos aos existentes em florestas naturais, pois o sistema radicular da gramínea, além de ser abundante e volumoso, é constantemente renovado, disponibilizando grande quantidade de matéria orgânica ao solo.

Os estoques de COS seguiram a mesma tendência observada para os teores, exceto na profundidade de 20 a 40 cm, na qual nota-se que o agroecossistema PBR assemelha-se ao SAF, ambos apresentando menor eficiência de estocagem de COS (Tabela 6).

Tabela 6 – Estoques de carbono orgânico do solo (COS) em diferentes sistemas de uso do solo em diferentes profundidades na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.

Tratamento ⁽¹⁾	Profundidade (cm)		
	0 - 20	20 - 40	0 - 40
	Estoque de C no solo (Mg ha^{-1})		
SAF	24,79b	17,26b	42,05b
CAG	42,71a	31,06a	73,76a
PBR	41,30a	22,31b	63,61a
FLN	36,07a	25,49a	61,56a
CV (%)	24,15	24,49	14,24

⁽¹⁾ SAF: sistema agroflorestal multiestratificado; CAG: cacau sob manejo agroecológico; PBR: pastagem; FLN: floresta natural. Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Nesse contexto as considerações de Parron et al. (2015) auxiliam na explicação dos resultados obtidos ao destacarem que os estoques de COS variam em função do tipo de solo, profundidade, clima, bioma e, principalmente, uso e manejo do solo.

Ainda nessa perspectiva, os autores afirmam que as determinações dos estoques de COS configuram-se como valiosas ferramentas no âmbito das mudanças climáticas ao constituírem-se como importantes indicadores de serviços ambientais.

Apesar da baixa eficiência verificada nos resultados para o tratamento SAF, cabe ressaltar que os sistemas agroflorestais, desde que adequadamente manejados, têm grande potencial para elevar os estoques de COS, já que, em geral, possuem diversidade vertical e horizontal razoável, sendo assim tendem a demonstrar estoques de COS semelhantes aos ecossistemas naturais e, em muitos casos, superiores àqueles encontrados em pastagens ou culturas de campo (SCHROEDER, 1994; SANCHEZ, 2000; NAIR et al., 2009; FROUFE et al., 2011; ROCHA et al., 2014).

Além de contribuir na redução do carbono atmosférico, os SAFs podem ser protagonistas na recuperação de áreas degradadas em propriedades rurais (áreas de preservação permanente ou reserva legal), principalmente na agricultura familiar, e, conseqüentemente, estimulam o incremento de áreas com boa capacidade produtiva. Essas ações podem diminuir a pressão sobre os fragmentos florestais remanescentes, haja vista que o objetivo dos SAFs é produzir, harmonicamente, alimentos e produtos florestais, reduzindo-se os impactos à vegetação nativa (RODRIGUES et al., 2007).

4.4 Conclusões

Os diferentes usos e manejos influenciaram nos atributos físicos, teores e estoques de carbono do solo.

Os SAFs apresentaram resultados pouco satisfatórios, possivelmente devido a estrutura de dossel que não foi capaz de conferir proteção suficiente ao solo, expondo-o de forma mais intensa aos agentes do intemperismo, e também, o aporte de matéria orgânica que não foi suficiente para elevar os estoques de COS.

Indica-se o uso indivíduos de diferentes grupos ecológicos, principalmente espécies recuperadoras, na implantação de SAFs, pois remetem ao processo de sucessão ecológica e podem promover estruturas de dossel mais eficientes e conseqüentemente, maior depósito de serrapilheira que resultam em maior teor de matéria orgânica no solo.

5 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA EM SISTEMA AGROFLORESTAL MULTIESTRATIFICADO

RESUMO

O objetivo do trabalho foi realizar a caracterização tecnológica das madeiras de freijó (*Cordia goeldiana*), mogno africano (*Khaya senegalensis*), pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*) e teca (*Tectona grandis*) em sistema agroflorestal multiestratificado. As árvores foram obtidas de um SAF em Ouro Preto do Oeste, com 17 anos de idade no espaçamento 5 x 2,5 m. De cada espécie selecionou-se aleatoriamente três árvores, das quais retirou-se uma amostra do fuste com 150 cm de comprimento, a partir da base, para a determinação das propriedades físicas (estabilidade dimensional, densidade básica e aparente) e mecânicas da madeira (compressão paralela e flexão estática). Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade e estatística descritiva. A madeira de mogno africano apresentou as maiores médias para as densidades (0,52 g cm⁻³ básica e 0,73 g cm⁻³ aparente), seguida das espécies teca e freijó, ambas com os mesmos valores, e pinho cuiabano. A retratibilidade linear das madeiras estudadas seguiu o conceito geral (longitudinal<radial<tangencial), a retratibilidade volumétrica indica que a madeira de teca é pouco retrátil (7,85%), as madeiras de mogno africano e freijó são retráteis e a de pinho cuiabano muito retrátil, os coeficientes de anisotropia mostraram que a madeira de mogno africano (1,90) e freijó (1,85) têm alta estabilidade dimensional, a madeira de teca possui estabilidade média e a de pinho cuiabano alta instabilidade dimensional. No ensaio de compressão paralela a maior resistência é da madeira de freijó (32,32 MPa) seguida das espécies teca, mogno africano e pinho cuiabano. No ensaio de flexão estática as espécies seguiram a mesma sequência de resistência observada na compressão paralela: freijó como a maior (63,50 MPa) seguida de teca, mogno africano e pinho cuiabano, o módulo de elasticidade na flexão foi maior para madeira de freijó (6905,40 MPa) seguida de teca, pinho cuiabano e mogno africano. Os SAFs não comprometem a qualidade da madeira produzida, entretanto no cultivo de espécies florestais para fins madeireiros o planejamento de implantação e a execução de tratamentos culturais são fundamentais para a obtenção de resultados mais satisfatórios.

Palavras-chave: SAF. Amazônia. Propriedades da madeira.

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify the technological characterization of freijó wood (*Cordia goeldiana*), african mahogany (*Khaya senegalensis*), cuiabano pine (*Schizolobium amazonicum*) and teak (*Tectona grandis*) in the multistratified agroforestry system. The trees were obtained from a SAF in Ouro Preto do Oeste, at age 17 with 5 x 2.5 spaced. From each specie, three trees were randomly selected which drew a sample of the bole with 150 cm long, from the basis for determining the physical properties (dimensional stability, specific gravity and apparent) and wood mechanical properties (parallel compression and static bending). The results were submitted to normality test and descriptive statistics. The african mahogany wood presented the highest average for the density (0.52 g cm⁻³ basic and 0.73 g cm⁻³ aspect), followed by the teak and freijó species, both with the same values, and the cuiabano pine. The linear retractability of the studied woods followed the general concept (longitudinal <radial <tangential), the volumetric retractability indicates that the teak wood is not so retractable (7.85%), the african mahogany and freijó woods are retractable and the cuiabano pine is very retractable; the coefficients anisotropy showed up that the african mahogany wood (1.90) and the freijó wood (1.85) have high dimensional stability; the teak wood has average stability and the cuiabano pine has high dimensional instability. In the parallel compression test the greatest resistance is from freijó wood (32.32 MPa) followed the teak, african mahogany and pine cuiabano species. In the static bending test the species followed the same sequence in its strength parallel compression: freijó as the largest (63,50 MPa) followed by teak, african mahogany and cuiabano pine; the modulus of elasticity in bending was higher for freijó wood (6905.40 MPa) followed by the teak, cuiabano pine and african mahogany. The SAFs do not compromise the quality of the wood produced, but in the cultivation of forest species for logging purposes the deployment planning and the execution of cultural practices are fundamental to obtain more satisfactory results.

Keywords: SAF. Amazônia. Wood properties.

5.1 Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAFs) têm sido apontados como alternativa aos sistemas convencionais de produção, pois permitem a obtenção de recursos e serviços ambientais otimizando o espaço, por meio de cultivos simultâneo de espécies agrícolas e florestais, submetidos a um sistema de manejo que, propõem-se a causar menor impacto ao meio ambiente, uma vez que é baseado em premissas agroecológicas (ALTIERI, 2012).

Esse sistema de cultivo chama atenção principalmente na Amazônia, onde a atividade agropecuária é baseada na agricultura familiar. Nesse contexto destaca-se o estado de Rondônia que possui 86% dos imóveis rurais nessa modalidade (INSTITUTO BRASILEIRO..., 2006), destacando assim seu grande potencial de expansão na área de SAFs (ABDO et al., 2008).

Entretanto, de acordo com Brienza Junior et al. (2009), não se tem informações relevantes a respeito dos SAFs, no que se refere aos seus níveis de sustentabilidade. Esse cenário fica mais agudo ao tratar-se das espécies florestais, no âmbito da qualidade da madeira produzida nesse sistema.

No entanto, é importante que se construa diretrizes técnicas para a produção de madeira com qualidade em SAFs, para então tornar o processo eficiente e competitivo.

Diante disso, a caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira apresenta-se como valiosa ferramenta para descrever a qualidade desse produto obtido do elemento florestal em um dado sistema de produção. Stangerlin et al. (2010) corroboram nesse sentido ao mencionarem que o conhecimento das propriedades da madeira se torna indispensável ao avaliar seu uso e qualidade, pois a partir disso é possível compará-la a outras madeiras de propriedades conhecidas, e por analogia indicar sua utilização.

Portanto, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar e avaliar a qualidade da madeira de freijó (*Cordia goeldiana*), mogno africano (*Khaya senegalensis*), pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*) e teca (*Tectona grandis*), produzida em sistema agroflorestal multiestratificado, frente a aplicação de testes físico-mecânicos.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A caracterização da área de estudo está descrita no item “3.1 Caracterização do ambiente de estudo” página 28 desta dissertação, que aborda além da localização da área, uma visão geral do sistema agroflorestal e dos aspectos ambientais do local.

5.2.2 Seleção e coleta das amostras

Para desenvolvimento dessa pesquisa, foram utilizadas as espécies florestais madeireiras: freijó (*Cordia goeldiana*), mogno africano (*Khaya senegalensis*), pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*) e teca (*Tectona grandis*).

De cada espécie, selecionou e abateu-se aleatoriamente em cada renque, três árvores, das quais retirou-se uma tora de 150 cm de comprimento, a partir da base do fuste, região esta que representa as propriedades médias da madeira de um indivíduo (MELO, R. et al., 2013; AVELINO, 2012) (Figura 14).



Figura 14 – Retirada das amostras de madeira para os testes físicos-mecânicos em sistema agroflorestal na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO. Abate da árvore para retirada da tora (A), medição do ponto de seccionamento da tora a 150 cm da base do fuste (B) e retirada da tora (C).

5.2.3 Retirada dos corpos-de-prova para a caracterização tecnológica da madeira

Para a caracterização físico-mecânica da madeira retirou-se das toras blocos de madeira com dimensões de 12 x 12 x 150 cm, por meio do uso de serras circulares (Figura 15).



Figura 15 – Exemplo de serra circular utilizada para o desdobro primário das toras e confecção dos blocos de madeira para retirada dos corpos-de-prova.

Fonte: KIMAQUINAS. **Máquinas para Móveis de Madeira:** Serra Circular Multipla com um motor de 60 hp trif. com painel largura 400 mm. Vantec. Disponível em < <http://kimaquinas.com/tag/maquinas-para-moveis-de-madeira/>>. Acesso em: 22 nov.de 2015.

Os blocos, por sua vez, foram submetidos ao desdobramento dando-se origem aos corpos-de-prova, seguindo os parâmetros técnicos para determinação das propriedades físicas (densidade básica, densidade aparente e estabilidade dimensional) e mecânicas (compressão paralela às fibras e flexão estática) (COMISIÓN..., 1972) (Figura 16).

Os corpos-de-prova foram confeccionados evitando-se retirá-los das extremidades do bloco, de regiões defeituosas ou com presença de nós e medula. E ainda, as peças que apresentavam grande inclinação da grã foram descartadas.

Foram obtidos por espécie no mínimo 12 corpos-de-prova para a caracterização das propriedades físicas e mecânicas. Em seguida, antecedendo os ensaios destrutivos os corpos-de-prova foram acondicionados em câmara climatizada ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura e $65\% \pm 5\%$ de umidade relativa) até atingirem teor de umidade de equilíbrio próximo a 12%.

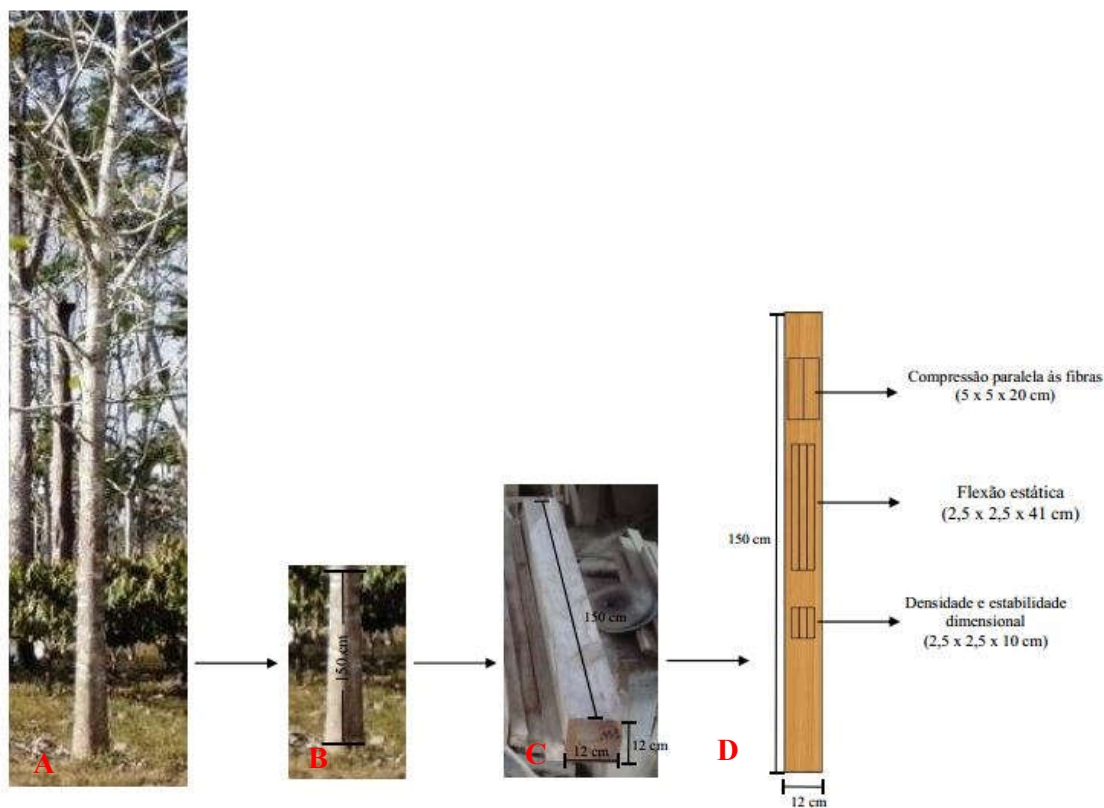


Figura 16 – Esquema de obtenção dos corpos-de-prova para caracterização físico-mecânica das madeiras das espécies freijó (*Cordia goeldiana*), pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*), teca (*Tectona grandis*) e mogno africano (*Khaya senegalensis*) em sistema agroflorestal multiestratificado na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO. Sendo: A – árvore escolhida aleatoriamente; B – posição para retirada da tora de 150 cm; C – Bloco de madeira obtido após o processamento da tora; D – Dimensões dos corpos-de-prova utilizados para os testes.

5.2.3.1 Caracterização das propriedades físicas da madeira

Para a determinação da densidade aparente, realizou-se a medição dos corpos-de-prova, em equilíbrio higroscópico com as condições de condicionamento empregadas, nos sentidos radial, tangencial e longitudinal por meio de paquímetro digital, obtendo-se assim, o volume dos corpos-de-prova em umidade de equilíbrio (V_{12}) (Figura 17).

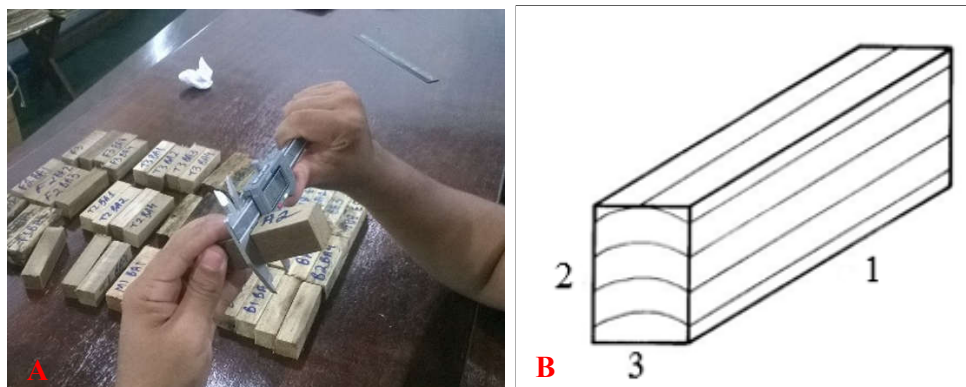


Figura 17 – Medição das dimensões dos corpos-de-prova para obtenção da densidade básica e aparente (A) e representação dos sentidos: 1– longitudinal; 2 – radial e 3 – tangencial, para determinação das contrações linear e volumétrica (B). Fonte: Adaptado de: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projetos de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro: ABNT, v. 1, 1997. 107 p. v. 1.

Concomitantemente, fez-se a pesagem de cada peça em balança com precisão de 0,01g para obtenção da massa úmida (m_{12}) e assim a determinação da densidade aparente conforme eq. (6) (COMISIÓN..., 1972a).

$$\rho_{ap} = \frac{m_{12}}{V_{12}} \quad (6)$$

Em que: ρ_{ap} = densidade aparente da madeira (g cm^{-3}); m_{12} = massa da madeira a 12% de umidade (g) e V_{12} = volume da madeira a 12% de umidade (cm^3).

Em seguida, os mesmos corpos-de-prova foram submetidos à imersão em água e pesados periodicamente até saturação completa da madeira, para obter o cálculo do volume saturado (V_{sat}).

Ao final, os corpos-de-prova foram condicionados por 48 horas em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2$, até atingirem massa constante para determinação da massa seca da madeira (m_s) e posterior cálculo da densidade básica, como segue eq. (7) (COMISIÓN..., 1972b).

$$\rho_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}} \quad (7)$$

Em que: ρ_{bas} = densidade básica da madeira (g cm^{-3}); m_s = massa seca e V_{sat} = volume saturado da madeira (cm^3).

A estabilidade dimensional foi obtida a partir do volume das amostras nas condições de saturação em água e secagem total em estufa. Determinou-se os parâmetros contração linear (eq. (8)) e contração volumétrica total da madeira (eq. (9)) (REZENDE; ESCOBEDO, 1988), para cada sentido anatômico, bem como o coeficiente de anisotropia, que é razão entre a contração tangencial e radial.

$$r = \left(\frac{L_{,sat} - L_{,seca}}{L_{,sat}} \right) \times 100 \quad (8)$$

$$V_{retr} = \left(\frac{V_{sat} - V_{seca}}{V_{sat}} \right) \times 100 \quad (9)$$

Em que: r = deformação de retração no sentido axial, transversal ou radial (%); $L_{,sat}$ = dimensão da madeira saturada no sentido axial, transversal ou radial (mm) e $L_{,seca}$ = dimensão da madeira seca no sentido axial, transversal ou radial (mm); V_{retr} = contração volumétrica (%); V_{sat} = volume da madeira saturado (cm^3) e V_{seca} = volume da madeira seca a $103^\circ\text{C} \pm 2$ (cm^3).

5.2.3.2 Caracterização das propriedades mecânicas da madeira

Após o processamento da madeira, obteve-se os corpos-de-prova para a realização dos testes de compressão paralela às fibras e flexão estática que estão caracterizados na Tabela 7.

Tabela 7 – Caracterização dos corpos-de-prova utilizados para os ensaios mecânicos das espécies freijó (*Cordia goeldiana*), mogno africano (*Khaya senegalensis*), pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*) e teca (*Tectona grandis*) obtidos em sistema agroflorestal multiestratificado na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.

Ensaio	Quantidade	Dimensões (cm)	Umidade (%)	Norma
Compressão Paralela	12	5 x 5 x 20	12	COPANT 464
Flexão estática	12	2,5 x 2,5 x 41	12	COPANT 455

Fonte: COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS (COPANT). COPANT 455: **método de ensayo de flexion estática**. Caracas, 1972c. 5 p. e COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS (COPANT). COPANT 464: **método de determinación de la compresión parallel al grano**. Caracas, 1972d. 5 p.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal de Mato Grosso Campus Sinop. Para isso foi empregada a máquina universal de ensaios para obtenção de resistência e rigidez a compressão paralela e a flexão estática (Figura 18).

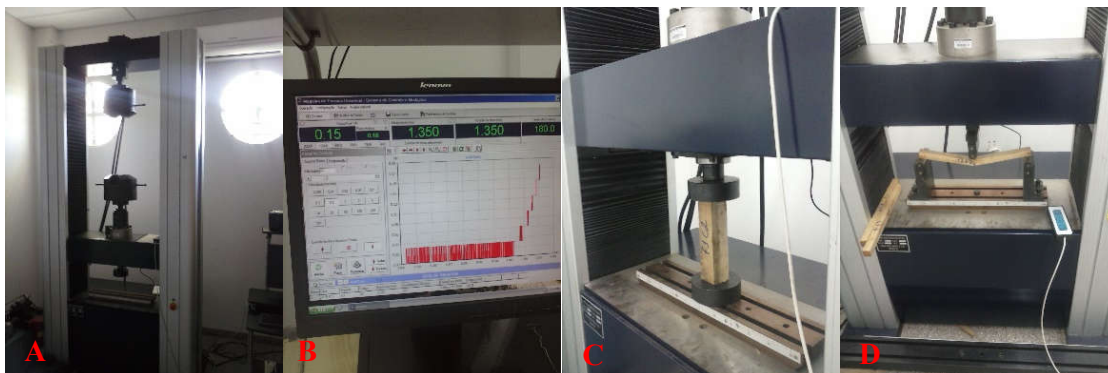


Figura 18 – Máquina universal de ensaios utilizados para os testes mecânicos (A), painel de controle dos ensaios (B), corpo-de-prova submetido ao ensaio de compressão paralela às fibras (C) corpo-de-prova submetido ao ensaio de flexão estática (D) realizados na Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop – MT.

A resistência da madeira no sentido paralelo às fibras foi determinada por meio do módulo de elasticidade (MOE) (eq. (10)), utilizando os corpos-de-prova em umidade de equilíbrio (12%) (SILVA et al., 2005).

$$MOE = \frac{P'L}{AD'} \quad (10)$$

Em que: MOE= módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras (MPa); A = área seção transversal do corpo de prova (mm²); P'= carga no limite de proporcionalidade (N); L = comprimento do transdutor (mm); D' = deformação no limite de proporcionalidade (mm).

Já para o ensaio de flexão estática, determinaram-se os módulos de elasticidade e ruptura conforme as eq. (11) e (12), respectivamente.

$$MOE = \frac{P'l^3}{4D'.b.^3} \quad (11)$$

$$MOR = \frac{1,5 P.l}{b h^2} \quad (12)$$

Em que: MOR= módulo de ruptura na flexão estática (MPa); MOE= módulo de elasticidade da flexão estática (MPa); P = carga de ruptura (N); l = distância entre os suportes (mm); b = largura do corpo de prova (mm); h = altura do corpo de prova (mm); D' = deformação do limite de proporcionalidade.

5.2.4 Avaliação dos resultados

O conjunto de dados foi submetido ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, a 5% de significância. Posteriormente, os parâmetros físicos e mecânicos foram avaliados por meio de estatística descritiva indicando-se valores máximo, médio, mínimo e coeficiente de variação. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Assistat (SILVA, 2008).

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Caracterização das propriedades físicas da madeira

Na Tabela 8 são descritos os valores médios obtidos para densidade básica, densidade aparente, bem como os parâmetros de estabilidade dimensional (contração linear e volumétrica) para as madeiras das espécies mogno africano (*Khaya senegalensis*), teca (*Tectona grandis*), freijó (*Cordia goeldiana*) e pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*).

Tabela 8 – Características físicas das madeiras das espécies mogno africano (*Khaya senegalensis*), teca (*Tectona grandis*), freijó (*Cordia goeldiana*) e pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*) em sistema agroflorestal multiestratificado na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.

Espécie	Valores	ρ_{bas} (g cm ⁻³)	ρ_{ap} (g cm ⁻³)	r_t (%)	r_r (%)	r_a (%)	V_{retr} (%)	$\frac{r_t}{r_r}$
<i>Khaya senegalensis</i>	Máximo	0,60	0,77	7,52	8,44	1,01	16,10	7,85
	Média	0,52	0,73	4,50	6,48	0,35	11,00	1,90
	Mínimo	0,45	0,63	1,05	4,43	0,03	8,17	1,02
	CV (%)	9,50	6,38	35,24	20,05	93,54	18,80	100,09
<i>Tectona grandis</i>	Máximo	0,49	0,64	3,91	6,81	0,80	9,69	7,16
	Média	0,44	0,58	2,30	5,20	0,51	7,85	2,79
	Mínimo	0,40	0,50	0,67	3,80	0,25	6,17	1,12
	CV (%)	7,68	8,07	42,06	19,26	37,33	15,79	59,15
<i>Cordia goeldiana</i>	Máximo	0,47	0,66	5,31	9,53	0,54	14,02	5,21
	Média	0,44	0,58	4,19	6,90	0,25	11,01	1,85
	Mínimo	0,40	0,53	1,41	4,44	0,01	7,97	1,08
	CV (%)	3,89	7,10	25,77	26,54	63,18	21,44	59,84
<i>Schizolobium amazonicum</i>	Máximo	0,36	0,43	6,97	7,75	0,71	41,09	12,59
	Média	0,28	0,35	2,59	4,97	0,38	28,45	3,16
	Mínimo	0,23	0,27	0,34	2,53	0,05	5,36	1,11
	CV (%)	14,04	15,91	67,79	30,69	54,97	34,34	103,78

Em que: ρ_{bas} = densidade básica; ρ_{ap} =densidade aparente; r_t = retratibilidade tangencial; r_r = retratibilidade radial; r_a = retratibilidade axial; V_{retr} = retratibilidade volumétrica e $\frac{r_t}{r_r}$ = coeficiente de anisotropia.

Sendo assim, verifica-se que a madeira do mogno africano apresentou os maiores valores para densidade ($0,52 \text{ g cm}^{-3}$ básica e $0,73 \text{ g cm}^{-3}$ aparente) seguida das espécies teca e freijó, as quais apresentaram médias iguais ($0,44 \text{ g cm}^{-3}$ básica e $0,58 \text{ g cm}^{-3}$ aparente) e pinho cuiabano ($0,28 \text{ g cm}^{-3}$ básica e $0,35 \text{ g cm}^{-3}$ aparente).

A comparação dos dados obtidos nesse estudo teve que ser feita na sua maioria, usando valores de plantios homogêneos ou em condições naturais, dada a falta de trabalhos que abordassem os aspectos tecnológicos da madeira em sistemas agroflorestais.

Os valores de densidade obtidos para mogno africano estão próximos aos verificados por Silva et al. (2013), para indivíduos com 30 anos de idade em plantio homogêneo (ρ_{bas} de $0,63 \text{ g cm}^{-3}$ e ρ_{ap} de $0,73 \text{ g cm}^{-3}$). No entanto, a menor densidade verificada na área de estudo pode estar associada a idade dos indivíduos, pois segundo os autores, as densidades básica e aparente tendem a aumentar ao passo que a planta envelhece, pois ocorre a redução de lenho juvenil e aumento da espessura da parede celular, os quais são responsáveis por promover menores densidades na madeira em árvores jovens.

Carvalho et al. (2010) comprovam essa situação, uma vez que ao avaliar a densidade da madeira de mogno africano também em plantio homogêneo com 10 anos de idade obtiveram valores de densidade básica e aparente na ordem de $0,47 \text{ g cm}^{-3}$ e $0,63 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente.

Em relação a madeira de teca, Pinto (2007) obteve valores superiores para densidade aparente ($0,65 \text{ g cm}^{-3}$) para árvores com 30 anos de idade em monocultura. Da mesma maneira, Silva (2010) obteve densidade básica de $0,52 \text{ g cm}^{-3}$, em plantio com 834 árvores por hectare.

Nessa situação é normal que a densidade da madeira seja menor no sistema agroflorestal, pois o espaçamento entre os indivíduos é maior, proporcionando assim menor densidade populacional e, conseqüentemente, menor competição, que em maior taxa de crescimento e maior formação de lenho juvenil (LATORRACA, 2000).

O mesmo acontece para a madeira de freijó, que em outros estudos também demonstrou maiores valores de densidade básica e aparente. Lorenzi et al. (2008) e Lima et al. (2013) constataram densidade básica de $0,50 \text{ g cm}^{-3}$ e $0,59 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente em ambiente de floresta nativa.

Já a madeira de pinho cuiabano, foi a que apresentou os menores valores para densidade básica e aparente quando comparada às demais espécies do referido SAF, pois além da questão de espaçamento, a espécie é caracterizada como heliófila, típica de estágios iniciais de sucessão (LORENZI, 2008), e de acordo com Maciel et al. (2003) essas espécies têm como características baixa a moderada densidade da madeira e altas taxas de crescimento.

Na área de estudo foi verificado pelos valores médios de diâmetro (0,45 m) e altura (22,5 m) que o pinho cuiabano apresentou o maior crescimento em relação as demais espécies. Uma vez que ao observar o mogno africano teve médias de diâmetro e altura de 0,40 m e 18,32m, respectivamente, seguida da teca com diâmetro médio de 0,35 m e altura de 16,95 m e por fim o freijó com diâmetro de 0,16 m e altura de 15,88 m.

Diante dos valores de densidade aparente e básica sugere-se que o efeito do espaçamento utilizado para a espécie no sistema caracterizou comportamento de madeira jovem, pois os valores foram inferiores aos de Almeida et al. (2013) que obtiveram valores de $0,30 \text{ g cm}^{-3}$ e $0,37 \text{ g cm}^{-3}$, para densidade básica e aparente em plantio homogêneo com 10 anos de idade.

Além disso, em condições naturais a espécie também apresenta valores maiores para densidade básica e aparente ($0,49 \text{ g cm}^{-3}$ e $0,47 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente) (LABORATÓRIO..., 2015), indicando mais uma vez que o espaçamento pode ter exercido influência nas propriedades físicas da madeira nos SAF, já que no ambiente natural a competição por recursos é maior, influenciando nas taxas de crescimento.

No entanto, não se pode considerar apenas o espaçamento como responsável pela variação na densidade da madeira, pois outros aspectos como a qualidade do sítio e fatores climáticos também devem ser lembrados (BALLONI; SIMÕES, 1980; BERGER, 2000; TONINI et al., 2006; ROSA, 2006; ALMEIDA et al., 2013), bem como a realização de tratamentos culturais, como a adubação do solo que apresenta forte relação na qualidade da madeira (RIGATTO et al., 2004).

Deste modo, a baixa fertilidade do solo do SAF verificada pelas características químicas no primeiro capítulo (Tabela 1, pag. 29), podem ter contribuído para os baixos valores de densidade e conseqüente produção de madeira com menor resistência.

Em relação aos parâmetros de estabilidade dimensional a madeira de mogno africano apresentou maior contração tangencial (4,50%), seguida das espécies freijó, pinho cuiabano e teca. Para a contração radial o maior valor observado foi para a madeira de freijó (6,90%), enquanto que mogno africano, teca e pinho cuiabano apresentaram, de forma decrescente, os menores valores. Para contração axial, a madeira de teca apresentou o maior valor (0,51%), seguida de pinho cuiabano, mogno africano e freijó.

Nessa perspectiva, os resultados concordam com Melo R. et al. (2013), os quais citam que a retratibilidade longitudinal é mínima e a radial é menor que a obtida no sentido tangencial, sendo esta a mais importante para fins práticos de utilização da madeira maciça.

Entretanto, valores de retratibilidade tangencial obtidos para as madeiras de pinho cuiabano e freijó foram inferiores aos apresentados por Laboratório de Pesquisas Florestais (LPF), (LABORATÓRIO..., 2015), que obteve, em floresta nativa 5,12% e 6,6%, respectivamente, indicando, neste caso, maior estabilidade dimensional da madeira produzida no SAF.

As maiores contrações volumétricas foram observadas, sequencialmente, para as madeiras de pinho cuiabano (28,45%), freijó (11,01%), mogno africano (11%) e teca (7,85%).

Carvalho (1996) estabeleceu uma classificação baseando-se em valores de retratibilidade volumétrica classificando a madeira como muito retrátil entre 15 e 20%, retrátil entre 10 e 15% e pouco retrátil entre 5 e 10%. Seguindo essa lógica verifica-se que as madeiras de mogno africano e freijó classificam-se como retráteis, a madeira de teca é pouco retrátil e a madeira de pinho cuiabano muito retrátil, sendo que madeiras de menor a retratibilidade são aplicadas para fins de alta exigência (móveis e acabamentos finos).

Para o coeficiente de anisotropia, a madeira de pinho cuiabano apresentou o maior valor (3,16), seguida de teca (2,79), mogno africano (1,90) e freijó (1,85). Segundo Nock et al. (1975) e Carvalho (1996) a madeira tem sua estabilidade classificada com base no fator anisotrópico, de modo que se apresenta como baixo até 1,5, médio entre 1,5 e 2 e alto, quando é superior a 2, já Marques et al. (2012) relatam que o coeficiente de anisotropia em torno de 1,3 caracteriza madeiras de elevada estabilidade dimensional e valores superiores a 3,0, descrevem elevada instabilidade dimensional.

Deste modo, observa-se que entre as espécies estudadas, as madeiras de freijó e mogno africano apresentaram alta estabilidade dimensional, a madeira de teca média estabilidade dimensional e a de pinho cuiabano apresenta-se com alta instabilidade dimensional.

Miranda et al. (2012) citam que ao passo que se eleva a instabilidade dimensional maior é a tendência ao fendilhamento e empenamento, diante disso, para usos que demandem estabilidade dimensional, recomenda-se a àquela que apresentar o menor coeficiente de anisotropia.

Neste sentido, verifica-se que as madeiras produzidas no sistema agroflorestal multiestratificado, exceto pinho cuiabano, com base no coeficiente anisotrópico, podem ser empregadas para materiais mais exigentes como confecção de móveis, portas, janelas e instrumentos musicais.

5.3.2 Caracterização das propriedades mecânicas da madeira

A espécie freijó apresentou maior valor médio para resistência no ensaio de compressão paralela às fibras (32,32 MPa), seguida das espécies teca (30,87 MPa), pinho cuiabano (22,66 MPa) e mogno africano (26,51 MPa) (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores para Módulo de Ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE), nos ensaios de flexão estática para as madeiras das espécies freijó (*Cordia goeldiana*), teca (*Tectona grandis*), pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*) e mogno africano (*Khaya senegalensis*) em sistema agroflorestral multiestratificado na CEPLAC, Ouro Preto do Oeste – RO.

Espécie	Valores	Compressão Paralela	Flexão Estática	
		MOR	MOR	MOE
<i>Cordia goeldiana</i>	Máximo	34,65	80,20	9873,07
	Média	32,32	63,50	6905,40
	Mínimo	30,11	44,56	5828,60
	CV (%)	4,50	19,41	16,90
<i>Tectona grandis</i>	Máximo	34,09	73,68	7489,25
	Média	30,87	59,42	5967,89
	Mínimo	25,51	44,40	4789,60
	CV (%)	7,85	13,37	14,99
<i>Schizolobium amazonicum</i>	Máximo	25,72	49,01	7283,64
	Média	22,66	34,57	4992,37
	Mínimo	20,31	24,17	3388,71
	CV (%)	7,39	23,75	25,42
<i>Khaya senegalensis</i>	Máximo	35,52	76,68	6227,90
	Média	26,51	56,05	4840,17
	Mínimo	21,38	22,93	3424,09
	CV (%)	18,72	30,01	19,25

Já em relação ao ensaio de flexão estática, os valores de módulo de ruptura e módulo de elasticidade indicaram superioridade para a madeira de freijó (63,50 MPa) seguida de teca (59,42 MPa), mogno africano (56,05 MPa) e pinho cuiabano (34,57 MPa).

Paterlini (2011) menciona em suas pesquisas uma classificação da madeira baseada na compressão paralela, na qual madeiras que apresentam MOR menor que 64,8 MPa e MOE inferior à 9414 MPa são de baixa resistência mecânica. Dessa forma todas as madeiras produzidas pelas espécies florestais no ambiente agroflorestral enquadram-se nesse rol.

Apesar de ter se destacado entre as demais espécies no sistema estudado quanto aos aspectos mecânicos, outros estudos demonstram que a madeira de freijó apresenta resultados mais satisfatórios em relação aos MOE e MOR para flexão em floresta nativa, como constatado

por Laboratório de Pesquisas Florestais (LPF), (LABORATÓRIO..., 2015), que apresentou valores de 91,4 MPa e 10198,9 MPa para esses parâmetros, respectivamente.

Para madeira de teca os valores encontrados na área de estudo foram inferiores aos obtidos por Florez (2012) para flexão estática em indivíduos com 13 anos de idade, de 91,88 MPa e 13046 MPa para MOR e MOE, respectivamente. Esse comportamento é explicado devido a característica da espécie em produzir lenho juvenil entre 15 e 25 anos, aspecto esse que influencia diretamente na resistência mecânica da madeira.

A mesma tendência foi verificada para pinho cuiabano, Almeida et al. (2013) obtiveram valores de módulo de ruptura na flexão de 50 MPa e de 8900 MPa para módulo de elasticidade em indivíduos com 10 anos em plantio comercial e, Iwakiri (1988) em floresta nativa obteve valores MOR de 61,76 MPa e MOE de 9156,37 MPa.

De modo geral, as madeiras das espécies estudadas apresentaram-se com resistências mecânicas ligeiramente inferiores ao que se observa na literatura disponível, inclusive, em alguns casos, diverge do conceito de que a resistência da madeira tende a se elevar ao passo que a idade avança, pois algumas delas apresentam resistência menor do que árvores jovens que possuem maior quantidade de tecido juvenil.

Entretanto, esse comportamento não indica impedimentos ao uso, uma vez que a madeira será dimensionada para suportar esforços para as condições de uso que serão submetidas e além disso, reconhecidamente, as madeiras de teca, mogno africano e freijó se destacam por apresentarem características físico-mecânicas desejáveis, conforme Amodei et al. (2010), Carvalho et al. (2010) e Lorenzi (2008), respectivamente.

Ressalta-se ainda, que na maioria dos trabalhos consultados as espécies são conduzidas em espaçamentos menores e com aplicação de tratamentos culturais. Desta forma, no presente estudo o maior espaçamento entre as espécies florestais (5 x 2,5 m) que resultou em baixa densidade de plantas pode ter favorecido crescimento mais rápido e produção de lenho de reação, pois as árvores ficam mais expostas aos agentes externos.

Alinhado a isso, Vidaurre et al. (2013) mencionam que o lenho de reação, mesmo em pouca quantidade, causa mudanças significativas nas propriedades da madeira (físicas, químicas, anatômicas e mecânicas) refletindo diretamente na qualidade desta podendo limitar seu uso, o que caracteriza a madeira de reação como um defeito.

5.4 Conclusões

As madeiras de todas as espécies estudadas apresentaram densidades básica e aparente inferiores aos resultados normalmente esperados para as espécies, entretanto, a estabilidade dimensional está em níveis toleráveis, exceto para a espécie pinho cuiabano.

As propriedades mecânicas da madeira apresentaram resultados aceitáveis, apresentando-se menores do que se tem registrado para as essas essências em outros estudos, não restringindo o uso da madeira obtida nesse sistema em estruturas que demandam de maior resistência.

O espaçamento utilizado entre os indivíduos no SAF e a baixa capacidade produtiva do solo podem ter sido os principais fatores de influência na qualidade das propriedades físico-mecânicas das madeiras das espécies estudadas.

Ao cultivar espécies florestais em SAFs para fins madeireiros, sugere-se o estudo e planejamento adequado sobre os tratamentos silviculturais e arranjos espaciais, pois a madeira produzida pode ter sua qualidade comprometida, traduzindo-se em perda de tempo, recursos e espaço.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Ao implantar sistemas agroflorestais reflexões a respeito da estrutura vegetacional devem ser levadas em consideração, pois acredita-se que o sucesso desses sistemas esteja relacionado ao adensamento de plantas e riqueza de espécies, diante disso, sabendo que proposta dos SAFs é simular florestas naturais, a inclusão de grupos ecológicos torna-se essencial para o alcance desse objetivo, bem como de espécies que proporcionem maior aporte de serrapilheira e os maiores adensamento e diversidade de plantas, a fim de promover a ocorrência de diferentes estratos radiculares potencializando os serviços ambientais que os SAFs podem oferecer.

No cultivo de espécies florestais em SAFs para fins madeireiros, sugere-se o estudo e planejamento adequado sobre os tratamentos silviculturais e arranjos espaciais, pois a madeira produzida pode ter sua qualidade comprometida, traduzindo-se em perda de tempo, recursos e espaço.

REFERÊNCIAS

- ABDO, T.V.N.; VALERI, S. ; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 50-59, dez. 2008.
- ALMEIDA, A.N.; ANGELO, H.; SILVA, J.C.G.L.; HOEFLICH, V.A. Mercado de madeiras tropicais: substituição na demanda de exportação. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 119-126, jun. 2010.
- ALMEIDA, D.H.; SCALIANTE, R.M.; MACEDO, L.B.; MACÊDO, A.N.; DIAS, A.A.; CHRISTOFORO, A.L.; JUNIOR, C.C. Caracterização completa da madeira da espécie amazônica paricá (*Schizolobium amazonicum*) em peças de dimensões estruturais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1175-1181, nov./ dez. 2013.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. v. 1. 120 p.
- _____. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. Rio de Janeiro: Expressão Popular, 2012. v. 1. 400 p.
- AMODEI, J.B.; OLIVEIRA, B.R.U.; GURGEL, M.M.; CARVALHO, A.M.; MEDEIROS, R.A.; LATORRACA, J.V.F. Avaliação preliminar da qualidade da madeira de *Tectona grandis* L.f. através da tomografia de impulso. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 17, n. 2, p. 124-128, jul. / dez. 2010.
- ARAÚJO, A.S.F; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 66-75, jul./ set. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projetos de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997. v. 1. 107 p.
- AVELINO, E.F. **Avaliação da Madeira de Teca Jovem (*Tectona grandis* L.f.) Visando Uso em Moveleira**. 96 f. 2012. Dissertação – (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Rio de Janeiro, 2012.
- BALLONI, E.A.; SIMÕES, J.W. O espaçamento e suas implicações silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 1-16, set. 1980.
- BARRETO, P.; ARAÚJO, E. **O Brasil atingirá sua meta de redução do desmatamento?** Belém: IMAZON, 2012. 54 p. v. 1. 60 p.
- BECKER, B.K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, Brasília, v. 19, n. 53, p. 72-86, jan. / abr. 2005.
- _____. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 1, n. 12, p. 135-159, set. 2001.

BENTES, R. A intervenção do ambientalismo internacional na Amazônia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 54, p. 225-240, maio/ ago. 2005.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* SMITH sob o efeito do espaçamento e da fertilização**. Dissertação – (Mestre em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, 2000.

BERNOUX, M.; BRANCA, G.; CARRO, A.; LIPPER, L.; SMITH, G.; BOCKEL, L. Ex-ante greenhouse gas balance of agriculture and forestry development programs. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 31-40, jan./ fev. 2010.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Seção 1. p.1-16.

_____. Lei n o 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Seção 1. p. 1-17.

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentado**. Rio Branco: PESACRE, 2007. 135 p. v.1.

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Manual agroflorestal para a mata atlântica**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2008.196 p. v. 1.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**. Brasília: BINAGRI, v. 1, 2012 a. 176 p.

_____. Lei nº 12651, 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 dez. de 1996, e 11.428, de 22 de dez. de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166- 67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 maio 2012b. Seção 1. p.1-37.

BRIENZA JÚNIOR, S.; MANESCHY, R.Q.; MOURÃO JÚNIOR, M.; FILHO, A. B. G; YARED, J.A.G.; GONÇALVES, D.; GAMA, M.B. Sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira: Análise de 25 anos de Pesquisas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 1, n. 60, p. 67-76, dez. 2009.

CALDEIRA, S.F.; OLIVEIRA, D.L.C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 2. p. 223-228, jun. 2008.

CARREIRA, M.R.; DIAS, A.A. Avaliação da rigidez à flexão de toras de madeira por meio de vibração transversal. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 11, n. 11, p. 75-79, jun. 2009.

CARVALHO, A. **Madeiras portuguesas: estrutura anatómica, propriedades, utilizações**. Lisboa: Instituto Florestal, 1996. v. 1. 30 p.

CARVALHO, A.M.; SILVA, B.T.B.; LATORRACA, J.V.F. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya senegalensis* A. Chev.). **Cerne**, Lavras, v. 16, suplementar, p. 106-114, jul. 2010.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J., ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, nov. 2004.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. COPANT 30:1-004: **método de determinación del peso específico aparente**. Caracas, 1972a. 7 p.

_____. **COPANT 30:1-005**: método de determinación de la contracción. Caracas, 1972b. 5 p.

_____. **COPANT 455**: método de ensayo de flexion estatica. Caracas, 1972c. 5 p.

_____. **COPANT 464**: método de determinación de la compresión parallel al grano. Caracas, 1972d. 5 p.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 425-432, abr./ jun., 1999.

CORRÊA, F.L. de O.; RAMOS, J.D.; GAMA-RODRIGUES, A.C. da; MÜLLER, M.W. Produção de Serapilheira em Sistema Agroflorestal Multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1099-1105, nov. / dez. 2006.

COSTA JUNIOR, C. **Estoque de carbono e nitrogênio e agregação do solo sob diferentes sistemas de manejo agrícola**. 140 f. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, USP, Piracicaba, 2008.

COUTO, J.M.F.; OTONI, W.C.; PINHEIRO, A.L.; FONSECA, E.P. Desinfestação e germinação in vitro de sementes de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 633-642, mar. / abr. 2004.

CUNHA, C.D. Populações tradicionais e a Convenção da Diversidade Biológica. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 13, n. 36, p. 147-163, maio / ago. 1999.

DIAS, A.H.S.; UMETSU, F.; BREIER, T.B. Avaliação do potencial de germinação do mogno-africano sob diferentes tipos de substrato e períodos de armazenamento. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.22, n.1, p.26-29, 2012.

DIAS, F.M.; LAHR, F.A.R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.1, n.65, p. 102-113, jun. 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, **Crescimento de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) em plantios experimentais**. Belém: CEPATU, 1981. v. 1. 11 p. (boletim de pesquisa)

_____. **Informações sobre a ecologia de freijó-cinza (*Cordia goeldiana* Huber)**. Belém: CEPATU, 1982. v. 1. 14 p. (boletim de pesquisa)

_____. **Bandarra e pinho cuiabano: espécies diferentes**. . Porto Velho: CENTRO DE PESQUISA AGROFLORESTAL DE RONDÔNIA. 1997a. 2 p. v. 1. (Circular técnica)

_____. **Manual de métodos de análise de solos**, 2. ed.. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1997b. v. 1. 212 p.

_____. **Paricá: *Scizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby**. Manaus: EMBRAPA Amazonas. 2003. v. 1. 12 p.

_____. **Teca (*Tectona grandis* L.f.): Principais Perguntas do Futuro Empreendedor Florestal**. Rio Branco: EMBRAPA, 2005. v. 1. 87 p.

_____. **Paricá (*Schizolobium amazonicum*)**. Colombo: EMBRAPA FLORESTAS. 2007. v. 1. 8 p. (Circular técnica)

_____. **Sistemas Agroflorestais e o Cerrado**. In: EMBRAPA. **Savanas: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Brasília: EMBRAPA, 2008. v. 1. Cap. 31, p. 965-982.

_____. **Propriedades mecânicas da madeira de cinco procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* implantadas no cerrado Distrito Federal**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. v. 1. 20 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento)

_____. **Manual de métodos de análise de solos**, 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2011. v. 1. 230 p.

_____. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA. 2013. v. 1. 353 p.

FALESI, I.C.; BAENA, A.R.C. **Mogno-Africano: *Khaya senegalensis* A. Chev. em sistema silvipastoril com leguminosa de revestimento natural do solo**. . Belém: FUNTEC. 1999. v. 1. 52 p.

FEARNSIDE, P. M. Biodiversity as an environmental service in Brazil's Amazonian forests: risks, value and conservation. **Environmental Conservation**, Lausanne, v. 26, p. 305-321, set. 1999.

FERREIRA, L.V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, Brasília, v. 19, n. 53, p. 72 -86, jan. / abr. 2005.

FERREIRA, R.R.M.; FILHO, J.T.; FERREIRA, V.M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, out./ dez. 2010.

FERRO, F.S.; ICIMOTO, F.H.; ALMEIDA, D.H.; CHRISTOFORO, A.L.; LAHR, F.A.R. **Influência da posição dos instrumentos de medida na determinação do módulo de elasticidade da madeira na compressão paralela às fibras (E_{c0})**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 743-749, mar. 2015.

FIGUEIREDO, E.O. **Reflorestamento com Teca (*Tectona grandis* L.f.) no Estado do Acre**. Rio Branco: EMBRAPA Acre. 2001. v. 1. 29 p.

FLÓREZ, J.B. **Caracterização tecnológica da madeira jovem de teca (*Tectona grandis* L.f.)**. 85 f. 2012. Dissertação – (Mestre em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projetos de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997. v. 1. 107 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.

FAOSTAT: Emissions Land Use. Roma, 2012a. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/G2/*/E>. Acesso em: 19 set. 2015.

_____. **FAOSTAT: Emissions Agriculture**. Roma, 2012b. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/G1/*/E>. Acesso em: 19 set. 2015.

_____. **FAOSTAT: World Population of year 2015**. Roma, 2015a. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/O/OA/E>>. Acesso em: 19 set. 2015.

_____. **FAOSTAT: Hungry Map**. Roma, 2015b. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4674e.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2015.

FREITAS, S.R.; LONGO, K.M.; DIAS, M.A.F.; DIAS, P.L. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**, Brasília, v.19, n.53, p. 72-86, jan./ abr. 2005.

FROUFE, L.C.M.; RACKWAL, M.F.G.; SEOANE, C.E.S. Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de floresta Atlântica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 143-154, abr./jun. 2011.

GONZAGA, A.L. **Madeira: Uso e Conservação**. Brasília: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 2006. v. 1. 247 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados georeferenciado dos recursos naturais da Amazônia legal**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em:

<ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/banco_dados_georeferenciado_recursos_naturais/amazonia_legal/>. Acesso em: 19 set. 2015.

_____. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2006. v. 1. 265 p.

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA. **A Amazônia em números**. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, 2012. Disponível em: <<http://amazon.org.br/imprensa/a-amazonia-em-numeros/>>. Acesso em: 17 maio 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Desflorestamento nos Municípios da Amazônia Legal para o ano de 2014**. São José dos Campos, 2014. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>. Acesso em: 16 maio 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. *Tectona grandis* (**Teca**). Piracicaba, 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

IWAKIRI, S. Classificação mecânica não destrutiva em vigas de madeiras tropicais. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 18, n. 1-2, p. 133-146, mar./ jun. 1988.

KAMIYAMA, A. **Cadernos de Educação Ambiental: Agricultura Sustentável**. São Paulo: Governo do estado de São Paulo/Secretaria de Meio Ambiente, v. 13, 2011. 78 p.

KIMAQUINAS. **Máquinas para Móveis de Madeira: Serra Circular Multipla com um motor de 60 hp trif. com painel largura 400 mm. Vantec**. Disponível em <<http://kimaquinas.com/tag/maquinas-para-moveis-de-madeira/>>. Acesso em: 22 nov. 2015.

KIMBLE, J.M. Economic and Societal Benefits of Soil Carbon Management: Policy Implications and Recommendations. In KIMBLE, J M; RICE, C W; REED, D; MOONEY, S; FOLLET, R F; LAL, R. **Soil Carbon Management Title Page: Economic, Environmental and Societal Benefits**. Boca Raton: CRC Press, 2007. v.1. Cap. 2, p. 13-45.

KOHLHEPP, G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 16, n. 45, p. 37-61, maio/ ago. 2002.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen – Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 15, n. 3, p. 259-263, jun. 2006.

LABORATÓRIO DE PESQUISAS FLORESTAIS. **Base de dados de Espécies de madeiras Brasileiras**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/caracteristicas.php?ID=225&caracteristica=243>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

LATORRACA. J.V.F. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Florestal e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291, jan./ dez. 2000.

LIMA, I.L.; GARCIA, J.N. Efeito da fertilização em propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 601-608, jul./ set. 2011.

LIMA, N.N.; MENDES, L.M.; SÁ, V.A.; BUFALINO, L. Propriedades físico-mecânicas de painéis de LVL produzidos com três espécies amazônicas. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 407-413, jul./ set. 2013.

- LONGSDON, N.B.; JUNIOR, C.C. Influência da umidade nas propriedades de resistência e rigidez da madeira. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 1, n. 18, p. 77-107, jun. 2002.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil, 5ª ed. Nova Odessa SP: Instituto Plantarum, 2008. v. 1. 381 p.
- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N. ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 68-75, jan. 2009.
- LUCIANO, R.V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F.T; KURTZ, C.; FAYAD, J.A. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v. 1, n. 1, p. 9-19, fev. 2010.
- LÚCIO, A.D.C.; LOPES, S.J.L.; STORCK, L.; CARPES, R.H.; LIEBERKNECHT, D.; NICOLA, M.C. Características experimentais das publicações da ciência rural de 1971 a 2000. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, jan./ fev. p. 161-164, 2003.
- MACHADO, L.C.P.; MACHADO FILHO, L.C.P. Biocenose. In: MACHADO, L.C.P.; MACHADO FILHO, L.C.P. **A dialética da Agroecologia**. São Paulo: Expressão Popular, v. 1, 2014. Cap. 9, p. 137-148.
- MARQUES, S.S.; OLIVEIRA, J.T.S.; PAES, J.B.; ALVES, E.S.; SILVA, A.G.; FIELDER, N.C. Estudo comparativo da massa específica aparente e Retratibilidade da madeira de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) nativa e de reflorestamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 373-380, mar. 2012.
- MATIAS, S.S.R.; BORBA, J.A.; TICELLI, M.; PANOSSO, A.R.; CAMARA, F.T. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 331-338, jul./set. 2009.
- _____; CORREIA, M.A.R.; CAMARGO, L.A.; FARIAS, M.T.; CENTURION, J.F.; NOBREGA, J.C.A. Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 3, p. 414-420, jul./ set. 2012.
- MATOS, A.K.V.D. Revolução Verde, Biotecnologia e Tecnologias Alternativas. **Cadernos da FUCAMP**, Monte Carmelo, v. 10, n. 12, p. 1-17, dez. 2010.
- MEIRELLES, C.R.; PALA, A. **Processo construtivo em madeira**. São Paulo: Mackenzie, 2010. 67 p. v. 1.
- MELO, J.E. **Sistemas de estruturas de madeira**. Brasília: Universidade de Brasília, 2013. v.1. 20 p. (apostila)
- MELO, R.R. Estabilidade dimensional de compostos de madeira. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 2, p. 152-175, nov. 2013.

_____; ARALDI, D.B.; STANGERLIN, D.M.; MÜLLER, M.T.; GATTO, D.A. Uso das características tecnológicas da madeira para o agrupamento de espécies florestais. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 01-07, out./ dez. 2013.

MENINO, I.B.; NETO, J.M.M.; BARROS, A.D.; SANTOS, E.S. Atributos físicos como indicadores de qualidades dos vertissolos em diferentes sistemas de manejo. **Revista Educação Agrícola Superior**. v. 26, n. 2, p. 106-112, fev. 2012.

MIRANDA, M.C.M.; CASTELO, P.A.R.; MIRANDA, D.L.C.; RONDON, E.V. Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira de *Parkia gigantocarpa*, Ducke. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 03, n. 2, p. 55-65, nov. 2012.

MONTEIRO, A.M.N.; RIBEIRO, D.S.; CALDEIRA, I.R.C.; FERREIRA, G.N.; PIOVESAN, P.R.R.; REIS, A.R.S. Anatomia foliar de *Tectona grandis* (Lamiaceae). In: 64º CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 1., 2013. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Botânica do Brasil, 2013. 1 CD-ROM.

MORESCHI, J.C. **Propriedades da madeira**. 4. ed. Curitiba: UFPR, 2014. v. 1. 207 p. (apostila)

MOURA, R, G. **Coleobrocas (Insecta: Coleoptera) associadas à madeira de *Tectona grandis* Linn. F. (Lamiaceae)**. 2007. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Silvicultura e Manejo Florestal, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

NAIR, P.K.R.; KUMAR, B.M.; NAIR, V.D. Agroforestry as a strategy for carbono sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. v. 172, n. 1, p. 10-23, fev. 2009.

NETO, E.L.S.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 255-260, fev. 2008.

NETO, M.S.; PICCOLO, M.C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 709-717, out./ dez. 2009.

NOCK, P.H.; RICHTER, H.G.; BURGER, L.M. **Tecnologia da madeira**. Curitiba: UFPR, 1975. v. 1. 216 p.

NOVAES, W. Eco-92: avanços e interrogações. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 6, n. 15, p. 79-93, maio/ago. 1992.

OLIVEIRA, N.L.; JACQ, C.; DOLCI, M.; DELAHAYE, F. Desenvolvimento Sustentável e Sistemas Agroflorestais na Amazônia matogrossense. **Revista franco-brasileira de geografia**, São Paulo, v. 1, n. 10, p. 1-19, nov. 2010.

PARRON, L.M.; RACHWAL, F.G.; MAIA, C.M.B.F. Estoques de carbono no solo como indicador de serviços ambientais. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.;

BROWN, G.G.; PRADO, R.B. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícola e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. 21. ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. v. 1. Cap. 5, p. 71-83.

PATERLINI, E.M. **Caracterização tecnológica da madeira de acácia (*Acacia mangium* WILLD) para produtos sólidos**. Monografia – (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Jerônimo Monteiro, 2011.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia 2010**. Belém: IMAZON, 2010. v. 1.126 p.

PEZARICO, C.R.; VITORINO, A.C.T.; MERCANTE, F.M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 1, p. 40-47, jan./ mar. 2012.

PROGRAMA ÁREAS PROTEGIDAS DA AMAZÔNIA. **Um novo capítulo para Amazônia**. Brasília: ARPA, 2012. v. 1. 152 p.

PINTO, M.L. **Propriedades e características físicas da madeira de Teca (*Tectona grandis* L.F.) em função da idade**. Tese – (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2007.

REED, D. Economic and Societal Benefits of Soil Carbon Management: Policy Implications and Recommendations. In: KIMBLE, J M; RICE, C W; REED, D; MOONEY, S; FOLLET, R F; LAL, R. **Soil Carbon Management Title Page: Economic, Environmental and Societal Benefits**. Boca Raton: CRC Press, v. 1, 2007. Cap. 2, p. 13-45.

REZENDE, M.A.; ESCOBEDO, J.F. Retratibilidade volumétrica e densidade aparente da madeira em função da umidade. **IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 39, p. 33-40, ago. 1988.

RIBEIRO, F.A.; FILHO, J.Z. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus* spp. **IPEF**, v.1, n.46, p. 76-85, jan. /dez. 1993.

RICHART, A.; FILHO, J.T.; BRITO, O.R.; LLANILLO, R.F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul. /set. 2005.

RIGATTO, P.A.; DEDECEK, R.A.; MATOS, J.L.M. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para a produção de celulose Kraft. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 267-273, mar./abr. 2004.

ROCHA, G.P; FERNANDES, L.A.; CABACINHA, C.D.; LOPES, I.D.P.; RIBEIRO, J.M.; FRAZÃO, L.A.; SAMPAIO, R.A. Estoque de Carbono em Sistemas Agroflorestais no Norte de Minas Gerais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 7, p. 1197-1293, jul. 2014.

RODRIGUES, E.R.; CULLEN, L.; BELTRAME, T.P.; MOSCOGLIATO, A.V.; SILVA, I.C. Avaliação econômica de Sistemas Agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 941-948, set./out. 2007.

RONDÔNIA. **Produto interno bruto (PIB) do estado de Rondônia (2002-2012)**. Porto Velho, 2014. v. 1. 25 p.

ROSA, L.S. Características botânicas, anatômicas e tecnológica do paricá (*Schizolobium amazonicum* Hubert ex Ducke). **Revista de Ciências Agrárias**. Belém, v. 1, n. 46, p. 63-79, jul./dez. 2006.

SANCHEZ, P.A. **Linking climate change research with food security and poverty reductions in the tropics**, Zurich, v. 82, n. 1, p. 371-383, dez. 2000.

SANTOS, J.C.D.; RODRIGUEZ, L.C.E.; WANDELLI, E.V. Avaliação Econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 62, p. 48-61, dez. 2002.

SANTOS, S.R.M.; MIRANDA, I.S.; TOURINHO, M.M. Análise florística e estrutural de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n. 2, p. 251-263, jun. 2004.

SATO, F.A. **Balanco hídrico na cultura do cafeeiro** (*Coffea arábica L.*). 100 f. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2005.

SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO. **Geodiversidade do estado de Rondônia**. Porto Velho: Serviço Geológico do Brasil. 2010. v. 1. 339 p.

SCHNEIDER, P.R. **Manejo florestal I – tópicos para o planejamento da produção florestal**. Santa Maria: UFSM, 1986. v. 1. 289 p.

SCHROEDER, P. Carbon storage benefits of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 27, n. 1, p. 88-97, jul. 1994.

SHARROW, S.H.; ISMAIL, S. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 60, n. 2, p. 123-160, mar. 2004.

SILVA, A.H.; FAVARETTO, N.; CAVALIERI, K.M.V.; DIECKOW, J.; VEZZANI, F.M.; PARRON, L.M.; CHEROBIN, V.F.; MARIOTI, J.; NETO, H.F. Atributos físicos do solo e escoamento superficial como indicadores de serviços ambientais. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícola e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. 21. ed. Brasília: EMBRAPA, 2015. v.1. Cap. 5, p. 71-83.

SILVA, C.J.; VALE, A.T.; MIGUEL, E.P. Densidade básica da madeira de espécies arbóreas de Cerradão no estado do Tocantins. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 82, p. abr./jun. 2015.

SILVA, C.S.; MATOS, J.L.M.; OLIVEIRA, J.T.S.; EVANGELISTA, W.V. Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.5, p.795-799, set./ out. 2005.

SILVA, D.C.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A.H.; SOUZA, F.S.; MARTINS, S.G.; MACEDO, R.L.G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e

floresta nativa. **Revista de estudos ambientais**, Blumenal, v. 13, n. 1, p. 77-86, jan./jun. 2011.

SILVA, D.M.R. **Avaliação das propriedades físicas e da elasticidade da madeira de *Tectona grandis* l.f. proveniente de povoamento com três densidades de plantio em Cáceres-MT.** Monografia – (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, F.A.S. **Sistema de Assistência Estatística-ASSISTAT versão 7.7 beta.** Disponível em: < <http://www.assistat.com>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

SILVA, G.T.; VENTURIERI, A.; HOMMA, K.O. A dinâmica do agronegócio e seus impactos socioambientais na Amazônia brasileira. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 11, n. 2, p. 179-181, dez. 2008.

SILVA, L.M.; RODRIGUES, M.; WADT, P.G.S.; SOUZA, A.M.; OLIVEIRA, L.C. Comparação de métodos para a determinação de carbono em solos no estado do Acre. In: II REUNIÃO DE CIÊNCIA DO SOLO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 1., 2014. Porto Velho. **Anais...** Porto Velho: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2014. 1 CD-ROM.

SILVA, L.V.M.S.; NASCIMENTO, A.M.; SIQUEIRA, G.L. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de mogno africano (*Khaya senegalensis*). In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA (CBCM) E III SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DO RJ (SIMADERJ), 1., 2013, Seropédica. **Anais...** Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2013. 1 CD-ROM.

SILVA, R.F.; BORGES, C.D.; GARIB, D.M.; MERCANTE, F.M. Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um Argissolo vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2435-2441, nov./ dez., 2008.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1135-1139, nov. 2005.

SOUZA, E.T.S. **Multiplicação *in vitro* de mogno (*Khaya ivorensis*).** 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Biotecnologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

STANGERLIN, D.M.; MELO, R.R.; GATTO, D.A.; CADEMARTORI, P.H.G.; CASTELO, P.A.R.; CALEGARI, L. Estimativa do módulo de elasticidade em painéis aglomerados por meio de emissão de ondas ultra-sonora. **Revista Eletrônica da Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 17-22, jun./ago. 2010.

_____; MELO, R.R.; GATTO, D.A.; CADEMARTORI, P.H.G.; CASTELO, P.A.R.; CALEGARI, L. Propriedades de flexão estática da madeira de *Carya illionensis* em duas condições de umidade. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 70-79, nov. 2010.

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, ago. 2013.

TONINI, H.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Curvas de índice de sítio para povoamentos clonais de *Eucalyptus saligna* Smith para a depressão central e serra do sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, fev. 2006.

TRAMONTINA, J.; TOMASI, J.C.; TRES, J.; CHECI, L.; DENARDI, L. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade da espécie *Ateleia glazioviana* BAILL. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1833-1839, ago. 2013.

VASCONCELOS, R.T. **Enraizamento de estacas de *Khaya senegalensis* A. Juss. em diferentes concentrações de ácido indolbutírico**. 2012. 45 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p. 175-180, jan./fev. 1994.

VIANA, E.T.; BATISTA, M.A.; CÁSSIO, A.T.; COSTA, A.C.S.C.; INOUE, T.T. Atributos Físicos e Carbono Orgânico em Latossolo Vermelho sob Diferentes Sistemas de Uso e Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.1, p. 2105-2114, dez. 2011.

VIDAURRE, G.B.; LOMBARDI, L.R.; NUTTO, L.; FRANÇA, F.J.N.; OLIVEIRA, J.T.S.; ARANTES, M.D.C. Propriedades da Madeira de Reação. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 1, p. 26-37, jan./ mar. 2013.

YANA, W.; WEINERT, H. **Técnicas de sistemas agroflorestais multiestrato – Manual Prático**. Sapecho: PIAF – El Ceibo. 2001. v. 1. 58 p.

YOUNG, A. **Agroforestry for Soil Conservation**. 2. ed. Nairóbi: ICRAF, 1990. v. 1. 276 p.

YU, C.M. **Sequestro Florestal de carbono no Brasil – dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas**. 156 f. 2004. Tese (Doutorado) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.