

FELIPE PINHO DE OLIVEIRA

ECOLOGIA DA MONODOMINÂNCIA DE AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) EM FLORESTA TROPICAL ESTACIONAL NO MÉDIO RIO DOCE, MG

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

O48e
2015
Oliveira, Felipe Pinho de, 1982-
Ecologia da monodominância de aroeira (*Myracrodruon
urundeuva* Fr. All.) em floresta tropical estacional no médio Rio
Doce, MG / Felipe Pinho de Oliveira. – Viçosa, MG, 2015.
x, 146f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Myracrodruon urundeuva*. 2. Biodiversidade.
3. Alelopatia. 4. Fungos micorrízicos. 5. Plantas e água.
6. Ciência do solo. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Solos. Programa de Pós-graduação em Solos e
Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22. ed.583.77

FELIPE PINHO DE OLIVEIRA

ECOLOGIA DA MONODOMINÂNCIA DE AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) EM FLORESTA TROPICAL ESTACIONAL NO MÉDIO RIO DOCE, MG

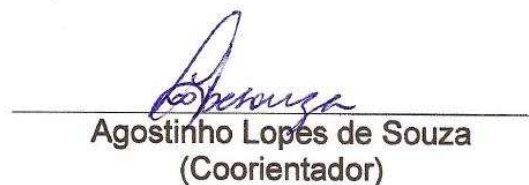
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 30 de julho de 2015.


João Paulo Viana Leite


Helder Ribeiro Freitas


Carlos Ernesto G. R. Schaefer


Agostinho Lopes de Souza
(Coorientador)


Elpídio Inácio Fernandes Filho
(Orientador)

Ao seu Maninho.
leve como seu canto de passarinho...

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e à cidade de Viçosa pela acolhida. Palco de tantos aprendizados nos campos da ciência e da vida. Ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, seus técnicos e professores, pela oportunidade à partilha do conhecimento.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo e demais auxílios financeiros utilizados na realização deste trabalho, quais sejam, edital MCT/CNPq/CT-agro 26-2010 e edital CNPq Universal/2012. A CAPES pela concessão de bolsa de estudo na modalidade PDSE (Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior) no período de 01/2014 a 07/2014.

Ao Professor Elpídio, por apoiar e incentivar esta pesquisa e por compartilhar de forma fraterna e amigável conhecimentos imprescindíveis para a realização do trabalho. Ao Professor Agostinho, pela confiança e pelo incentivo desde a graduação para a condução de pesquisas voltadas ao manejo de florestas nativas. À Professora France, que fez despertar o interesse pela pesquisa acadêmica, transmitindo sempre alegria, ética e compromisso com as atividades de pesquisa ensino e extensão. Ao Professor João Paulo (DBB) e Professora Maria Catarina (DMB) pelas orientações e oferta de estrutura e logística nos Laboratórios de Biodiversidade (DBB) e Micorrizas (DMB) da UFV. Aos colegas dos referidos laboratórios, em especial ao Bruno (Micorriza) pelo auxílio precioso nos estudos de FMA's. Ao amigo Renato pelas colaborações operacionais e filosóficas ao longo de toda a condução do trabalho, em campo, no laboratório e também para além das "4 pilastras".

Aos parceiros e colaboradores nos municípios de Tumiritinga e Aimorés. Em especial à EMATER Tumiritinga e Jaeder (Instituto Terra), pela logística disponibilizada aos trabalhos de campo e pela facilitação ao acesso das áreas de estudo, e ao agricultor cientista Roberto Antônio Luz pelos questionamentos provocadores.

Agradeço especialmente minha amada família, esteio mais forte que Aroeira. Minha mãe, matriarca de pura fibra, meus irmãos Léo, Flavinha, Juju e Carol amigos das horas certas e incertas, minha companheira Raíssa, pelo amor, partilha, paciência, e por trazer alegria e estímulo na caminhada da vida.

A todo(a)s, meu sincero agradecimento.

BIOGRAFIA

FELIPE PINHO DE OLIVEIRA, filho de Sebastião Cyro de Oliveira (in memorian) e Maria do Carmo Pinho de Oliveira, nasceu no dia 2 de Fevereiro de 1982 em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa em Janeiro de 2009, obteve título de Magister scientiae em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa, em 2011, ano no qual iniciou o doutorado em Solos e Nutrição de Plantas na mesma instituição.

Em sua formação acadêmica e profissional procurou desenvolver trabalhos de pesquisa com interface na extensão, atuando principalmente nas áreas de manejo florestal, manejo e conservação de solos e geoprocessamento.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Revisão crítica e avanços sobre a ecologia e manejo da monodominância de Aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr.All.) no médio rio Doce (MG).....	5
O tema e sua delimitação	6
Descrição da área de estudo	10
Aspectos legais de uso e conservação da Aroeira	12
Cubagem Rigorosa	14
Densidade da madeira e poder calorífico	16
Caracterização fitossociológica.....	17
Estoque de carbono	22
Estágio de regeneração em fragmentos monodominados	24
Manejo da dominância de aroeira no Instituto Terra, Aimorés, MG.....	25
Considerações finais.....	33
Referências Bibliográficas	35
Fitotoxidez e potencial alelopático de <i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.	42
Introdução	42
Materiais e Métodos.....	44
Resultados e Discussões.....	48
Conclusões	58
Referência Bibliográfica	58
Fungos micorrízicos arbusculares e dinâmica da matéria orgânica na rizosfera de ecossistemas monodominados por <i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.....	63
Introdução	63
Materiais e Métodos.....	65
Resultados e Discussões.....	73
Conclusões	85
Referências Bibliográficas	85

Dinâmica da água em solos de uma floresta monodominada por <i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.	93
Introdução	93
Materiais e Métodos	95
Resultados e Discussões.....	99
Conclusões	109
Referências Bibliográficas	110
Modelo conceitual da monodominância de <i>Myracrodruon urundeuva</i>	116
Introdução	116
Metodologia	118
Resultados e discussões	122
Ecologia monodominante de <i>M. urundeuva</i>	123
Estresse hídrico	125
Simbiose micorrízica.....	127
Alelopatia	128
Parâmetros químicos e físicos de solos.....	130
Modelo conceitual da monodominância de <i>M. urundeuva</i>	132
Referencias Bibliográficas	135
Conclusões gerais	141
Anexo fotográfico	144

RESUMO

OLIVEIRA, Felipe Pinho de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Ecologia da monodominância de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) em floresta tropical estacional no médio rio Doce, MG.** Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho. Coorientador: Agostinho Lopes de Souza.

O presente trabalho de tese tem como foco o estudo de povoamentos puros ou monodominados pela espécie florestal *Myracrodruon urundeuva* (Fr. All.) conhecida popularmente por aroeira, aroeira-verdadeira ou aroeira-do-sertão. Florestas monodominantes são descritas ao redor do mundo visto que os mecanismos que levam à dominância de determinadas espécies podem auxiliar a compreensão da diversidade em florestas tropicais. Adicionalmente, observa-se que a monodominância de *M. urundeuva* implica na dinâmica produtiva de agroecossistemas locais. Os fatores que determinam a monodominância em florestas tropicais são incertos, podem variar entre florestas, e no caso da monodominância de *M. urundeuva*, permanecem não elucidados. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi investigar causas e consequências da monodominância de *Myracrodruon urundeuva* na região do médio rio Doce, MG. Hipóteses consagradas em estudos da monodominância tropical, somadas a observações de campo, registros etnográficos e revisão de literatura, orientaram a condução de experimentos em campo e laboratório. Dezesesseis fragmentos florestais monodominados por *M. urundeuva* no município de Tumiritinga, e quatro fragmentos no município de Aimorés, serviram de base para a coleta de solos, materiais botânicos, instalação de equipamentos e estudos fitossociológicos. Foram ajustados modelos matemáticos para cálculo de volume de árvores individuais de *M. urundeuva*; estudadas a composição florística, as estruturas horizontal, interna e paramétrica de florestas sob monodominância de *M. urundeuva*, e analisadas alterações fitossociológicas em fragmentos monodominados após intervenções de manejo; a fitotoxidez de folhas, cascas e raízes de *M. urundeuva* foi avaliada através de bioensaios de germinação e desenvolvimento radicular de *Cucumis sativus*; a rizosfera de *M. urundeuva* foi estudada por meio de técnicas combinadas de biologia molecular e análises morfológicas, em especial para identificação de comunidades de FMA's. Parâmetros químicos e físicos de solos, bem como a dinâmica da matéria orgânica e análise de bioindicadores de qualidade do solo, foram avaliados em fragmentos florestais com monodominância e comparados com solos de usos

adjacentes. A dinâmica da água no solo em um fragmento florestal monodominado e em uma área de regeneração natural adjacente, foi monitorada por sistemas *dataloggers* em diferentes profundidades. O conteúdo de umidade volumétrica, obtido após calibração de sensores TDR em laboratório, permitiu estudar o comportamento termal e físico-hídrico dos solos durante um ano hidrológico. Os estudos fitossociológicos demonstraram que a monodominância de *Myracrodruon urundeuva* é caracterizada por valores de densidade absoluta e dominância relativa superiores a todos os casos de monodominância revisados no presente estudo. Observou-se que o manejo nestes sistemas deve em especial favorecer a redução da dominância nas classes diamétricas inferiores, acompanhada da introdução de espécies para a cobertura do solo. Foi observado efeito fitotóxico de metabólitos secundários de *M. urundeuva*, sendo que o extrato metanólico de folhas inibiu o crescimento radicular da espécie alvo com a maior intensidade. Foi verificada associação de FMA's com *M. urundeuva* em monodominância, e os perfis de géis DGGE indicam haver diferenças estruturais nas comunidades microbianas dos solos estudados. A diversidade, densidade e atividade de microorganismos no solo foram afetadas pelos sistemas de uso estudados e demonstraram que solos sob monodominância estão em condição de estresse. A monodominância de *M. urundeuva* foi observada exclusivamente em solos argilosos e eutróficos com elevada saturação de Ca^{2+} e a monodominância alterou a constituição e dinâmica da matéria orgânica do solo. Foi observado que os solos sob monodominância de *M. urundeuva* permanecem grande parte do ano com conteúdo de umidade próximo ou abaixo do ponto de murcha permanente nas camadas superficiais e intermediárias de solos. A monodominância de *M. urundeuva* pode ser explicada pelo conjunto de características intrínsecas à espécie associadas a características do meio onde a espécie se desenvolve e modifica. A eficiência reprodutiva, as elevadas taxas de crescimento de plântulas, a resistência à herbivoria e ataque de patógenos, associadas à tolerância ao estresse hídrico e a exploração de nichos específicos através de associações com FMA's, parece conferir elevado ingresso e sobrevivência de plântulas de *M. urundeuva* em sistemas pós-distúrbio e garantir vantagens adaptativas e competitivas frente a outras espécies. Possíveis efeitos alelopáticos, associados à condição de estresse hídrico, solos de horizonte A decapitado, com ausência de banco de sementes e ausência de serrapilheira, e elevada biomassa radicular, parecem modificar condições no sub-bosque, impedir ou retardar o ingresso de outras plantas, e, desta forma, manter o status quo monodominante.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Felipe Pinho, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Ecology of aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) monodominance in a seasonal forest in middle region of Rio Doce, MG.** Adviser: Elpídio Inácio Fernandes Filho. Co-adviser: Agostinho Lopes de Souza.

This thesis work is focused on the study of pure population or mono-dominated by the *Myracrodruon urundeuva* species. Mono-dominant forests are described around the world as the mechanisms that lead to the dominance of certain species and may help understand the diversity in tropical forests. Additionally, it is observed that the *M. urundeuva* monodominance implies in the productive dynamics of local agro-ecosystems. The factors that determine the monodominance in tropical forests are uncertain. They may differ between forests, and in the case of the *M. urundeuva* monodominance, remains unclear. In this context, the aim of this work was to investigate causes and consequences of the *Myracrodruon urundeuva* monodominance in the middle region of Rio Doce, in the state of Minas Gerais. Consecrated hypothesis in studies of tropical monodominance, coupled with field observations, ethnographic records and literature review guided the experiments in the field and in the laboratory. Sixteen forest fragments mono-dominated by *M. urundeuva* in the city of Tumiritinga, and four fragments in the city of Aimorés, formed the basis for collecting soil, botanical materials, equipment installation and phytosociological studies. Mathematical models were adjusted to calculate the volume of individual *M. urundeuva* trees; a study was conducted for floristic composition, horizontal, internal and parametric structures of forests under the *M. urundeuva* mono-dominance, and an analysis was performed for phytosociological changes in mono-dominated fragments after management interventions; the phytotoxicity on leaves, barks and roots of *M. urundeuva* was assessed by bioassays of germination and root development of *Cucumis sativus*; the rhizosphere of *M. urundeuva* was studied by combined techniques of molecular biology and morphological analysis, in particular to identify the AMF communities. Chemical and physical parameters of soil as well as the dynamics of soil organic matter and biomarkers analysis of soil quality were evaluated in forest fragments with mono-dominance and compared with lands of adjacent uses. The dynamic of water in the soil in a mono-dominated forest fragment and in a surrounding natural regeneration area, was monitored by dataloggers systems at

different depths. The volumetric moisture content, obtained after the calibration of TDR sensors in the laboratory, allowed studying the thermal and physical-hydric behavior of the soil during a hydrological year. The phytosociological studies showed that the *Myracrodruon urundeuva* mono-dominance is characterized by absolute density values and relative dominance superior to all cases of mono-dominance reviewed in this study. It was observed that the management in these systems should particularly favor the reduction of dominance in the lower diameter classes, accompanied by the introduction of species for ground cover. It was observed a phytotoxic effect of secondary metabolites of *M. urundeuva*, wherein the extract that showed the highest inhibition of root growth of the target species was the methanolic extract of leaves. It was observed AMF association with *M. urundeuva* in mono-dominance, and the profiles of DGGE gels indicate that there are structural differences in the microbial communities in the soils that were evaluated. The diversity, density and activity of microorganisms in the soil were affected by the use of the systems that were studied and showed that the soils under mono-dominance are under stress conditions. The *M. urundeuva* mono-dominance was observed exclusively on clay and eutrophic soils with high saturation of Ca^{2+} and the mono-dominance changed the constitution and dynamics of the soil organic matter. It was observed that the soils under *M. urundeuva* mono-dominance remain much of the year with moisture content below or near the permanent wilting point in the surface and intermediate layers of the soil. The *M. urundeuva* mono-dominance can be explained by the intrinsic set of characteristics by the species associated with environment characteristics where the species grows and changes. The reproductive efficiency, high seedling growth rates, resistance to herbivores and pathogen attack, associated with tolerance to water stress and the exploitation of specific niches through associations with AMF, appears to confer high entry and survival of *M. urundeuva* seedlings in post-disturbance systems and ensuring competitive advantage against other species. Possible allelopathic effects associated with the condition of water stress, decapitated A horizon soils, with no seed bank and absence of leaf litter and high root biomass, appear to modify conditions in the understory, prevent the entry of other plants, and, thus maintaining the monodominant status quo

INTRODUÇÃO GERAL

O trabalho de tese ora apresentado surge em continuidade a um conjunto de ações de pesquisa e extensão desenvolvidas desde 2007 em uma região do médio Rio Doce, MG, por uma equipe multidisciplinar da Universidade Federal de Viçosa. A partir de 2009, em função de demandas apresentadas por agricultores, técnicos ambientais e operadores do direito, o trabalho passou a ter como foco a expansão de povoamentos puros ou monodominados pela espécie florestal *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira). No período de 2009-2011, pesquisas foram conduzidas para descrever, caracterizar e divulgar a existência de fragmentos florestais monodominados pela referida espécie. Uma vez constatada e descrita a monodominância de *M. urundeuva*, foram desenvolvidos trabalhos de mapeamento digital de tais feições na paisagem, e iniciou-se o estudo de causas ou condicionantes da monodominância da espécie.

No Brasil, algumas formações monodominadas recebem denominações próprias, associadas ao nome popular da espécie. A dominância de *Eremanthus erytropappus* (DC. Mac Leish) em Minas Gerais recebe a denominação de candeial. Os maciços de *Mimosa scabrella* (Benth.) recebem o nome de bracatingal nos estados do Paraná e São Paulo. Os agrupamentos quase homogêneos de *Tabebuia cassinoide* (LAM.) D.C e *Calophyllum brasiliensis* Cambessèdes. são denominados respectivamente de caixetais e guanandizais. Os Cambarazais (*Vochysia divergens* Pohl.) são frequentemente encontrados em áreas inundáveis do Pantanal de Mato Grosso, bem como os paratudais, nome atribuído às matas dominadas por *Tabebuia aurea* (Manso Benth. & Hook. f. ex S. Moore). As florestas monodominantes de *Brosimum rubescens* (Taubert.) no Mato Grosso e *Peltogyne gracilipes* (Ducke) em Roraima, são possivelmente os casos de monodominância mais estudados em florestas tropicais brasileiras, onde boa parte dos mecanismos condicionantes da monodominância foram esclarecidos após diversas pesquisas.

Exemplos de monodominâncias descritas em florestas tropicais ao redor do mundo revelam aspectos particulares à monodominância aqui estudada. Observa-se que *M. urundeuva* alcança uma das maiores dominâncias registradas em florestas tropicais; que a monodominância da espécie está relacionada a processos de degradação física dos solos; e que tal fenômeno acarreta conflitos de ordem ambiental, econômica e social com implicações na dinâmica produtiva de agroecossistemas

locais. Na região do médio rio Doce, é notória a relação conflituosa entre agricultores/pecuaristas e tais formações, sendo comum observar designação de status pejorativo “praga sem controle” à aroeira nestes contextos regionais.

Se em monodominância a aroeira parece ser um problema, o conjunto de suas características faz dela uma espécie de riquíssimo valor genético e ecológico, dada as diferentes formas de utilização de seus produtos florestais madeireiros e não madeireiros, passíveis de aproveitamento a partir de plano de manejo florestal sustentável. A espécie possui madeira de excelente qualidade, produz metabólitos secundários de ação medicamentosa comprovada, apresenta potencial apícola e características de rusticidade que lhe conferem potencial para utilização em projetos de recuperação de áreas degradadas, sistemas agroflorestais e sistemas silvipastoris.

O que se observa é que a existência de conflitos legais e a ausência de subsídios técnicos para elaboração de planos de manejo para a espécie em seu contexto monodominante trazem aos técnicos ambientais e aos demais operadores do direito insegurança no que tange à autorização para intervenção nestas áreas, seja visando à restauração dos ambientes degradados ou a condução de bosques produtivos.

Além dos aspectos práticos mencionados, a monodominância em florestas tropicais é estudada em todo o mundo visto que os mecanismos da dominância podem auxiliar a compreensão da diversidade em florestas tropicais. Embora observada certa recorrência entre alguns mecanismos citados como responsáveis pela dominância em florestas tropicais, os fatores que determinam a monodominância são incertos e variáveis entre florestas, e, no caso da monodominância de *M. urundeuva*, permanecem não elucidados.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi:

→ Investigar causas e consequências da monodominância de *Myracrodruon urundeuva* na região do médio rio Doce, MG.

As principais hipóteses consagradas em estudos da monodominância tropical somadas a observações de campo, registros etnográficos e revisão de literatura orientaram a condução de experimentos em campo e laboratório para avaliar questões pertinentes à relação solo-planta nestes sistemas, a partir dos seguintes objetivos específicos definidos:

→ Avaliar a dinâmica físico-hídrica em solos com monodominância de *Myracrodruon urundeuva*;

→ Avaliar a estrutura, diversidade e distribuição de comunidades microbianas em solos sob monodominância de *M. urundeuva*;

→ Comparar atributos químicos, físicos e biológicos de solos sob monodominância de *M. urundeuva* com solos de usos adjacentes aos fragmentos monodominados;

→ Avaliar o potencial alelopático de folhas, sementes e raízes de *Myracrodruon urundeuva*.

Para melhor apresentação dos resultados obtidos na pesquisa, o presente trabalho de tese foi dividido em cinco sessões conforme apresentado a seguir:

1º - Capítulo 1. Revisão crítica e avanços sobre a ecologia e manejo da monodominância de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr.All.) no médio rio Doce (MG)

Este capítulo teve por objetivo contextualizar o problema de pesquisa em monodominância de *M. urundeuva*, e apresentar estudos florestais executados no âmbito desta tese. No capítulo introdutório é apresentada revisão de literatura que aborda características ecológicas, fisiológicas e utilitárias de *M. urundeuva*. Os locais onde foram realizados experimentos e coletas de materiais são caracterizados, é discutida a distribuição da monodominância enquanto elemento da paisagem e apresentada análise de aspectos legais que tangem o uso e conservação de *M. urundeuva*. Em seguida são apresentados resultados das pesquisas relacionadas à estrutura e manejo de florestas monodominadas por *M. urundeuva*, quais sejam: Cubagem rigorosa; Densidade de Madeira e Poder Calorífico; Caracterização fitossociológica; Estoque de Carbono; Estágio de Regeneração e análise de ações de manejo da monodominância de *M. urundeuva*.

2°- Artigo 1 – Fitotoxidez e potencial alelopático de *Myracrodruon urundeuva*

O artigo teve por objetivo avaliar o potencial alelopático de árvores adultas de *Myracrodruon urundeuva* em monodominância. O potencial alelopático foi avaliado por meio de ensaios de germinação de sementes utilizando extratos hexânicos e metanólicos de folhas, raízes e sementes de *M. urundeuva*.

3°- Artigo 2 – Fungos micorrízicos arbusculares e dinâmica da matéria orgânica na rizosfera de ecossistemas monodominados por *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.

O artigo teve por objetivos descrever a utilização de técnicas combinadas de biologia molecular para analisar a riqueza de fungos micorrízicos arbusculares associados à rizosfera de *M. urundeuva* em monodominância. Foi também objetivo do trabalho estudar a estrutura e dinâmica da matéria orgânica nos solos estudados a fim de avaliar o impacto das florestas monodominadas por *M. urundeuva* nos compartimentos de carbono e na estrutura da comunidade microbiana no solo.

4°- Artigo 3 – Dinâmica da água em solos de uma floresta monodominada por *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.

O artigo teve por objetivo estudar a dinâmica de água em um ano hidrológico em fase de transição de solos sob monodominância de *M. urundeuva* e solos sob regeneração de floresta estacional semidecidual manejada, utilizando a técnica de reflectometria no domínio do tempo (TDR). Foi também objetivo do trabalho relacionar a dinâmica da água nestes sistemas com parâmetros físico-hídricos do solo, em especial o potencial de retenção de água.

5°- Artigo 4 – Modelo conceitual da monodominância de *M. urundeuva*

Este trabalho tem por objetivo relacionar características ecológicas de *M. urundeuva* e seus efeitos na relação solo-planta em sistemas monodominados por *M. urundeuva*, à luz dos mecanismos frequentemente citados como responsáveis pela monodominância em florestas tropicais.

Capítulo 1

**Revisão crítica e avanços sobre a ecologia e manejo da monodominância de
Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr.All.) no médio rio Doce (MG)**

O tema e sua delimitação

A etimologia do nome da espécie florestal *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (Anacardiaceae), também conhecida por aroeira, aroeira-do-sertão ou aroeira-verdadeira, indica que *urundeuva* vem do guarani e significa “madeira que não apodrece na água”. *Aroeira* vem de arara, árvore em que a arara pousa e nidifica (Lorenzi, 2002). *M. urundeuva* ocorre naturalmente desde o México até o Paraguai, sendo considerada no Brasil a espécie florestal nativa mais amplamente distribuída nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste (Silva et al., 2006). A espécie foi registrada em diferentes fitofisionomias brasileiras, como a Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Formações Submontana, Cerrado e também no bioma Pantanal (Carvalho, 2003), sendo observada entre altitudes que variam de 18m no Rio Grande do Norte até 1.200 metros no Distrito Federal (Carvalho, 2003).

Diferentes autores citam que a distribuição ecogeográfica da aroeira destaca a preferência desta espécie por solos eutróficos, em especial com altos teores de cálcio (Carvalho, 1994; Ratter et al. 1978; 1978a; Lorenzi, 2002; Carvalho, 2004; Vieira, 2008; Silva et al. 2003). Contudo, Meira et al., (2007) identificaram indivíduos de *M. urundeuva* na Amazônia Ocidental, o que alterou o mapa de distribuição da espécie no Brasil (Carvalho, 2004), e relatou a ocorrência da espécie no estado de Rondônia associada a solos distróficos (Figura 1).

M. urundeuva é uma espécie dióica ou monóica, de fecundação cruzada, decídua, heliófila e seletiva xerófila, característica de terrenos secos e rochosos (Carvalho, 2003; Silva et al. 2002). É classificada por Lorenzi (2002) como espécie clímax, porém, pode também se comportar como secundária inicial e tardia. Segundo Carvalho (2003), a aroeira tem grande resistência ao fogo e potencial de ocupar pastagens, estabelecendo-se com frequência na vegetação secundária por rebrota de cepas.

A espécie inicia o processo de reprodução sexuada entre 8 e 15 anos, sendo variável a sua fenologia entre regiões (Durigan et al., 2002). Possui elevada produção de sementes, e após dispersão, em especial anemocórica, emergem entre 8 a 18 dias, com germinação superior a 80% (Lorenzi, 2002). Segundo Scalon et al., (2012), sementes de aroeira não demandam tratamentos pré-germinativos para alcançar 80% de sobrevivência de plântulas. As mudas desenvolvem melhor a pleno sol, sendo observada redução de altura e diâmetro de colo de plantas sob 50% de sombreamento

em relação ao pleno sol, porém sem prejudicar a viabilidade e sobrevivência das plântulas (Scalon et al. 2012).

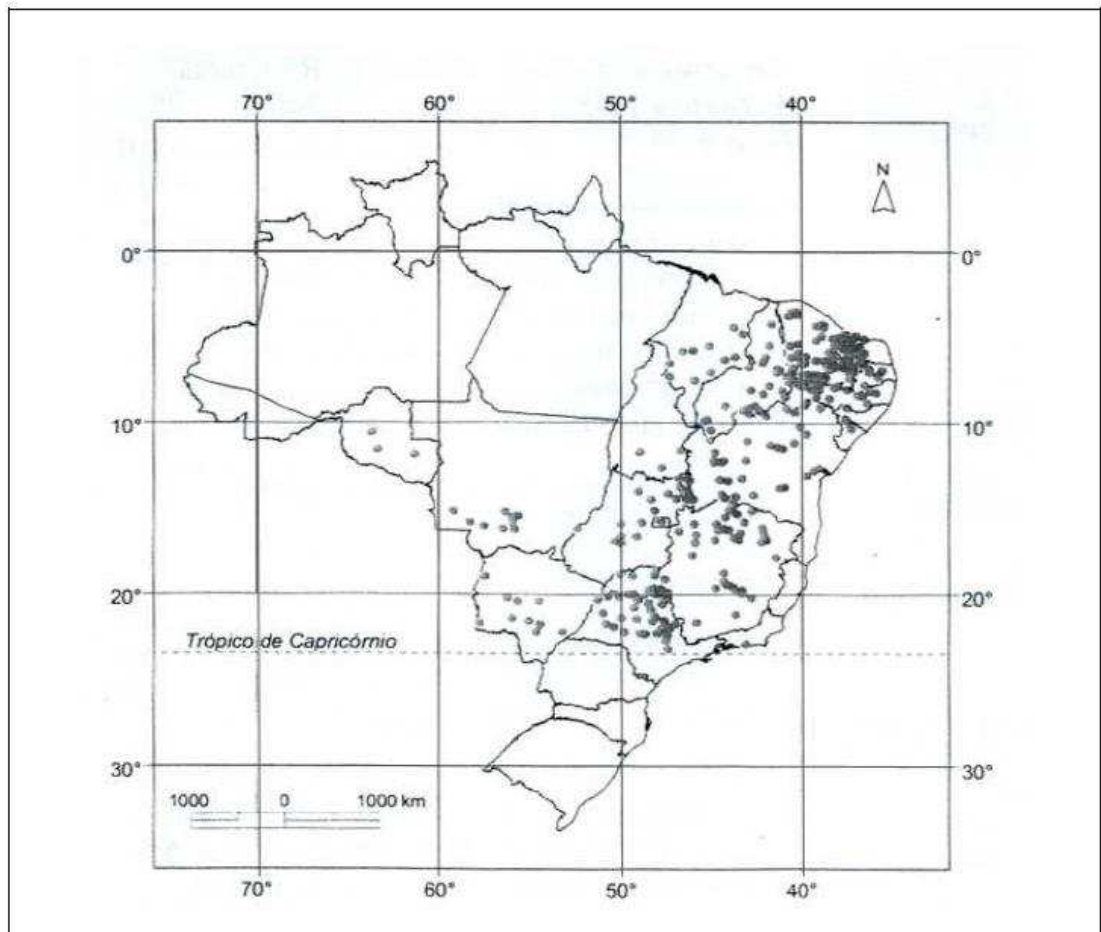


Figura 1. Mapa de distribuição de *M. urundeuva* (Adaptado de Meira et al. 2007)

O conjunto das características de *M. urundeuva* faz dela uma espécie de grande valor genético e ecológico, dada as diferentes formas de utilização de seus produtos madeiros e não madeiros. De acordo com Figueiroa et al. (2004), *M. urundeuva* apresenta características adaptativas, tais como reprodução vigorosa, alta taxa de germinação sem tratamento prévio, rápido crescimento de raiz principal com presença de tuberosidade, cotilédones fotossintetizantes e persistentes, sendo indicada para reflorestamentos, projetos de recuperação de áreas degradadas (Lorenzi, 2002), serviços ambientais (Cintra, 2009) e formação de sistemas silvipastoris (Viana et al., 2002).

M. urundeuva foi investigada quanto aos aspectos medicinais, sendo constatados efeitos antiinflamatórios, cicatrizantes, antiulcerogênico, antihistamínico,

e analgésico (Viana, 2003; Mello, 2007). Na medicina popular, é indicada para combater inflamações na garganta, gengiva, pele, vagina e colo do útero (Vianna et al. 1995). Suas flores são intensamente procuradas por abelhas do gênero *Apis sp.*, sendo muitas vezes a florada mais esperada e rentável para os apicultores de algumas regiões do estado de Minas Gerais (Comunicação pessoal – EMATER/MG). Queiroz et al. (2002) identificaram elevada quantidade de compostos fenólicos na aroeira, classificando-a como muito rica em metabólitos secundários, responsáveis pela resistência natural de sua madeira à degradação química e biológica. Outra constatação dos autores é a concentração de tanino na casca (17%), metabólito secundário utilizado na indústria, em geral no curtume do couro.

Quanto à utilização madeireira, é notável o reconhecimento das propriedades físicas de sua madeira. O cerne possui densidade elevada, com valores de até 1,19 g/cm³ (Lorenzi, 2002). A característica de durabilidade é encontrada em apenas 5% das madeiras e apenas 1% delas são classificadas como “muito duráveis” (Carvalho, 2003). De acordo com testes realizados pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, a aroeira foi classificada como “muito durável” e inclusa no grupo das madeiras imputrescíveis (Vieira, 2008). Assim, associando a beleza e durabilidade, a madeira de aroeira é muito utilizada em estruturas internas e externas como móveis, pontes, esteios, dormentes, vigas, etc (Lorenzi, 2002).

Em termos econômicos, *M. urundeuva* apresenta potencial para diversificar a renda da propriedade rural pela possibilidade de comercialização de produtos florestais madeireiros e não madeireiros. Cambuim (2013) avaliou a sustentabilidade de um sistema silvipastoril com *Myracrodruon urundeuva* a partir de uma população base de 1.651 plantas/ha. O autor constatou produção de 3,29 m³/ha/ano até 5,5 m³/ha/ano, índice de crescimento volumétrico considerado pelos autores satisfatório para uma espécie nativa de crescimento lento. Os autores concluíram o trabalho afirmando que sistemas silviculturais com *M. urundeuva* constituem opções economicamente viáveis e sustentáveis, principalmente se inseridos em estratégias de planejamento que considerem objetivos, custos e retornos de médio a longo prazo.

Scalon et al. (2012) destacam que em decorrência dos múltiplos usos, a aroeira enfrenta processo de exploração intensa e predatória de suas populações naturais, que ao longo de décadas, reduziu drasticamente os indivíduos de grande porte e levou a espécie à lista oficial da flora brasileira ameaçada de extinção (IBAMA, 2008).

Paralelo ao quadro de erosão genética da espécie denunciado por Medeiros (1996) e Scalon et al. (2012), Valente (2005), Vieira (2008) e Oliveira (2011) chamam a atenção para a formação de fragmentos monodominados por aroeira no médio Rio Doce, estado de Minas Gerais. Nesta região, áreas sob monodominância de aroeira normalmente estão relacionadas a processos erosivos do solo, a ambientes de baixa diversidade e representam um obstáculo aos agroecossistemas produtivos locais por estar avançando sobre áreas de pecuária e agricultura.

Hart et al. (1989) difundiram o termo “monodominante” que passou a ser utilizado para descrever florestas que apresentam mais de 50% do número de indivíduos da comunidade pertencentes a uma única espécie. Estudos registraram o comportamento monodominante de espécies arbóreas em florestas tropicais do Brasil e do mundo. Marimon e Felfili (2000) estudaram um fragmento florestal monodominado por *Brosimum rubescens* no pantanal Matogrossense.

Hart et al. (1989) estudaram florestas monodominadas por *Gilbertiodendron dewevrei* no sul da Nigéria. A monodominância de *Peltogyne gracilipes* na Ilha de Maracá, Roraima, foi caracterizada por Nascimento e Proctor (1997) e Henkel (2003) estudou fragmentos florestais na Guiana monodominados pela espécie *Dicymbe corymbosa*. Exemplos de monodominância em florestas brasileiras são atribuídos, entre outros, às espécies florestais *Eremanthus erythropappus* (Souza et al., 2007) e *Mimosa scabrella* (Klein, 1981).

Além de contribuir para a compreensão dos processos ecológicos e evolutivos de agroecossistemas, estudos sobre dinâmica de populações, das relações solo-planta, e bioprospecções são decisivos para garantir o sucesso no manejo florestal. Entretanto ainda são raras as pesquisas direcionadas aos fragmentos monodominados por *M. urundeuva*, seja focada no uso e conservação da espécie ou nas causas e consequências da monodominância da espécie.

A compreensão de mecanismos ecológicos relacionados à dominância de *Myracrodruon urundeuva* podem fomentar o desenvolvimento de estratégias de restauração ambiental aliada à oferta de serviços ecológicos que, conciliando a produção madeireira e não madeireira, sejam capazes de aumentar a produtividade rural e ao mesmo tempo garantir a conservação da espécie em diferentes ecossistemas.

Descrição da área de estudo

Os estudos aqui apresentados foram conduzidos nos municípios Tumiritinga e Aimorés, ambos localizados na região do médio rio Doce, MG (Figura 2). A sede municipal de Tumiritinga está localizada no ponto de coordenadas 18°58'44" Sul e 41°38'42" Oeste. O município ocupa uma área de 497 km², e possui população de 6.198 habitantes. A sede municipal de Aimorés está localizada no ponto de coordenadas 19°28'32" Sul e 41°10'18" Oeste. O município ocupa uma área de 1.350 km². A população estimada pelo IBGE (2009) é de 24.825 habitantes.



Figura 2 Localização dos municípios Tumiritinga e Aimorés, MG.

Em Aimorés e Tumiritinga é notória a ocorrência da aroeira em monodominância, ocupando diferentes feições na paisagem. Oliveira et al. (2013) mapearam fragmentos florestais monodominados por *M. urundeuva* em Tumiritinga através da classificação supervisionada de imagens de satélite e observaram que tais feições ocupam cerca de 22% do território municipal, sendo, aparentemente, o fenômeno associado ao uso e ocupação do solo e a fatores edafoclimáticos (Scudeler et al., 2012; Valente, 2005).



Figura 3. Fragmento florestal monodominado por *M. urundeuva* observado na paisagem e *in loco* em Tumiritinga, MG.

Em Tumiritinga, MG, os “aroeirais” ocupavam 23,7% do Assentamento 1º de Junho, de maneira geral, em áreas de relevo forte, forte ondulado e eventualmente sob relevo suave (Tabela 1). Oliveira et. al. (2009) observaram correlação entre as unidades de relevo ondulado e forte ondulado com a distribuição das classes Argissolos Vermelho eutróficos e Cambissolos eutróficos no assentamento 1º de Junho, sendo que a distribuição dos aroeirais se correlacionou com Argissolos Vermelhos eutróficos, classe de solo fortemente associada às Florestas Estacionais Deciduais. A tabela 1 apresenta as classes de solo predominantes no assentamento 1º de Junho, Tumiritinga, MG, a cobertura das respectivas classes de solo e a sobreposição de áreas com monodominância de aroeira sob as classes de solo observadas. A classe dos Argissolos representa 78% das classes de solo presentes no assentamento e correspondem a classes de solo de uso menos intensivo no assentamento. Assim, embora observada correlação entre ocorrência de aroeira em Argissolos, a distribuição da espécie na paisagem pode ocorrer em outras classes de solo, porém, é controlada por intervenções antrópicas.

Tabela 1. Relação entre ocorrência de aroeira e classes de solo no assentamento 1º de Junho. Adaptado de Oliveira et al. (2009).

Classe de Solo	Solo (ha)	Aroeira (ha)	%
LVEf	255,7	50,9	19,9
LVA	24,6	2,4	9,6
RU	266,2	5,1	1,9
PVes	886,2	325,4	36,7
PVE	1059,5	206,9	19,5
Total	2492,1	590,7	23,7

LVEf – Latossolo Vermelho eutrófico férrico; LVA – Latossolo Vermelho amarelo; RU – Neossolo Fúlvico; PVes Argissolo Vermelho eutrófico saprolítico (Cambissolo); PVE – Argissolo Vermelho eutrófico.

Aspectos legais de uso e conservação da Aroeira

Os chamados “aroeirais” não se limitam somente aos municípios supracitados, sendo observados em diferentes localidades no médio rio doce, além das regiões norte e centro-oeste de Minas Gerais e Jequitinhonha. No médio rio Doce os “aroeirais” tem status pejorativo entre os agricultores e em especial entre pecuaristas, sendo considerado por muitos como um importante limite produtivo aos agroecossistemas locais. O conflito entre agricultores e os “aroeirais” ocorre muitas vezes em função da insegurança jurídica dos operadores do direito no que tange à regulamentação de uso sustentável da espécie, seja esta visando a recuperação de áreas degradadas ou a condução de bosques produtivos. Aliado a isto, gestores ambientais reclamam da inexistência de regulamentação legal para o uso e conservação da espécie em monodominância. Consequentemente, é comum observar o corte clandestino e predatório de aroeirais, com tentativa por vezes frustrada de formar pastagens, sendo a madeira explorada muito utilizada na indústria da cerâmica local.

Em 1991, mediante a Portaria nº 83 de 26 de setembro, o IBAMA proibiu o corte e a exploração da aroeira em floresta primária e permitiu a exploração em floresta secundária desde que com plano de manejo aprovado pelo IBAMA. No ano seguinte, através da Portaria nº 37 (IBAMA, 1992), foi instituída a Lista Oficial das espécies ameaçadas de extinção, onde *Myracrodruon urundeuva* foi considerada “espécie vulnerável”. Posteriormente, foi promulgada a Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998). Nesta legislação, em seção própria destinada à flora, há alguns dispositivos que tipificam o corte de madeira de lei e ainda outros onde o fato de ser a espécie ameaçada de extinção acarreta um agravamento da pena (Murta, 2010).

A Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428 de 22 de dezembro, 2006) que “dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do bioma Mata Atlântica e dá outras providências”, permite em seu artigo 28, a exploração de espécies em estágio médio de regeneração quando sua presença for superior a 60%, desde que autorizados pelo órgão estadual competente. Em 2008, nova lista de espécies ameaçadas de extinção (Instrução Normativa nº 6 MMA, de 23 de setembro de 2008) reitera a aroeira como espécie ameaçada de extinção nos estados da BA, DF, GO, MA, MG, MS, MT, SP, e nos biomas do Cerrado e da Caatinga.

O conflito de normas existente se dá pelo fato de haverem normas que proíbem o corte da aroeira (Portaria nº37 do IBAMA e Instrução Normativa nº 6 do MMA) e outras que permitem o corte quando em floresta secundária ou em monodominância, através de plano de manejo pré-aprovado pelo órgão competente (Murta, 2010) (Portaria nº 83 do IBAMA e artigo 28 da Lei 11.428). Murta et al. (2012), avaliou com base nos princípios de interpretação do direito e nas teorias de solução de conflitos de normas, quais normas devem reger o uso da aroeira na região do Médio Rio Doce. Os autores concluem, para que haja maior adequação da norma ao caso concreto da região do Médio Rio Doce, pela possibilidade de uso da aroeira quando em floresta secundária e quando em monodominância, desde que mediante plano de manejo autorizado, em acordo com a Portaria nº 83 do IBAMA e do artigo 28 da Lei 11.428, a lei do Bioma Mata Atlântica.

Em dezembro de 2014 (Portaria MMA Nº 443, de 17 dezembro de 2014), após 22 anos de inclusão, *Myracrodruon urundeuva* saiu da lista de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção. Consequentemente, a segurança jurídica pode ser restaurada, contudo, persiste a discordância entre a Instrução Normativa nº 6 do MMA e a Portaria nº 83 do IBAMA e artigo 28 da Lei 11.428.

Tendo em mente que as florestas são bem de interesse comum e que a política ambiental de Minas Gerais tem por objetivo proteger e conservar os solos e as formações florestais nativas (Instituto Estadual de Florestas - MG, P.N nº 234) justifica-se a realização de estudos que viabilizem o manejo sustentável de povoamentos monodominados pela aroeira. A estratégia a ser adotada para que uma atividade deixe de ser clandestina e predatória é a regulamentação com base em critérios técnicos e jurídicos.



Figura 4. Paisagens em Tumiritinga, médio rio Doce, MG. Foto 1- 1º plano: Cultura anual; 2º plano: Mata ciliar; 3º Fragmento monodominado por aroeira. Foto 2 – Exploração de fragmento monodominado por *Myracrodruon urundeuva*.

Cubagem Rigorosa

Para realização do manejo florestal sustentável é fundamental conhecer a composição florística e as estruturas fitossociológica e paramétrica da floresta, com destaque para as estimativas de volumes de árvores individuais (m^3) e a produção ou estoque volumétrico ($m^3.ha^{-1}$). Para *Myracrodruon urundeuva*, é importante estimar do volume de casca, porque dela podem ser extraídos produtos utilizados como matéria-prima na indústria (Queiroz, 2002) e com potencial para bioprospecção.

As estimativas de volumes de árvores individuais são comumente obtidas mediante o emprego de equações volumétricas, em que o volume, variável dependente, é estimado por meio de variáveis independentes de fácil mensuração, como o diâmetro e a altura. Com base em dados de inventário florestal (Oliveira, 2011) foram definidas 6 classes de diâmetro, com amplitude de 2,5cm. Para cada classe diamétrica definida, foram selecionadas 5 árvores-amostra conforme recomendado por Campos e Leite (2009). As árvores foram abatidas e seccionadas de 1m em 1m e cubadas pelo método de Smalian.

Foi considerada como altura comercial (H_f) o comprimento do fuste medido a partir do nível do terreno até a primeira bifurcação ou inserção dos primeiros galhos. Em cada seção foi mensurada a espessura da casca, utilizando um paquímetro, além do diâmetro com casca.

Foram ajustados e avaliados quatro modelos volumétricos (equações 1 a 4), seguindo orientações de Campos e Leite (2009). O modelo de Schumacher e Hall foi ajustado na sua forma logarítmica, também, com a inclusão de uma variável binária, conforme sugerido por Campos e Leite (2009). O modelo de Brenac foi testado para avaliar o comportamento de equações de simples entrada (DAP) para a estimativa de volume de árvores individuais da espécie em estudo. Os critérios utilizados para avaliar a precisão das equações volumétricas ajustadas (Gomes e Garcia, 1993; Campos e Leite, 2009) foram: coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}); erro padrão (S_{yx}) das estimativas volumétricas em m^3 ; e análise gráfica dos resíduos.

$$\text{Schumacher e Hall} \rightarrow \ln V_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln D_{ap_i} + \beta_2 \cdot \ln H_i + \varepsilon_i \quad [\text{eq 1}]$$

$$\text{Spurr} \rightarrow \ln V_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln D_{ap_i}^2 \cdot H_i + \varepsilon_i \quad [\text{eq 2}]$$

$$\text{Brenac} \rightarrow \ln V_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln D_{ap_i} + \beta_2 \cdot D_{ap_i} + \varepsilon_i \quad [\text{eq 3}]$$

$$\text{Schumacher e Hall}^2 \rightarrow \ln V_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln D_{ap_i} + \beta_2 \cdot \ln H_i + \beta_3 \cdot T_x / D_{ap_i} + \varepsilon_i \quad [\text{eq 4}]$$

2- Onde $T_x = 0$ com casca e $T_x = 1$ sem casca

Tabela 2. Coeficientes e estatísticas dos modelos volumétricos com e sem casca ajustados para *M. urundeuva*

	Equação	β_0	β_1	β_2	β_3	R ² aj	S _{xy}
com casca	Spurr	-10,4745	1,1036	-	-	0,9499	0,2185
	Schumacher e Hall	-9,3934	2,6563	0,0439	-	0,9645	0,1841
	Brenac	-8,7236	2,1935	0,0454	-	0,9654	0,1817
	Schumacher e Hall ²	-9,2475	2,5895	0,0447	-1,3617	0,9635	0,1855
sem casca	Spurr	-10,6507	1,1064	-	-	0,9486	0,2221
	Schumacher e Hall	-9,5554	2,6678	0,0327	-	0,9634	0,1875
	Brenac	-8,6708	2,0250	0,0620	-	0,9652	0,1828
	Schumacher e Hall ²	-9,2475	2,5895	0,0447	-1,3617	0,9635	0,1855

Os coeficientes de determinação ajustados (R²aj) variaram de 95,0% a 96,5%, enquanto que o erro padrão (S_{yx}) oscilou entre 0,1817 m³ a 0,2185 m³. Pelas medidas de precisão avaliadas (Tabela 2), observa-se que as equações ajustadas são precisas e muito semelhantes, visto que as diferenças estatísticas nos ajustamentos foram muito tênues. A cubagem rigorosa possibilitou ajustar equações precisas que podem ser utilizadas para elaborar tabelas de volume para árvores individuais de *M urundeuva*.

Tabela 3. Tabela de volume (m³) com e sem casca* estimados com o modelo de Shumacher e Hall para árvores de *M. urundeuva* de diferentes diâmetros e alturas

DAP cm	Altura Total (m)								n
	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Volume total com casca (m ³)								
5	0,0064	0,0065	0,0065	0,0066	0,0066	0,0066	0,0067	0,0067	5
7	0,0157	0,0158	0,0159	0,0160	0,0161	0,0162	0,0163	0,0163	3
9	0,0306	0,0309	0,0311	0,0313	0,0314	0,0316	0,0317	0,0318	4
11	0,0522	0,0526	0,0530	0,0533	0,0535	0,0538	0,0540	0,0542	4
13	0,0813	0,0820	0,0825	0,0830	0,0834	0,0838	0,0842	0,0845	3
15	0,1189	0,1199	0,1207	0,1214	0,1220	0,1226	0,1231	0,1236	4
17	0,1658	0,1672	0,1683	0,1693	0,1702	0,1709	0,1717	0,1723	5
19	0,2228	0,2246	0,2261	0,2275	0,2286	0,2297	0,2307	0,2316	2
21	0,2907	0,2930	0,2950	0,2967	0,2983	0,2997	0,3009	0,3021	0
	Volume total sem casca (m ³)								
5	0,0055	0,0055	0,0055	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056	0,0056	5
7	0,0134	0,0135	0,0136	0,0136	0,0137	0,0137	0,0138	0,0138	3
9	0,0262	0,0264	0,0265	0,0266	0,0267	0,0268	0,0269	0,0270	4
11	0,0448	0,0451	0,0453	0,0455	0,0457	0,0458	0,0460	0,0461	4
13	0,0699	0,0704	0,0707	0,0710	0,0713	0,0715	0,0718	0,0720	3
15	0,1025	0,1031	0,1036	0,1040	0,1044	0,1048	0,1051	0,1054	4
17	0,1431	0,1439	0,1447	0,1453	0,1459	0,1464	0,1468	0,1472	5
19	0,1925	0,1936	0,1946	0,1955	0,1962	0,1969	0,1975	0,1981	2
21	0,2514	0,2529	0,2542	0,2553	0,2563	0,2572	0,2580	0,2587	0
n	2	3	7	6	5	5	2	0	30

*Números grafados em negrito indicam a amplitude dos dados observados; VTc/c = ln(V) = -9,3934 + 2,6563xln(Dap)+0,0439 x ln(Ht); VTs/c = ln(V) = -9,5554 + 2,6678 x ln(Dap) + 0,0327 x ln(Ht), com r² = 0,9645 e 0,9634 respectivamente; e n indica o número de árvores-amostra cubadas em cada classe de DAP e altura total

As equações de volume total e de fuste referentes ao modelo de Brenac foram as que apresentaram os maiores valores de coeficiente de determinação (R^2_{aj}) e os menores valores do erro-padrão (S_{yx}), sendo considerada a mais precisa e também a de mais simples aplicação (modelo de simples entrada). Contudo, visto que não foi verificada diferença estatística entre os modelos de Brenac e Schumacher e Hall, recomenda-se a utilização do segundo modelo, dado seu maior realismo biológico (Campos e Leite, 2009), uma vez que utiliza as variáveis DAP e Ht ou Hf em suas estimativas.

Densidade da madeira e poder calorífico

Para calcular as densidades básicas da casca, alborno e cerne, foi retirado um disco de madeira a 1,3 m de altura de cada árvore durante a cubagem rigorosa. Para cada disco foram individualizados a casca, o alborno e o cerne e calculados a massa seca e o volume e realizada análise química de lenho e casca de aroeira.

REF_CLIENT	C	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B
	%	dag/kg(%)						mg/kg(ppm)				
Amostra 1_Casca	53,74	0,417	0,0759	0,402	3,237	0,412	0,022	4,1	215,3	17,5	11,4	15,8
Amostra 2_Lenho	57,48	0,108	0,0206	0,116	0,433	0,051	0,013	2,1	22,1	1,1	1,6	4,4

As árvores amostras de aroeira continham mais madeira de alborno do que cerne (Figura 5), portanto os valores de densidade de madeira de aroeira em monodominância ($0,78 \text{ g/cm}^3$) foram menores que os valores encontrados na literatura para árvores isoladas de aroeira amostradas em fragmentos heterogêneos ($1,19 \text{ g/cm}^3$). No entanto a aroeira em monodominância ainda mantém a característica de madeira de alta densidade ou pesada (IPT, 2005), sendo recomendada para uso interno e externo, por apresentar durabilidade alta contra ataques de xilófagos e fungos. Os valores de densidade de alborno ($0,76 \text{ g/cm}^3$) são também considerados altos, alocando inclusive o alborno de aroeira na classe de madeira de densidade pesada ou alta ($0,75$ a $0,90 \text{ g/cm}^3$).

O poder calorífico é definido como a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa da madeira. Os valores médios de poder calorífico de madeira de aroeira (cerne + alborno) e casca de aroeira foram respectivamente 4.743,32 Kcal e 3.920,98 Kcal. A aroeira em monodominância apresentou valores de poder calorífico superior à maioria das espécies florestais registradas no cadastro da Renabio (Rede Nacional de Energia da Biomassa). Destaca-

se que na lista de poder calorífico e densidade básica de madeiras da flora brasileira, não existe registro de tais características para a espécie aqui estudada. Analisando outros bancos de dados, disponível em <http://www.tropmad.com.br/especies/aroceira-verdadeira.php> foi encontrada a seguinte citação para *M. urundeuva*: Massa específica básica: 0,60 a 0,65 g/cm³ e Poder calorífico da madeira de 4.582 Kcal/kg.



Figura 5. Discos de madeira coletados na cubagem rigorosa e utilizados nos cálculos de densidade de madeira e poder calorífico.

Caracterização fitossociológica

Para estudar a composição florística e as estruturas fitossociológica e paramétricas de áreas sob monodominância de aroeira, dezesseis parcelas de 400m² foram distribuídas de forma aleatória ao longo do município de Tumiritinga, MG. A definição dos fragmentos monodominados inventariados se deu em função da indicação de agentes extensionistas locais (EMATER-MG), de posse de mapa temático de uso e ocupação do solo do município de Tumiritinga (Oliveira, 2011), e de expedições ao longo do território municipal, contando sempre com a autorização para acesso às propriedades rurais.

Foram amostrados 6.400 m² de “aroeirais” onde foram medidas com fita métrica as circunferências a 1,30m do solo (CAP) de todos os fustes com CAP > 15,7 cm. A altura total de cada fuste foi estimada com o auxílio de uma vara calibrada. A identificação botânica foi realizada através da coleta de material botânico em campo, herborização e conhecimentos técnicos de membros da equipe e classificadas de acordo com o sistema APG II. Os parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal foram estimados conforme Mueller-Dombois e Ellenberg (1974). Foram calculados os índices de diversidade Shannon-Wiener (H') e de equabilidade de Pielou (J')

(Marimom, 2000). Na análise da estrutura interna a avaliação da qualidade de fuste (Qf) fundamentou-se nas seguintes classes: QF1 fustes, na altura comercial, retos e livres de qualquer defeito; QF2 fustes, na altura comercial, com até 1/3 de tortuosidade; e QF3 fustes, na altura comercial, com até 2/3 de tortuosidade. A avaliação da sanidade de fuste (Sf) fundamentou-se nas seguintes classes: SF1 fustes na altura comercial livres de ataque de pragas e doenças; SF2 fustes na altura comercial, com até 1/3 atacado por pragas ou doenças; SF3 fustes na altura comercial, com até 2/3 atacado por pragas ou doenças. No cálculo dos volumes totais com casca de árvores individuais foi utilizada a equação:

$$\ln V = -9,3934 + 2,6563 \cdot \ln Dap + 0,0439 \cdot \ln Ht + \varepsilon \quad [\text{equação 1}]$$

em que: Dap=diâmetro da árvore tomado a 1,30 m do solo, Ht=altura total da árvore em metros, ε =erro absoluto

Para analisar a heterogeneidade intrínseca aos aroeirais em Tumiritinga, foram utilizadas técnicas de análise estatística multivariada (análise de agrupamento e discriminante) visando estabelecer estratos mais homogêneos que melhor representassem essas fitofisionomias na região estudada. O dendograma (Figura 6) gerado pelo método Ward e distância euclidiana simples, permite distinguir estratos com base nas seguintes variáveis do povoamento: diâmetro médio por parcela (q), AB (m²/parcela), VTc/c (m³/parcela) e densidade absoluta por parcela.

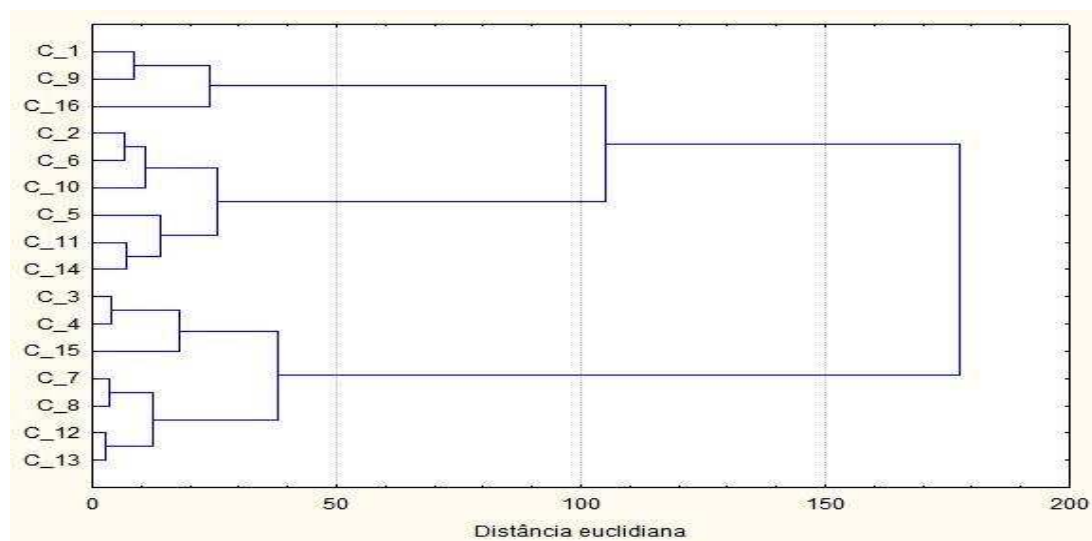


Figura 6. Árvore de agrupamento das variáveis q, AB, VTc/c, DA por parcela. Método de ligação Ward, mediadas pela distância euclidiana.

A figura 7 ilustra algumas diferenças estruturais percebidas pela análise de agrupamento. O estrato 1 (parcelas 1,2,5,6,9,10,14 e 16) agrupou parcelas onde normalmente se observa elevada DA em classes diamétricas inferiores (5-15 cm DAP) e baixo estoque em classes diamétricas superiores. Tratam-se geralmente de aroeirais jovens ou aroeirais antropizado com intensa rebota de cepas ou de múltiplos fustes. O estrato 2 apresenta árvores maduras em sua composição e sub-bosque mais aberto. A estrutura diamétrica é melhor ditribuída, porém, desbalanceada.



Figura 7. Fotos ilustrativas dos estratos definidos pela análise de agrupamento.

A Figura 8 apresenta a análise da estrutura interna dos fragmentos florestais monodominados por aroeira estudados em Tumiritinga, MG. Destaca-se, que embora não haja predomínio de fustes retos, os mesmos são predominantemente saudios, o que indica que a espécie pode apresentar mecanismos de resistência a patógenos e pragas.

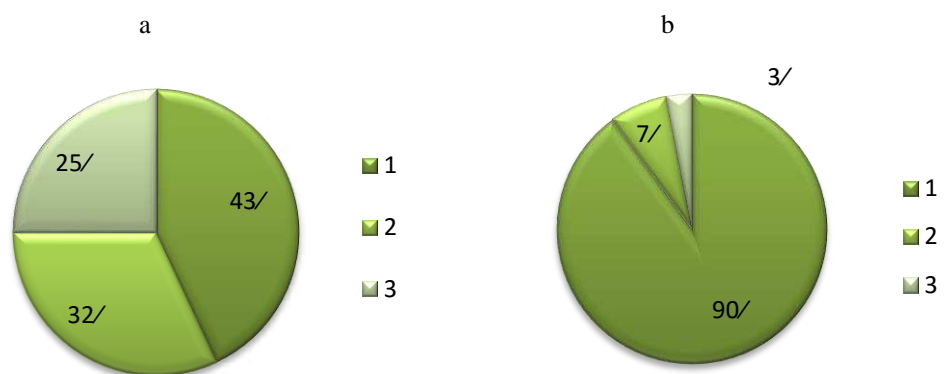


Figura 8. Distribuição dos indivíduos por classe de Qualidade de Fuste (a) e Sanidade de Fuste (b), onde: 1 refere-se a fuste sem tortuosidade ou sem ataque na altura comercial, 2 refere-se a fuste com até 2/3 da altura comercial sem tortuosidade ou atacada mediana e 3 refere-se a fuste com até 1/3 da altura comercial sem tortuosidade ou com ataque severo.

Foram amostrados nas dezesseis parcelas inventariadas 678 fustes representando 11 espécies e 8 famílias botânicas (Tabela 4). As famílias mais representativas foram Anacardiaceae (100%) e Fabaceae (31%), sendo as demais famílias observadas em apenas 6% das parcelas amostrais.

Tabela 4. Lista das espécies identificadas em aroeirais no município de Tumiritinga, MG.

Nome Científico	Família	Parcelas
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.	Anacardiaceae	1 a 16
<i>Lonchocarpus guillemineanus</i> (Tul.) Malme	Fabaceae	5, 13,
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Fabaceae	6, 7
<i>Aspidosperma olivaceum</i> Müll. Arg.	Apocynaceae	7
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabaceae	11
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae	8
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. A. DC.) Mattos	Bignoniaceae	5
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Tiliaceae	8
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae	5
<i>Calotropis procera</i> W.T. Aiton	Asclepiadaceae	3
<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	Fabaceae	5

Verifica-se que os estratos apresentam muito baixa diversidade, sendo os valores médios do índice de Shannon-Weaver por estrato iguais a $H' = 0,12$ no estrato 1, e $H' = 0,42$ no extrato 2. Valores referência do índice de diversidade H' para Florestas Estacionais Semidecíduais podem ser encontrados em Meira-Neto et al. (2000) que registrou valores de H' para Florestas Estacionais Semidecíduais em Viçosa, MG variando entre 3,2 e 4,2. Para florestas monodominadas por *B.rubescens*, Marimom e Felfili (2000) relata um índice H' igual a 2,37. Arieira e Cunha (2006) em estudo de povoamentos monodominados por *Vochysia divergens* encontraram índices H' variando entre 0,61 e 2,65. Amador (2006) encontrou índice H' igual a 1,15 e índice J igual a 0,38 em floresta monodominante de *Copernicia alba*.

A monodominância de *Myracrodruon urundeuva* no município de Tumiritinga é caracterizada pela baixa diversidade apresentando valores inferiores a outras monodominâncias descritas na literatura.

Tabela 5. Relação das espécies amostradas nos fragmentos florestais monodominados por aroeira em Tumiritinga MG, apresentados em ordem decrescente de IVI (%), e seus respectivos parâmetros da estrutura horizontal.

Espécies	N	U	AB	DA	FR	DoA	DoR	VI (%)
ESTRATO 1								
Myracrodruon urundeuva	529	9	3,068	1469	64,3	8,52	97,2	86,5
Anadenantera peregrina	3	1	0,040	8	7,1	0,11	1,3	3,0
Peltophorum dubium	2	1	0,030	6	7,1	0,08	0,9	2,8
Casearia silvestris	3	1	0,008	8	7,1	0,02	0,2	2,7
Tabebuia chrysotricha	1	1	0,010	3	7,1	0,03	0,3	2,6
Machaerium nyctitans	1	1	0,002	3	7,1	0,01	0,1	2,5
Total	539	9	3,158	1497	100	8,772	100	100
ESTRATO 2								
Myracrodruon urundeuva	138	7	1,708	493	58,3	6,10	94,7	81,5
Aspidosperma olivaceum	4	1	0,037	14	8,3	0,13	2,0	4,3
Lonchocarpus guilleminian	4	1	0,024	14	8,3	0,09	1,3	4,1
Handroanthus chrysotrichus	3	1	0,008	11	8,3	0,03	0,4	3,6
Anadenantera peregrina	1	1	0,024	4	8,3	0,08	1,3	3,4
Calotropis procera	1	1	0,003	4	8,3	0,01	0,2	3,1
Total	151	7	1,803	539	100	6,440	100	100

Em que: DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; IVC = índice de valor de cobertura percentual e IVI = índice de valor de importância percentual.

Nos fragmentos florestais estudados, *M. urundeuva* apresentou alta dominância, frequência e densidade, contudo os estratos definidos pela análise de agrupamento revelam diferenças na estrutura horizontal (Figura 5). A dominância relativa foi semelhante entre os estratos, contudo a densidade de indivíduos varia de forma significativa com impacto direto na estrutura diamétrica das florestas (Figura 9). Avaliando os parâmetros Densidade Relativa e Dominância Relativa pode-se perceber que o comportamento da espécie *M. urundeuva* supera a monodominância de outras espécies conforme pode ser observado na literatura (Amador, 2006; Marimom e Felfili, 2005; Arieira e Cunha, 2006).

A estrutura diamétrica de florestas monodominadas por *Myracrodruon urundeuva* seguiu padrão de J-invertido, característica de florestas inequianeeas. A distribuição dos indivíduos por classe de diâmetro não atende ao conceito de floresta balanceada, em especial para o estrato 1, onde a proporção de indivíduos por classe diamétrica não decresce em progressão geométrica e apresenta elevado número de indivíduos em classes inferiores e déficit de indivíduos em classes superiores.

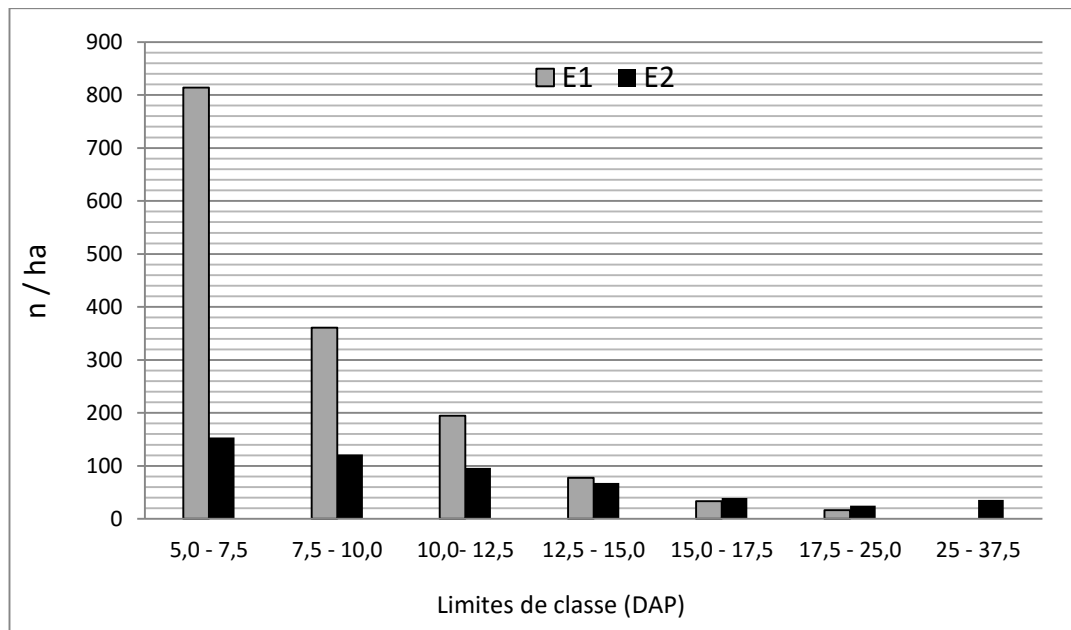


Figura 9. Estrutura diamétrica dos fragmentos monodominados por aroeira em Tumiritinga, MG.

Os estudos de estrutura, crescimento e dinâmica de florestas monodominadas por aroeira são escassos na literatura. Contudo, os dados analisados permitem sugerir que as intervenções de manejo adotadas nestes sistemas deve inicialmente contemplar a redução da dominância da espécie, em especial nas classes diamétricas inferiores, acompanhada da introdução de espécies rústicas no sistema, com objetivo de promover a rápida cobertura do solo. A redução da dominância pode em primeiro momento favorecer a abertura do dossel, o ingresso de plantas de cobertura do solo e o aumento da biodiversidade nestes sistemas.

Estoque de carbono

Para quantificação dos estoques de carbono e biomassa dos aroeirais utilizou-se método não destrutivo. A biomassa de madeira de cada indivíduo inventariado foi estimada usando método indireto (Soares et al., 2012) pela multiplicação da densidade básica da madeira pelos volumes totais com casca, calculados com base em dados de inventário florestal conforme a equação $B = d \times VTc/c$; em que: B = biomassa acima do solo em Kg; d = densidade básica média da madeira, em Kg. m⁻³, e; VTc/c = volume total com casca das árvores, em m³.

As estimativas do carbono fixado na biomassa arbórea foram obtidas por meio da multiplicação da biomassa estimada pelo fator 0,56. Em seguida, o estoque de

carbono foi transformado para toneladas por hectare. Os teores médios de carbono foram convertidos para tonelada de CO₂ equivalente, que é a principal medida do serviço ambiental de sequestro e estocagem de carbono utilizada nas negociações dos mercados de créditos de carbono. Para tanto utilizou-se o fator de conversão 3,67, que corresponde ao peso atômico do CO₂ dividido pelo peso atômico do C. Os estoques de VTc/c, B, EC e ECO₂, foram calculados para os estratos definidos na análise multivariada dos dados, e suas estimativas, por estrato e para a população, são apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Estimativas de volume total, biomassa, estoque de carbono e CO₂ equivalente em fragmentos florestais monodominados por aroeira em Tumiritinga, MG.

Parâmetro				
Variável		E1 (n = 8)	E2 (n = 8)	População
Média	VTc/c	0,88	2,54	1,71
	B	0,69	1,98	1,33
	EC	0,39	1,11	0,75
	ECO ₂	1,42	4,07	2,74
Erro Padrão*	VTc/c	0,14	0,36	0,09
	B	0,11	0,28	0,07
	EC	0,06	0,16	0,04
	ECO ₂	0,22	0,58	0,15
Erro %*	VTc/c	15,81	14,13	5,59
	B	15,81	14,13	5,59
	EC	15,81	14,13	5,59
	ECO ₂	15,81	14,13	5,59
Total ha	VTc/c	22,09	63,47	42,78
	B	17,23	49,50	33,37
	EC	9,65	27,72	18,69
	ECO ₂	35,41	101,74	68,57

VTc/c= Volume total com casca (m³); B=Biomassa (Mg); EC=Estoque de carbono (Mg); ECO₂= Estoque dióxido de carbono (t). * t= 2,131; n=16.

A partir da definição dos estratos, procedeu-se ao cálculo dos estimadores populacionais da amostragem estratificada de acordo com Soares et al. (2012). Os estoques de volume total com casca (VTc/c), biomassa (B), carbono (EC) e dióxido de carbono equivalente (ECO₂) estimados por hectare foram: 42,78 ± 0,15 m³.ha⁻¹, 33,37 ± 0,11 MgB.ha⁻¹, 18,69 ± 0,06 MgC.ha⁻¹ e 68,57 ± 0,24 MgCO₂.ha⁻¹ respectivamente. Considerando a escassez de dados sobre estoque de biomassa em tipologias florestais monodominadas por aroeira, optou-se por analisar os resultados deste estudo à luz de informações de outras tipologias florestais de ocorrência natural.

Drumond et al. (1997), estudando estoque de biomassa e carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual localizada no Vale do Rio Doce-MG, estimaram o estoque de biomassa em 112,00 MgB.ha⁻¹. Tiepolo et al. (2002) estimaram o estoque médio de carbono acima do solo em 101,96 MgC.ha⁻¹ para a floresta secundária em estágio médio de regeneração e 42,89 MgC.ha⁻¹ para a floresta secundária em estágio inicial de regeneração. Corroborando estes apontamentos, de acordo Ribeiro et al. (2010), florestas secundárias e perturbadas apresentam estoques de CO₂ inferiores a 100 MgCO₂.ha⁻¹, e Souza et al. (2011) verificaram em florestas estacionais semidecíduais no Vale do rio doce, estoques de volume, biomassa e carbono respectivamente iguais a 107 m³.ha⁻¹, 73,07 MgB.ha⁻¹ e 35,8 MgC.ha⁻¹ em floresta em estágio médio de regeneração.

Os valores estimados para os estoques de VTc/c, B, EC e ECO₂ nos povoamentos monodominados por aroeira estudados, são semelhante àqueles encontrados em florestas com alto grau de perturbação ou em florestas em estágio médio (E2) e inicial (E1) de regeneração. Nota-se, que os estoques associados aos povoamentos do estrato 2, são aproximadamente três vezes superiores aos estoques associados ao estrato 1. A distinção observada entre grupos resalta a importância de estratificação dos fragmentos monodominados por aroeira quando se tem por objetivo estudar variáveis estruturais destas florestas, indicando que as florestas monodominadas podem também apresentar estruturas distintas.

Estágio de regeneração em fragmentos monodominados

O estágio de regeneração dos fragmentos monodominados por aroeira foram caracterizados com base nos parâmetros altura média total por parcela (Ht) e diâmetro médio por parcela (q), conforme estabelecido pela resolução 392 do CONAMA, (BRASIL, 2007). A Tabela 7 apresenta os intervalos de q e Ht que definem os estágios de regeneração inicial, médio e avançado para as florestas Estacionais Semidecíduais da Mata Atlântica, conforme estabelecido pela resolução 392 do CONAMA, (BRASIL, 2007).

Tabela 7. Intervalos de diâmetros médios e altura total dos estágios de regeneração das Florestas Estacionais Semidecíduais.

Parâmetro / Estágio	Inicial	Médio	Avançado
Diâmetro médio (q/cm)	$q < 10\text{cm}$	$10 \leq q < 12 \text{ cm}$	$q \geq 12 \text{ cm}$
Altura total (Ht/m)	$Ht < 5 \text{ m}$	$5 \leq Ht < 12 \text{ m}$	$Ht \geq 12 \text{ m}$

Os critérios de análise de estágio sucessional, interpretados segundo a resolução CONAMA, classificam todas as parcelas inventariadas como estando em estágio médio de regeneração. Embora uma tendência geral de caracterização do estágio sucessional tenha sido observada para os critérios Altura Total e Diâmetro Médio, a análise de parcelas individuais indica que nem sempre os parâmetros avaliados (Ht e q) definiram de forma coincidente o estágio sucessional de fragmentos florestais monodominados, indicando que os conceitos de estágio de regeneração definidos pela resolução 392 do CONAMA não devem ser os parâmetros corretos para caracterizar estágios sucessionais em florestas monodominadas.

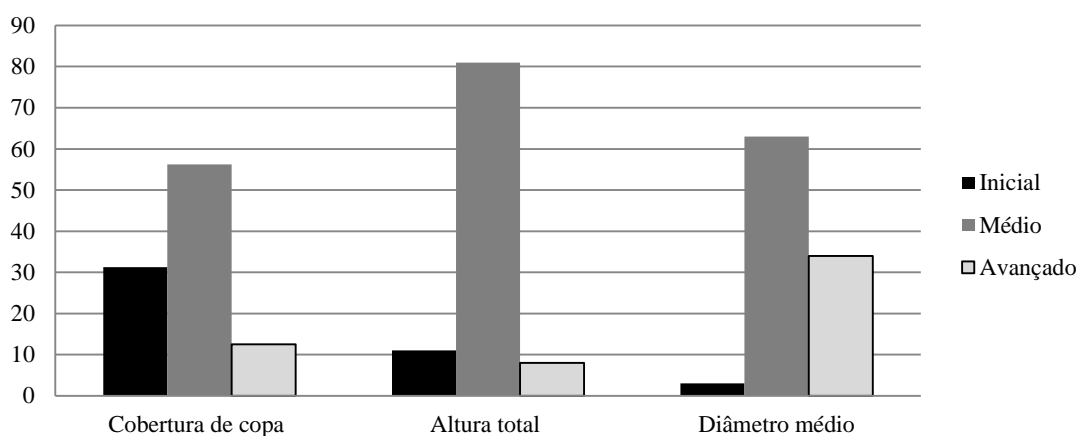


Figura 10. Definição do estágio sucessional de fragmentos monodominados por aroeira utilizando os parâmetros cobertura de copa, altura total, e diâmetro médio.

Manejo da dominância de aroeira no Instituto Terra, Aimorés, MG.

Na fazenda Bulcão, Instituto Terra (IT), Aimorés, Minas Gerais, é notada a ocorrência de *Myracrodruon urundeuva* em monodominância, sendo ela registrada por Vieira (2008). O IT desenvolveu a partir do ano 2000, ações de manejo florestal com o objetivo de reduzir a dominância da espécie. De modo geral, foram realizados cortes seletivos de árvores individuais seguido de plantios de enriquecimento em alguns fragmentos monodominados.

Para avaliar os tratamentos silviculturais foi estudada a dinâmica das estruturas horizontal, diamétrica e índices de diversidade de três talhões inventariados nos anos 2000, 2005, 2009, e as informações foram comparadas com dados levantados no ano de 2012. Em seguida são apresentadas informações disponibilizadas por funcionários do Instituto Terra quanto ao uso e manejo dos estratos estudados.

O estrato 1 (Aroeira 2006) correspondia a uma área com elevada dominância de aroeira, com muitas árvores ultrapassando 15 m de altura e DAP > 30 cm, onde foi efetuado desbaste e desrama de aroeiras no ano de 2006 com objetivo de reduzir 50% da área basal total do fragmento.

No estrato 2 (Aroeira 2003) foi realizado desbaste de árvores de *M. urundeuva* visando alcançar densidade de 300 indivíduos por hectare. No estrato 3 (Aroeira 2001), foi realizado desbaste de *M. urundeuva* visando alcançar densidade de 100 indivíduos por hectare. Em todos os estratos o espaçamento final entre árvores foi de no mínimo 12 x 12 metros, sendo preservadas as árvores de maior diâmetro. O material proveniente dos desbastes foi disposto em leiras no sentido da curva de nível, e no sub-bosque foram plantadas mudas de espécies arbóreas, com destaque para *Acacia auricularis*, com espaçamento de 2 x 2 metros no estrato 1.

Entre fevereiro e março de 2012 foram realizados inventários florestais, seguindo o método de amostragem casual estratificada, em função das unidades de manejo já adotadas pelo IT. Os três estratos totalizam área de 56 ha, onde foram amostradas 13 parcelas permanentes de forma retangular, com dimensão de 400m², alcançando intensidade amostral de 1 parcela para cada 4,3 hectares. Em cada parcela amostral foram coletados os seguintes dados para cada indivíduo: nome da espécie, família botânica, CAP (circunferência a 1,3m do solo), altura total e altura de fuste. Para a medição das circunferências foi utilizada fita métrica e as alturas totais e de fuste foram estimadas utilizando-se como referência uma vara telescópica de 15 metros.

Com os dados levantados em campo, foram obtidas estimativas de parâmetros da estrutura horizontal, da distribuição diamétrica e os índices de diversidade das populações. A estrutura paramétrica da comunidade foi analisada com base nas seguintes estimativas dos parâmetros do povoamento: densidade absoluta (DA em n.ha⁻¹), dominância absoluta (DoA em m².ha⁻¹), e volume total com casca por hectare (VTc/c em m³/ha⁻¹), utilizando a equação de Schumacher e Hall ajustada por cubagem rigorosa.

Estudos fitossociológicos dos referidos estratos foram realizados pelo Instituto Terra entre os anos de 2000 e 2005, e os relatórios disponibilizados pela gerência de Meio Ambiente da instituição. Os dados foram utilizados para avaliar mudanças na composição e estrutura dos estratos, decorrentes das intervenções de manejo realizadas em fragmentos florestas monodominados por *M. urundeuva*. A metodologia utilizada

nos inventários florestais realizados pelo Instituto Terra não corresponde exatamente à seguida no presente estudo. Neste sentido, não é objetivo avaliar a dinâmica de crescimento ou realizar comparações absolutas entre os estratos em períodos distintos, e sim, avaliar o comportamento da dominância *M. urundeuva* e da biodiversidade nos estratos em função das ações de manejo florestal.

A lista das espécies arbóreas amostradas nos estratos estudados é apresentada na Tabela 8. A Tabela 9 apresenta os índices de diversidade Shannon-Weaver (H'), Índice de Dominância de Simpson (C), Equabilidade de Pielou (J') e Coeficiente de Mistura de (QM) estimados para os 3 estratos florestais definidos na Fazenda Bulcão, Instituto Terra, Aimorés, MG.

Tabela 8. Lista de espécies arbóreas inventariadas em Aimorés, MG.

Nome Científico	Família	Estratos
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Anacardiaceae	1, 2, 3
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabaceae	1, 3
<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Euphorbiaceae	1, 3
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	Fabaceae	1, 2, 3
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	Rubiaceae	2, 3
<i>Spondias macrocarpa</i> Engl.	Anacardiaceae	1, 3
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	Fabaceae	3
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	Bignoniaceae	1, 3
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.	Fabaceae	3
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau	Bignoniaceae	2, 3
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Verbenaceae	3
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Fabaceae	1, 3
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Anacardiaceae	3
<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth.	Fabaceae	3
<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart.	Fabaceae	3
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Boraginaceae	3
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	3
<i>Dalbergia</i> sp.	Fabaceae	3
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Boraginaceae	3
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna	Malvaceae	1
<i>Enterolobium</i> sp.	Fabaceae	3
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	1
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	Salicaceae	2
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	3
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	3
<i>Casearia</i> sp.1	Salicaceae	3

continua...

continua...

<i>Samanea inopinata</i> (Harms) Barneby & J.W.	Fabaceae	3
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Cannabaceae	3
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Bignoniaceae	1
<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	Araliaceae	2
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.	Fabaceae	3
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	Malpighiaceae	3
<i>Acacia mangium</i> Willd.	Fabaceae	2
<i>Chamaesyce</i> sp.	Euphorbiaceae	3
<i>Eriotheca pentaphylla</i> (Vell.) A. Robyns	Malvaceae	3
<i>Mimosa artemisiana</i> Heringer & Paula	Fabaceae	1
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	1
<i>Licania kunthiana</i> Hook. f.	Chrysobalanaceae	3
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	1
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	3
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Lecythidaceae	3
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	3
<i>Unonopsis lindmanii</i> R.E. Fr.	Annonaceae	1
<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.	Combretaceae	3
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Moraceae	1
<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Verbenaceae	3
<i>Caesalpinia echinata</i> Lam.	Fabaceae	3
<i>Luehea grandiflora</i> Mart.	Malvaceae	1
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	1

No relatório de Diagnóstico Ambiental da Cobertura Vegetal da RPPN Fazenda Bulcão realizado no ano 2009, a estrutura horizontal do fragmento florestal apresentava densidade absoluta de 437,58 ind/há de aroeira, dominância relativa de 95%, e índice de diversidade H' igual a 0,89.

Tabela 9. Índices de diversidade florística dos estratos florestais definidos na Fazenda Bulcão, Instituto Terra, Aimorés, MG. Onde: N= número de indivíduos; S= número de espécies; H'= Índice de Diversidade Shannon-Weaver; C= Índice de Dominância de Simpson; J= Equabilidade de Pielou; QM= Coeficiente de Mistura.

ESTRATO	N	S	ln(S)	H'	C	J	QM
1	68	7	1,95	0,09 ^c	0,95	0,46	01:09,6
2	146	37	3,61	3,18 ^b	0,96	0,88	01:02,7
3	66	17	2,83	2,09 ^c	0,86	0,74	01:03,1
TOTAL	1683	154	4,39	4,39	0,96	0,80	01:10,9

Nota-se (Tabela 9) que os estratos que receberam intervenções de manejo de menor intensidade (1 e 3) apresentaram os menores índices de diversidade. O estrato 1 foi inventariado pelo IT do ano de 2009. Sete parcelas de área fixa de 400 m² foram rastreadas por GPS e remeidas para este estudo no ano de 2012.

No estrato 2 foram remeidas 4 parcelas de 400 m² instaladas no levantamento florístico do IT do ano de 2009. Após manejo no estrato 2, observa-se a redução da monodominância de aroeira (DoR < 60%), contudo, *M. urundeuva* ocupa a primeira posição de IVI, e representa 30% do total de indivíduos do estrato. A estrutura diamétrica do estrato apresentou alta densidade de indivíduos, em especial de *M. urundeuva*, na classe de 5 a 10 cm de diâmetro. Pode-se inferir que o corte propiciou alta regeneração por rebrota, sendo recomendável eliminar as cepas de *M. urundeuva* em ações de manejo florestal.

Foram amostrados no estrato 3, 68 indivíduos arbóreos, pertencentes a 17 espécies de 9 famílias botânicas, sendo as famílias Fabaceae, Anacardiaceae e Bignoniaceae responsáveis por 51% da amostragem. O índice de diversidade H' estimado foi de 2,20.

Tabela 10. Amostragem do número de indivíduos dos estratos definidos no inventário florestal da fazenda Bulcão-Instituto Terra, Aimorés, MG. Onde: Total= número de indivíduos para a população; N Am= número de indivíduos amostrados; N ha= número de indivíduos por hectare; DP = desvio padrão; EM erro médio; EM % erro médio percentual; IC ha=Intervalo de confiança por hectare.

	1	2	3	Geral
Total	7191	18250	5829	31270
N Am	68	146	66	280
N ha	825	913	243	1981
DP	1,41	8,19	3,59	9,25
EM	1,00	4,09	1,36	1,43
EM %	19,1	26,4	27,2	7,2
IC ha	667-982	671-1153	176-308	786-908

A Figura 11 apresenta a Densidade Absoluta e Dominância Relativa da espécie florestal *Myracrodruon urundeuva* nos estratos com monodominância de aroeira submetidos a manejo no Instituto Terra.

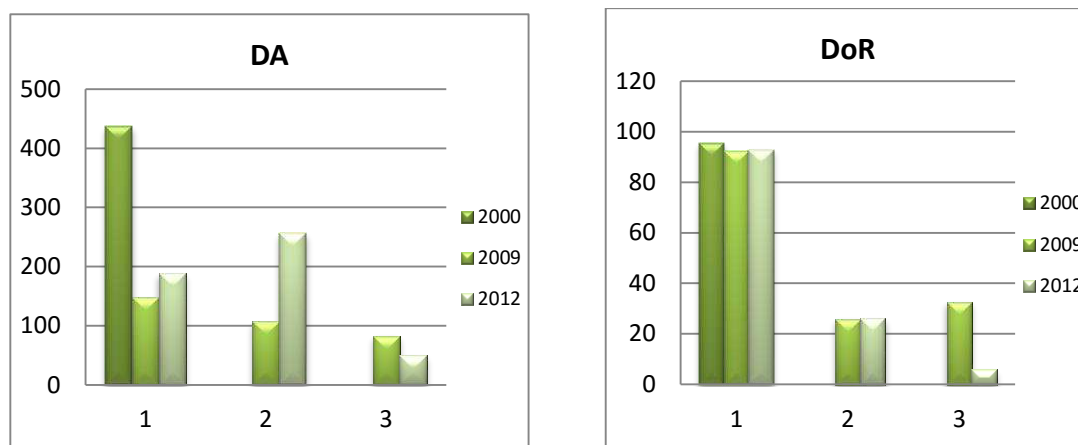


Figura 11. Densidade Absoluta (DA) e Dominância Relativa (DoR) da espécie florestal *Myracrodruon urundeuva* nos estratos submetidos a manejo no Instituto Terra nos anos 2000, 2009 e 2012.

O Estrato 1 que apresentou a maior densidade e dominância de aroeira está localizado em uma área de Nitossolo vermelho eutrófico, com declividade acentuada, onde segundo análise de datação por anéis de crescimento, foram observadas árvores com mais de 45 anos de idade (Comunicação pessoal).



Foto: Felipe P. Oliveira (2006)

Figura 12. Aspecto do estrato 1 pós intervenção de manejo no ano de 2006.

Em levantamento florístico realizado em 2000 pelo IT, foram lançadas parcelas de inventário florestal na região do estrato 1. Em 2000 observou-se que aroeira apresentava DA = 437 ind/ha, no ano de 2009 148 ind/ha e em 2012 189 ind/ha. A

dominância relativa de aroeira apresentou nos anos de 2000, 2009 e 2012 estimativas de 95%, 92% e 93% respectivamente.

Observou-se redução de DA em mais de 50% entre os anos de 2000 a 2009, no entanto, sem alterar DoR, que se mostrou sempre superior a 90%. Entre 2009 e 2012 observou-se aumento da população de aroeira tanto em termos de DA como de DoR, ao passo que a contribuição de outras espécies para a estrutura horizontal do estrato foi pouco significativa, salvo alguns indivíduos de Acácia que se estabeleceram, aumentaram DoA e contribuiu com incrementos na matéria orgânica do solo. Neste estrato, os plantios de enriquecimento não surtiram o efeito esperado. A intensa rebrota de aroeira, a supressão de dossel, o déficit hídrico, ou possíveis interações alelopáticas são hipóteses que podem explicar o fato observado.

É possível concluir que para o sistema em questão, a redução de 50% de área basal com plantio de enriquecimento não foi suficiente para reduzir a monodominância da espécie. A estrutura diâétrica aponta também para a necessidade de novas intervenções de manejo com vistas à obtenção da estrutura balanceada da floresta. Cabe resaltar que este ambiente é representativo do contexto de monodominância de aroeira no médio rio Doce mineiro.

O estrato 2 foi submetido a manejo da monodominância visando alcançar estrutura horizontal que apresentasse 300 indivíduos por hectare. Os dados históricos anteriores ao manejo da área não foram recuperados. Assim, considerando a caracterização observada em outras localidades da monodominância de aroeira, com $DoR > 90\%$ e $DA > 600$ indivíduos por hectare, observou-se neste estrato que a intervenção de manejo reduziu DA a 107 ind/ha e DoR a 26%, valores estes estimados em 2009.

De 2009 a 2012 observou-se que a população de aroeira aumentou 139%, alcançando $DA = 256$ ind/ha, mantendo, contudo, DoA e DoR em patamares equivalentes, com valores estimados de 2,0 m²/ha e 26% respectivamente. Neste estrato, a única espécie amostrada nas parcelas de regeneração foi *M. urundeuva*. Assim o aumento de DA sem alterar a DoR pode ser atribuído a indivíduos jovens ou à rebrota de indivíduos, que pelos menores diâmetros ainda não se implicaram alterações significativas em área basal.

Povoamentos naturais monodominados por aroeira apresentam baixos valores de riqueza ($S=7$ espécies) e diversidade ($H' = 0,25$). O manejo realizado nestes sistemas, em geral, aumenta a riqueza e a diversidade florística. Nota-se que as

espécies individuais acumulam baixo valor de importância, que, no entanto, quando somados ao restante da biodiversidade acumulam 74% da dominância relativa, superando assim a dominância de *M urundeuva*.

Importante destacar que a aroeira ainda é a espécie de maior importância no estrato. A importância da espécie é atribuída principalmente ao elevado número de indivíduos, sendo estes concentrados na classe diâométrica 5-10 cm (Figura 13).

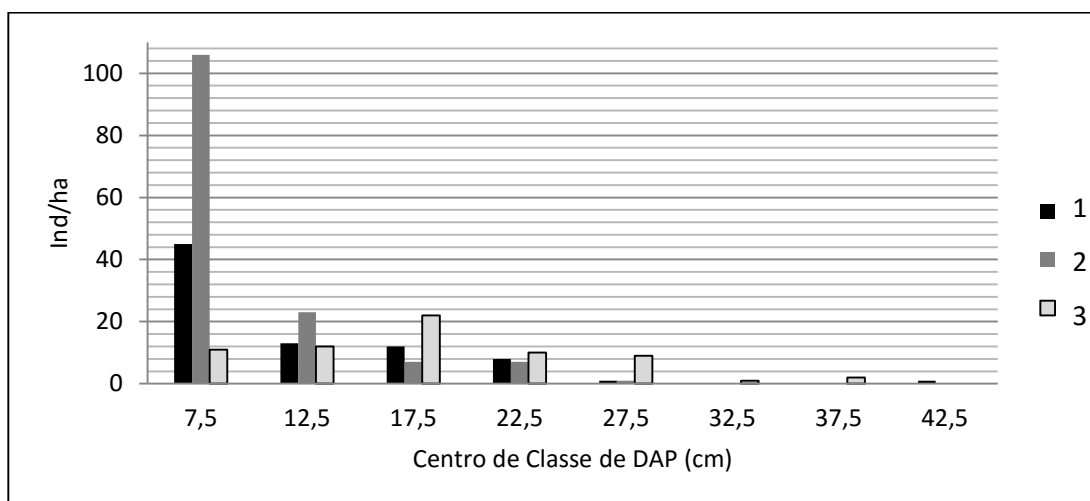


Figura 13. Distribuição do número de indivíduos amostrados por classe de DAP nos estratos com monodominância de aroeira (1, 2 e 3) manejados na Fazenda Bulcão-Instituto Terra, MG.

É importante dar continuidade ao monitoramento da área para acompanhar a evolução das espécies introduzidas e da aroeira, especialmente nas classes diamétricas inferiores. A redução de 50% dos indivíduos de aroeira do estrato 2, em especial na primeira classe de diâmetro, pode contribuir para controlar a expansão das aroeiras.

A monodominância de aroeira do estrato 3 foi manejada visando alcançar DA= 100 ind/ha. Os dados históricos anteriores ao manejo da área não foram recuperados. Assim, comparativamente a outras estruturas de monodominância de aroeira, com DoR>90% e DA > 600 ind/ha, observou-se que a intervenção de manejo reduziu DA a 83 ind/ha, e DoR a 33%, valores estimados em 2009.

De 2009 a 2012 foi observada redução na população de aroeira para valor de DA = 50 ind/ha. As dominâncias absolutas e relativas reduziram consideravelmente com valores estimados de 0,55 m²/ha e 6% respectivamente, não sendo amostrada aroeira nas parcelas de regeneração deste estrato.

A Figura 14 apresenta a distribuição diâométrica por classe de DAP da dominância absoluta estimada para os estratos com monodominância de aroeira manejados na Fazenda Bulcão-Instituto Terra, MG.

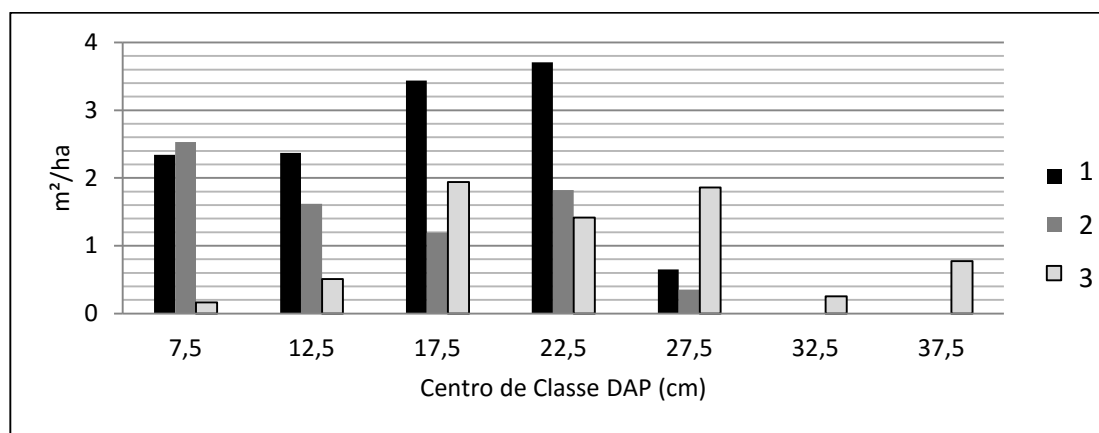


Figura 14. Distribuição da dominância absoluta por classe de DAP, estimada para os estratos 1, 2 e 3 com monodominância de aroeira manejados na Fazenda Bulcão-Instituto Terra, MG.

Observa-se (Figuras 13 e 14) que o desbaste do estrato 3 foi conduzido em especial nas classes diamétricas de 5 a 15 cm de diâmetro. Nota-se que a densidade e a dominância foram reduzidas consideravelmente nestas classes, ficando o estoque remanescente acumulado em classes intermediárias atribuindo aspecto de distribuição normal ao parâmetro DoA.

Conforme enfatizado, é importante dar continuidade ao monitoramento dos estratos que receberam manejo da monodominância de *Myracrodruon urundeuva*, a fim de avaliar a dinâmica destas populações.

Considerações finais

Dentre os vários sistemas de manejo aplicáveis às florestas tropicais naturais brasileiras, o sistema de corte seletivo é o mais recomendado porque mantém a estrutura inequiana da floresta remanescente (Souza e Souza, 2005). Lamprecht (1990) cita o método tropical de regeneração sob cobertura de Trinidad (Trinidad shelterwood systems) como importante sistema silvicultural em florestas tropicais. Ele se baseia na formação de uma floresta alta biestratificada, na qual as espécies pioneiras de rápido crescimento constituem o estrato superior, em conjunto com as remanescentes do povoamento existente. Para Finegan (1992), este sistema deve ser estabelecido quando áreas de agricultura abandonadas ou florestas primárias

submetidas a grandes distúrbios são colonizadas por espécies pioneiras de rápido crescimento e de valor econômico.

A espécie florestal *Mimosa scabrella* (bracatinga) é cultivada e manejada em regeneração natural em altitudes superiores a 900 metros no Sul do Brasil, desde o início do século XX. A espécie é utilizada em sistemas agroflorestais tradicionais no Sul do Brasil, onde o cultivo da bracatinga é associado a culturas agrícolas (principalmente mandioca, milho, feijão). Muitos bracatingais são manejados em terras em declive, onde as culturas agrícolas e pecuária apresentam baixa rentabilidade. Os principais sistemas de manejo da regeneração da bracatinga promovem a redução da densidade de indivíduos a 3.000 ind/ha entre 20 e 24 meses de idade, ou a redução de DA a 4.000 ind/ha entre 10 e 12 meses de idade (Steenbock et al., 2011).

Segundo (Andrade, 2009; Longhi et al 2009) o método silvicultural que mais se aproxima ao manejo desejável para áreas monodominadas por *Eremanthus erythropapus* são os que se baseia no Método de Transformação por Via da Sucessão Dirigida. Os autores citam como os principais métodos que compõem o espectro dos métodos de transformação por sucessão dirigida: 1 - os sistemas de porta sementes com regeneração natural, indicado para espécies pioneiras caso a regeneração natural seja intensa e com grande dispersão de sementes. Nestes sistemas as despesas são minimizadas ou anuladas para implantação da regeneração. 2- Sistema de Corte Seletivo, adequado para espécies que sejam exigentes de luz, se baseia na remoção de um pequeno grupo de árvores e na formação de pequenas clareiras, para que haja boa incidência de luz solar distribuídas por toda a área. Os cuidados para garantir uma alta intensidade de regeneração natural são os mesmos que os adotados para o sistema porta sementes (Andrade, 2009).

Diversas vantagens podem ser obtidas com ações de manejo de fragmentos florestais monodominados por *Myracrodruon urundeuva*. O manejo possibilita constante revitalização dos “aroeirais”, gerando renda e impedindo que os povoamentos existentes sejam substituídos por pastagens de baixa produtividade. Os aroeirais estão associados à degradação dos solos por processos erosivos, e não são raros os registros de crimes ambientais associados ao conflito entre agricultores e a expansão da monodominância. Neste contexto, conforme Resolução conjunta nº 1804, de 11/01/2013 (SEMAD-IEF, 2013), que estabelece normas para a exploração de madeiras mediante plano de manejo florestal, independente do sistema adotado para o

manejo da monodominância de *M. urundeuva*, as supressões não podem exceder a 50% da área basal por classe diamétrica.

Para a monodominância de *M. urundeuva*, está configurado que o corte seletivo sucedido pela eliminação das cepas e redução do número de fustes para um fuste/cepa será a formulação do melhor tratamento silvicultural. Os indivíduos remanescentes deverão ficar distantes de, no mínimo 10 metros e configurar “árvores isoladas” formando clareiras onde o sub-bosque ficará exposto à luz solar durante todo o ano.

Para avaliar e elaborar propostas de manejo florestal é necessário o conhecimento de fatores bióticos e abióticos das populações e sistemas que se vai manejar. O estudo de fenômenos na interface solo-planta e outras relações ecológicas podem esclarecer as causas e apontar ações que minimizem as consequências da manifestação monodominante da espécie florestal *Myracrodruon urundeuva*.

Referências Bibliográficas

AMADOR, G.A. **Composição florística e caracterização estrutural de duas áreas de carandazais nas sub-regiões do Miranda e Nabileque, Pantanal Sul Mato-Grossense, Brasil.** 2006, 56p. Dissertação (Mestrado Ecologia) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2006.

ANDRADE, I.S. **Avaliação técnica e econômica de sistemas de manejo de candeais nativos.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) 121f. Universidade Federal de Lavras. 2009.

ARIEIRA, J.; CUNHA, C.N. Fitossociologia de uma floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), no Pantanal Norte, MT, Brasil. **Acta Botânica Brasil**, n.20, v.3, p.569-580, 2006.

BRASIL. IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Portaria Normativa nº. 37.** Torna pública a lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção. Brasília, DF, 3 de abril de 1992. Diário Oficial da União.

BRASIL. IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Portaria Normativa Nº. 83,** de 26 de setembro de 1991. Proíbe o corte e exploração da Aroeira Legítima ou Aroeira do Sertão, das Braúnas, do Gonçalo Alves em florestas primárias. Brasília, DF. Diário Oficial da União, 26 de setembro de 1991.

BRASIL. **Lei 11.428, de 22 de setembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. DOU: 22 de setembro de 2006.

BRASIL. MMA/CONAMA. Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 392 de 25 de Junho de 2007**. Define vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais. Brasília, DF. Diário Oficial da União. 2007.

CAMBUIM, J. **Sistema silvipastoril com *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. como alternativa de sustentabilidade**. 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2013.

CAMPOS, J. C. C., RIBEIRO, J. C., COUTO, L. Emprego da distribuição diamétrica na determinação da intensidades de corte em matas naturais submetidas ao sistema de seleção. **Revista Árvore**, v. 7, n. 2, p. 110-22, 1983.

CAMPOS, J. C. C. e LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. Viçosa: UFV. 2009. 470p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileira**. Brasília: Embrapa Florestas, 2003.

CINTRA, T.C. **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema, SP**. 2009, 84p. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais), ESALQ, Piracicaba, 2009.

CONNELL, J. H.; LOWMAN, M. D. Low-diversity tropical rain forests: some possible mechanisms for their existence. **The American Naturalist**, p.134:88-119, 1989.

DRUMOND, M. et al. Distribuição de biomassa e de nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagens na região do Médio Rio Doce-MG. **Revista Árvore**, v.21, n.2, p.187-199, 1997.

EMBRAPA-Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisas em Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas em Solos. 212p. 1997.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. **Review of forest management of tropical Asia**. s.l, FAO, 1989. 229 p. (FAO Forestry Paper, 89).

FAVERO, C. **Uso e degradação dos solos na microregião de Governador Valadares Minas Gerais**. 2001. 68f. Dissertação (Mestrado Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa. 2001.

FERREIRA, D.F. **Estatística Multivariada**. Lavras: Ed. UFLA, p.676, 2011.

FELFILI, J. M.; NASCIMENTO, A. T.; FAGG, C. W.; MEIRELLES, E. M. Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n.4, p. 611-621, 2007.

FIGUEIRÔA, J.M.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n. 3, p.573-580. 2004.

FINEGAN, B. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. **For. Ecol. Manage.**, v.47, n.1-4, p.295-321, 1992.

FREITAS, H. R. **Distribuição de Ambientes e Parcelamento de Assentamentos Rurais: Uma Abordagem Metodológica**. 2004. 153f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2004.

GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. A Determinação de equações volumétricas na Engenharia Florestal. **IPEF Série Técnica**, Piracicaba, v.9, n.26, p.1-36, 1993.

HART, T. B., HART, J. A. e MURPHY, P. G. Monodominant and species-rich forests of the humid tropics: causes for their co-occurrence. **The American Naturalist**, v.5, n.133, p. 613-633, 1989.

HENKEL, T.W. Monodominance in the ectomycorrhizal *Dicymbe corymbosa* (Caesalpiniaceae) from Guyana. **Journal of Tropical Ecology**, n.19, p. 417-437, 2003.

HERINGER, E.P.; FERREIRA, M.B. **Aroeira, Gonçalo e Gibatão: O gênero *Astronium* e sua importância florestal**. Embrapa Cerado: Brasília, v.5, n.2, p.24-33, 1973.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. Brasil, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. Brasil, 2010

KLEIN, R.M. **Aspectos fitossociológicos da bracatinga (*Mimosa scabrella*)**. In: Anais do IV seminário sobre atividades e perspectivas florestais, Curitiba. 1981, Anais...Curitiba: 1981, p.145-148

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: Deutsche Gessellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1990. 343p.

LONGHI, P.V.; SOUZA, A.J.D; GARCIA, R.F.; PIOZEVAN, V.R. Estudo de caso do processo de extração de óleo essencial da madeira de candeias no sul de Minas Gerais. **Floresta** v. 39, n. 3, p. 555-570, 2009.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras – Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 368 p. 2002.

- MARIMON, B.S. e FELFILI, J.M. Distribuição de diâmetros e alturas na floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. na Reserva Indígena Areões, Água Boa-MT, Brasil. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p.143-150, 2005.
- MEDEIROS, A. C. S. **Comportamento fisiológico, conservação de germoplasma a longo prazo e previsão de longevidade de sementes de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.)**. 1996. 127f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 1996.
- MEIRA, W.R.; CARON, B.O.; SCHMIDT, D.; SANTOS FILHO, B.G.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; MULLER, L. Ocorrência e identificação da aroeira vermelha no estado de Rondônia, amazônia ocidental. **Revista da FZVA**. Uruguiana, v.14, n.2, p. 54-68. 2007.
- MEIRA-NETO, J. A. A.; MARTINS, F. R. Estrutura da Mata da Silvicultura, uma floresta estacional semidecidual montana no município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 21, n. 2, p. 151-160, 2000.
- MELLO, M. J. R. **Atividade antiinflamatória, cicatrizante e antimicrobiana do extrato aquoso da aroeira-do-sertão a 20% (*Myracrodruon urundeuva* Fr.All.) aplicado em fraturas expostas induzidas**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Cirurgia). Universidade Federal do Ceará, 2007.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547p.
- MURTA, R.O.; MARTINS, R. M.; OLIVEIRA, F. O.; COELHO, F. M. G. Desenvolvimento regional no médio rio Doce/MG: Análise da viabilidade jurídica do manejo sustentável da aroeira. **Revista Direito GV**. São Paulo: v.8, n.2, p.455-484, 2012.
- NASCIMENTO, M.T. 1994. **A monodominant rain forest on Marad Island, Roraima, Brazil: forest structure and dynamics**. Ph.D. Dissertação. Universidade de Stirling, Stirling, Escócia. 1994.
- NASCIMENTO, M. T. e PROCTOR, J. Population dynamics of five tree species in a monodominant *Peltogyne* forest and two other forest types on Maracá Island, Roraima, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.94, n.9. p.115-128, 1997.
- NASCIMENTO, M. T. e PROCTOR, J. Soil and plant changes across a monodominant rain forest boundary on Marad Island, Roraima, **Brazil. Glob. Ecol. Biogeogr. Lett.** 6: 387-395. 1997.
- OLIVEIRA, F. P.; FREITAS, H. R.; COELHO, F. M.G. Monodominância de aroeira: distribuição espacial e relações pedológicas na região leste de Minas Gerais. In.: "V SIMPÓS". Viçosa: UFV, **Anais...** 2009. CD Rom.
- OLIVEIRA, F. P. **Monodominância de aroeira: Fitossociologia, relações pedológicas e distribuição espacial em Tumiritinga, MG**. 2011. 87p. Dissertação (Mestrado Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

OLIVEIRA, F. P.; FERNANDES FILHO, E. I.; SOARES, V. P.; SOUZA, A. L. Mapeamento de fragmentos florestais com monodominância de aroeira a partir da classificação supervisionada de imagens Rapideye. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.151-161, 2013.

ORLANDO FILHO, J. O. et al. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 14, n. 5, p. 13-17, 1996.

POTT, A. e POTT, V.J. 2003. Espécies de fragmentos florestais do Mato Grosso do Sul. In.: **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste** (R.B. Costa, org.). Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, p.27-52. 2003.

PROCTOR, J. Magnesium as a toxic element. **Nature**, n.227, p.742-743, 1970.

QUEIROZ, C. R. A. A.; MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A. Caracterização dos Taninos da Aroeira-Preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.485-492, 2002.

RATTER, J.A.; ASKEW, G.P.; MONTGOMERY, R.F.; GIFFORD, D.R. Observation on the vegetation of northeastern Mato Grosso II. Forest and soil of the Rio Suia-Missu area. **Proceedings of the Royal Society**, London, n.203, p.191-208, 1978.

RATTER, J.A.; FURLEY, P.A.; MONTGOMERY, R.F.; GIFFORD, D.R. Observations on forests of some mesotrophic soils in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, n. 1, p.47-58. 1978a.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; NARDELLI, A. M. B.; SOUZA, A. L. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma capoeira da zona da mata mineira. **Revista Árvore**, v.34, n.3, p.495-504, 2010.

SCALON, S.P.Q.; SCALON FILHO, H.; MASETTO, T. E. Aspectos da germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de aroeira. **Cerne**. v.18, n.4 p. 533-539, 2012.

SCUDELLER, A.A.; OLIVEIRA, F.P.; GIACOMIN, G.; FERNANDES FILHO, E.I. Characterization of sites with monodominance of aroeira (*Myracrodruon urundeuva* all.) in Tumiritinga, MG. **Proceedings of the 4th GEOBIA**, Rio de Janeiro. p.550, 2012.

SILVA, J.A. et al. **Banco de Germoplasma de Espécies Florestais Nativas do Campo Experimental Sucupira. Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) Anacardiaceae**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006, 46p.

SILVA, L. Á.; SCARIOT A. Composition and structure of an arboreal community in a deciduous forest on limestone outcrop. **Revista Árvore** v.28, n.1, 2004.

SILVA, L. Á.; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Somingos, GO, bacia do rio paranã). **Acta bot. bras.** 17(2): 305-313. 2003.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendometria e Inventário florestal**. Viçosa: UFV, 2012. 276p.

SOUZA FILHO, A.P.S., GUILHON, G.M.S.P., SANTOS, L.S Metodologias empregadas em estudos de avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório. revisão crítica. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 689-697, 2010.

SOUZA, A.L.; BOINA, A.; SOARES, C.P.B.; VITAL, B.R.; GASPAR, R.O.; LANA, J.M.; Estoque e crescimento em volume, biomassa, carbono e dióxido de carbono em floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore**, v.35, n.6, p.1277-1285, 2011.

SOUZA, A. L. et al. Caracterização fitossociológica em áreas de ocorrência natural de candeia (*Eremanthus erythropappus* (D.C.) MacLeish). **Revista Árvore**, v.31, n. 4, p. 667-677, 2007.

STEENBOCK, W.; SIMINSKI, A.; FANTINI, A.C.; REIS, M.S. Ocorrência da Bracatinga (*Mimosa scabrella* benth.) em bracatingais manejados e em florestas Secundárias na região do planalto catarinense. **Revista Árvore**, v.35, n.4, p.845-857, 2011.

TIEPOLO, G.; CALMON, M.; FERETTI, A.R. Measuring and Monitoring Carbon Stocks at the Guaraqueçaba Climate Action Project, Paraná, Brazil. **In: International Symposium on Forest Carbon Sequestration and Monitoring**. Extension Serie Taiwan Forestry Research Institute, n. 153 p. 98-115, 2002.

VALENTE, E.L. **Caracterização da intensidade de degradação do solo e da cobertura vegetal de uma área no médio Rio Doce, utilizando imagens IKONOS II**. 2005. 89p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2005.

VELOSO, H. P. et al. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 124p. 1991.

VIANNA, V. M.; MAURICIO, R. M.; MATTA-MACHADO, R. e PIMENTA, I. A. Manejo de la regeneracion natural de especies arboreas nativas para la formacion de sistemas silvopastoriles em las zonas de bosques secos del sureste de Brasil. **Agroforesteria em las Americas** v. 9 n.33-34, p.48-52, 2002.

VIANNA, G.S.B.; BANDEIRA M.A.M.; MATOS F.J.A. Analgesic and antiinflammatory effects of chalcones isolated from *Myracrodruon urundeuva* Allemão. **Phytomedicine**, v. 10, p. 189–195, 2003.

VIEIRA, J. L. **Relação entre atributos do solo e ocorrência da aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Freire Allemão) na RPPN fazenda Bulcão, médio Rio Doce, MG**. 2008. 75f. Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário de Caratinga.

2008.

VILELLA, D.M.; PROCTOR J. Litterfall mass, chemistry, and nutrient translocation in a monodominant forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. **Biotropica** n.31, p. 198-211, 1999.

VILELLA, D.M.; PROCTOR J. Leaf litter decomposition and monodominance in the *Peltogyne* Forest of Maracá Island, Brazil. **Biotropica**. n.34, v.3, p. 334-347, 2002.

YADARE, J. S. P.; GIRDHAR, I. K. The effects of different magnesium:calcium ratios and sodium adsorption ratio values fo leaching water on the properties of calcareous versus noncalcareus soils. **Soil Science**, v. 131, p. 194- 198, 1981.

Artigo 1

Fitotoxidez e potencial alelopático de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.

Resumo: Alelopatia é definida como qualquer efeito direto ou indireto de uma planta sobre outra através da produção de compostos químicos que são liberados no meio ambiente. Este fenômeno vem ganhando destaque entre pesquisas realizadas em todo o mundo, notadamente pelo desenvolvimento de estudos direcionados a práticas de agricultura sustentável e estudos de alelopatia a nível ecossistêmico. O presente estudo avaliou a produção de metabólitos secundários com potencial fitotóxico produzidos pela espécie florestal *Myracrodruon urundeuva*. Foram avaliados os efeitos de extratos metanólicos e hexânicos de folhas, raízes e sementes de *M. urundeuva* sob a germinação e desenvolvimento radicular de *Cucumis sativus*. Os extratos que apresentaram os maiores efeitos significativos na inibição do crescimento radicular da espécie alvo foram, respectivamente, os metanólicos de folha (até 78%), raiz (até 58%), e extrato hexânico de folhas (até 55%). Embora a comprovação do fenômeno alelopático requeira investigações complementares, em especial estudos *in situ*, a gama de metabólitos secundários produzidos pela espécie e a inibição do crescimento radicular da espécie alvo observada no presente estudo, indicam que *M. urundeuva* produz metabólitos secundários fitotóxicos e que a alelopatia é um fenômeno a ser levado em consideração em estudos de ecossistemas monodominados por *M. urundeuva*.

Palavras chave: *Myracrodruon urundeuva*; monodominância, alelopatia, fitotoxidez

Introdução

A etimologia de alelopatia remete à sua origem grega, proveniente da junção de “allelon” (mútuo) e “pathos” (prejuízo). Embora diferentes conceitos deem conotação negativa ao termo, Rice (1984) define alelopatia como qualquer efeito direto ou indireto de uma planta sobre outra através da produção de compostos químicos que são liberados no meio ambiente. De fato, observa-se que a atividade biológica de aleloquímicos depende mais de sua concentração e mobilidade do que da composição química, visto que um composto que é tóxico para uma espécie vegetal pode ser inócuo ou benéfico para outra espécie em determinada condição ambiental (Duke, 2010; Rizvi e Rizvi, 1999; Zeng et al., 2008).

As plantas superiores sintetizam, acumulam e podem liberar mais de 10.000 metabólitos secundários (Taiz e Zeiger, 2010), sendo a volatilização, lixiviação, exsudação radicular e decomposição de resíduos vegetais os principais mecanismos conhecidos de liberação de aleloquímicos no ambiente (Rice, 1984; Pires et al., 2011; Zeng et al., 2008). Alelopatia pode ser investigada pelos efeitos primários, como a

ação de ácidos fenólicos, cumarinas ou flavonoides no metabolismo de plantas (Souza et al., 2010, Duke et al., 2010). Contudo, grande parte das pesquisas investiga efeitos secundários através de bioensaios com extratos vegetais (Reigosa et al., 2013), possivelmente o método mais simples e mais difundido em estudos de efeitos alelopáticos em plantas (Inderjit e Callaway, 2003; Montanari 2010; Lacerda et al., 2011; Vieira et al., 2011, Reigosa et al., 2013).

As pesquisas em alelopatia são normalmente direcionadas a temas correlatos ao manejo de recursos naturais, em especial no desenvolvimento de alternativas naturais ao controle de ervas daninhas e patologias agrícolas (Zeng et al., 2008) e em estudos de distúrbios e mudanças em ecossistemas naturais (Mallik, 2008).

Aleloquímicos tem sido encontrados em diferentes ecossistemas florestais (Mallik, 2008; Reigosa et al., 2013) como, florestas tropicais (Mallik, 2008), florestas temperadas (Willianson et al., 1999) e comunidades xerófitas (Van Rooyen et al., 2004). Contudo, ainda são poucos os estudos que incluem a alelopatia em modelos de estresse ambiental, invasão de plantas exóticas e sucessão ecológica (Blanco, 2007). Muitos fatores influenciam a produção, liberação e assimilação de aleloquímicos, como disponibilidade de nutrientes, umidade e textura do solo, radiação solar e temperatura. Além destes fatores, a dificuldade de separação da alelopatia e competição tornam o estudo da alelopatia em ecossistemas naturais desafiador.

A espécie florestal *Myracrodruon urundeuva* pertence a família Anacardiaceae, possui grande plasticidade no Brasil e parte da América do Sul (Lorenzi, 2002) e por vezes forma povoamentos puros ou monodominados associados a conflitos de ordem econômica, social e ambiental (Oliveira, 2011). Segundo Correia et al. (2006) e Montanari (2010), a família Anacardiaceae apresenta em 25% dos gêneros componentes químicos reconhecidos como fitotóxicos. *M. urundeuva* é rica em metabólitos secundários (Queiroz, 2002), e em função de sua ampla utilização como fitoterápico (Pereira et al., 2014) foi investigada quanto aos aspectos terapêuticos, sendo constatados efeitos anti-inflamatórios, cicatrizantes, antiulcerogênico, antihistamínico, e analgésico (Vianna et. al., 2003; Mello, 2007).

Estudos de bioprospecção de *M. urundeuva* relataram a toxidez do extrato etanólico de suas folhas frente a larvas de *Artemia salina* (Lacerda et al. 2011; Vieira et al. 2011), um microcrustáceo amplamente utilizado na detecção de compostos bioativos em extratos vegetais (Meyer et al., 1982). Vieira et al. (2011) constaram redução no tempo de germinação de sementes tratadas com extratos etanólicos de

folhas e casca de *M. urundeuva*. Sá et al. (2008) avaliaram a atividade da proteína lecitina, encontrada no cerne da *M. urundeuva*, contra cupins da espécie *Nasutitermes corniger* e concluíram que o peptídeo atua como bioativo para proteção de madeira. Souza et al. (2013) isolaram o composto m-pentadecadienil-fenol a partir do extrato etanólico das sementes de *M. urundeuva* que apresentou atividade larvicida contra estágios imaturos do vetor dengue, *Aedes aegypti*.

Contudo, a literatura relata poucos trabalhos que investigaram a ação fitotóxica de metabólitos secundários de *Myracrodruon urundeuva*, ou seu potencial alelopático. Em pesquisa executada por Reigosa et al. (2013), os autores revisaram todos os artigos publicados indexados com os termos “allelopathy” e “allelochemicals” no período de 1991 a 2010 nas bases Scientific Electronic Library Online (www.scielo.br) e Allelopathy Journal. Foram revisados artigos publicados envolvendo necessariamente espécies de plantas encontradas no Brasil. Dentre as 105 espécies avaliadas neste estudo não se encontra *M. urundeuva*, assim como no trabalho de Coder (1999), que apresenta uma detalhada compilação de mais de 100 espécies florestais com atividade alelopática.

Há na literatura diversas menções aos mecanismos de produção e liberação de metabólitos secundários responsáveis pelo estabelecimento de plantas em detrimento da inibição de outras (Souza Filho et al. 2010; Reigosa et al. 2012). Blanco (2007) atenta para importância de se avaliar o papel da alelopatia em modelos ecossistêmicos relacionados a processos de distúrbio e sucessão ecológica. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito fitotóxico de extratos vegetais de raízes, folhas e sementes de árvores adultas de *Myracrodruon urundeuva* em monodominância.

Materiais e Métodos

Coleta e pós processamento de materiais botânicos

Foram coletadas, separadamente, folhas, sementes e raízes de árvores adultas de *M. urundeuva* em um fragmento florestal monodominado pela espécie (Oliveira, 2011) no município de Aimorés, MG. A coleta do material botânico foi conduzida de forma aleatória no fragmento florestal e nas árvores individuais.

A coleta dos materiais botânicos foi efetuada em um único período do ano. A coleta de folhas ocorreu no período de decíduidade das árvores (Abril/2014), momento

em que as folhas são descartadas e podem ter seus eventuais compostos alelopáticos assimilados na solução do solo. A coleta de raízes e sementes foi conduzida em outubro de 2014, período em que se observa intensa dispersão de sementes e que marca o início do período de chuvas na região.

O material botânico foi submetido, logo após as coletas, à completa secagem em câmaras de fluxo de ar sob temperatura de 35°C. Folhas e raízes foram moídas em moinho de faca em fina granulometria e armazenados em câmara fria até a preparação dos extratos. As sementes foram colocadas diretamente em maceração devido a presença de óleo fixo em sua estrutura.

Preparação dos extratos

Foram obtidos dois grupos de extratos para cada órgão vegetal estudado: Primeiramente extratos apolares, obtidos por extração exaustiva com hexano para folhas e raízes e com éter para sementes, e posteriormente extratos de alta polaridade utilizando metanol para folhas, raízes e sementes.

Os extratos hexânicos de folhas (EHF) e raízes (EHR) e os extratos metanólicos de folhas (EMF), raízes (EMR) e sementes (EMS) foram obtidos pelo método de maceração. Para tanto, foram pesadas e transferidas 100g de cada órgão vegetal para frascos âmbar de vidro, sendo adicionado o respectivo solvente na proporção de 1:5 m/v (droga-vegetal / solvente). As soluções foram mantidas em maceração, ao abrigo da luz, durante cinco dias, sendo constantemente agitadas. Posteriormente, o material foi filtrado a vácuo e concentrado utilizando evaporador rotatório. Em seguida, os extratos foram liofilizados, tiveram as respectivas massas aferidas em balança analítica e armazenados sob refrigeração.

Para a obtenção do extrato apolar de sementes foi empregado o equipamento Soxhlet marca Marconi MA 188 utilizando éter como solvente lipofílico. Após extração por 4 horas o extrato foi recuperado concentrado empregando evaporador rotatório, e liofilizado resultando em extrato etéreo de sementes (EES) de *M. urundeuva*.

Bioensaio de fitotoxidez

Os seis extratos obtidos foram utilizados em ensaios de fitotoxidez para avaliar o potencial alelopático de *M. urundeuva*. A porção do eixo do embrião entre o ápice da raiz e os cotilédones, recebe a denominação de hipocótilo. O crescimento do hipocótilo é uma importante medida do crescimento radicular relacionado com a elevação dos cotilédones e a capacidade da planta emergir, sendo normalmente avaliado em estudos de fitotoxidez em plantas. Neste contexto, foi avaliada a ação dos extratos individuais sob a germinação e o desenvolvimento de hipocótilo e raiz principal de *Cucumis sativus*. A planta receptora foi selecionada em função de sua sensibilidade a aleloquímicos, por apresentar fácil e rápida multiplicação com alto percentual de germinação, e por ser insensível a diferenças de pH em ampla faixa de variação e aos potenciais osmóticos das soluções (Souza et al., 2010).

Os bioensaios foram conduzidos em esquema de delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições e cinco concentrações (50, 100, 250, 500 e 1000 ppm), acrescido de uma solução controle (0 ppm). Os extratos metanólicos foram solubilizados em água destilada e os extratos apolares em solução de água destilada e o surfactante não iônico Tween®20. A concentração do surfactante na solubilização de extratos hexânicos e na solução controle foi determinada em análise de fitotoxidez sob a germinação e o desenvolvimento de hipocótilo e raiz principal de *Cucumis sativus*.

Para cada repetição foram utilizadas placas de petri estéreis de 8 cm de diâmetro, onde foram inseridas duas folhas de papel filtro e sobre as quais foram dispostas 20 sementes da espécie alvo. Utilizou-se 3 ml da solução do extrato para cada placa que foi então revestida com filme de PVC. As placas de petri foram armazenadas em câmara B.O.D com ausência de fotoperíodo e temperatura controlada em 25 °C durante 5 dias.

Após o período de incubação, as sementes de cada placa foram removidas e dispostas em papel cartão onde foram fotografadas. A partir das fotografias realizou-se medições do hipocótilo, raízes secundárias e percentual de germinação em todas placas utilizando o software ImageJ v. 1.48. (Rasband, 2014)

O potencial alelopático dos extratos foi avaliado pelo índice de inibição de crescimento utilizado por Zribi et al. (2014) e calculado pela equação 1.

$$Inibição (\%) = \left(\frac{Test-Trat}{Test} \right) * 100 \quad \text{eq. 1}$$

Com os dados levantados procedeu-se ao teste de Normalidade de Liliefors, teste de homocedasticidade e em seguida realizou-se a análise de variância ANOVA. Com o teste de variância significativo procede-se ao teste de média de Tuckey. Foi testada a 95% de significância a hipótese de nulidade de que as médias (comprimento de raízes) entre os tratamentos (concentrações dos extratos) são iguais.

Análise de óleos fixos de sementes de *Myracrodruon urundeuva*

O óleo de semente de aroeira foi previamente purificado por extração em fase sólida empregando cartucho Supelcoclean LC-Si com hexano. Após retirada do solvente, o óleo foi hidrolisado, metilado e analisado por CG e CG-EM.

Dissolveu-se, 10mg do óleo extraído das amostras em 100 µl de uma solução de etanol (95%)/ hidróxido de potássio 1mol/l (5%). Após agitação em vortex por 10s, o óleo foi hidrolisado em forno de microondas durante 5 minutos. Após resfriamento, adicionaram-se 400 µl de ácido clorídrico 20%, NaCl (20mg) e 600 µl de acetato de etila.

Após agitação, alíquota de 300µl da camada orgânica foi adicionada em tubos de microcentrífuga e seca por evaporação, obtendo-se os ácidos graxos livres. Os ácidos graxos livres foram metilados com 100 µl BF₃ / metanol (14%) e aquecidos durante 10 minutos em banho de água a 60°C e então analisados por Cromatografia Gasosa (CG) e cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM).

As análises de CG foram realizadas em um Cromatógrafo a Gás HP7820A (Agilent) equipado com detector por ionização de chamas. Utilizou-se uma coluna INNOWAX (HP) 15m x 0,25mm x 0,20µ com gradiente de temperatura: 70°C, 0min, 7°C/min até 240°C; injetor (split de 1/30) a 250°C e detector a 260°C. Utilizou-se Hidrogênio como gás de arraste (3 ml/min) e volume de injeção de 1µl. Programa de aquisição de dados EZChrom Elite Compact (Agilent).

A identificação dos picos foi feita por comparação com padrões de ácidos graxos metilados (SUPELCO37) e confirmada por CG-EM por comparação com a biblioteca de espectros de massas NIST11.

As análises CG-EM foram realizadas em um equipamento GCMS-QP2010 ULTRA (Shimadzu). Coluna: Rxi-1MS 30m x 0,25mm x 0,25 µm a 70°C (2min),

5°C/min, até 250°C. Injetor: 250°C Split (1:20), Interface CG-MS a 250°C. Detector MS (Impacto eletrônico a 70eV) a 250°C. Gás de arraste: Hélio a 1.5 ml/min. Vol. de injeção: 1 ul. Software de aquisição de dados GCMS Solution (Shimadzu).

Resultados e Discussões

Rendimento de extratos de órgãos vegetais de *M. urundeuva*

Segundo Souza Filho et al. (2010), em estudos exploratórios de bioprospecção, é recomendável a extração de compostos de diferentes polaridades visando extrair ampla gama de metabólitos secundários. A tabela 1 apresenta os rendimentos dos extratos de folhas, raízes e sementes de *M. urundeuva* obtidos utilizando solventes de diferentes polaridades, quais sejam, Metanol, Éter e Hexano.

Tabela 1. Rendimento de extratos vegetais de *M. urundeuva* obtidos por maceração e por Soxhlet.

Solvente	Órgão vegetal	Massa obtida (g)	Rendimento (%)
Metanol ¹	Folhas	25,39	25,4
	Raízes	1,29	1,3
	Sementes	5,38	5,4
Hexano ¹	Folhas	2,96	2,9
	Raízes	0,38	0,4
Éter ²	Sementes	5,31	5,3

1- Maceração; 2- Soxhlet

Os extratos apresentaram propriedades organolépticas diferenciadas, em especial no que diz respeito a aroma e textura. O extrato metanólico de folhas de *M. urundeuva* apresentou o maior rendimento entre os extratos avaliados (25,4%). De maneira geral, as estruturas que apresentaram maior rendimento, independente do extrator, foram, respectivamente, folhas, sementes e raízes. Os extratos metanólicos apresentaram sempre maior rendimento para as mesmas estruturas vegetativas, indicando natureza de maior polaridade em suas composições químicas.

Vieira et al. (2011) obtiveram rendimento de extrato hexânico de folhas de *M. urundeuva* igual a 3,06%, valor equivalente ao registrado no presente estudo. Já o rendimento do extrato metanólico (12,21%) foi aproximadamente a metade do obtido no presente estudo. Diferenças no rendimento do extrato podem estar relacionados ao

pós processamento do material vegetal, a variações intraespecíficas da espécie, bem como ao período e localização de coleta dos materiais, e ao método de extração.

Fitotoxidez de soluções de Tween®20

A Figura 1 apresenta as respostas em comprimento e inibição de crescimento de raiz principal (A) e hipocótilo (B) de *Cucumis sativus* frente as diluições de Tween®20 em diferentes concentrações, solubilizado em água destilada.

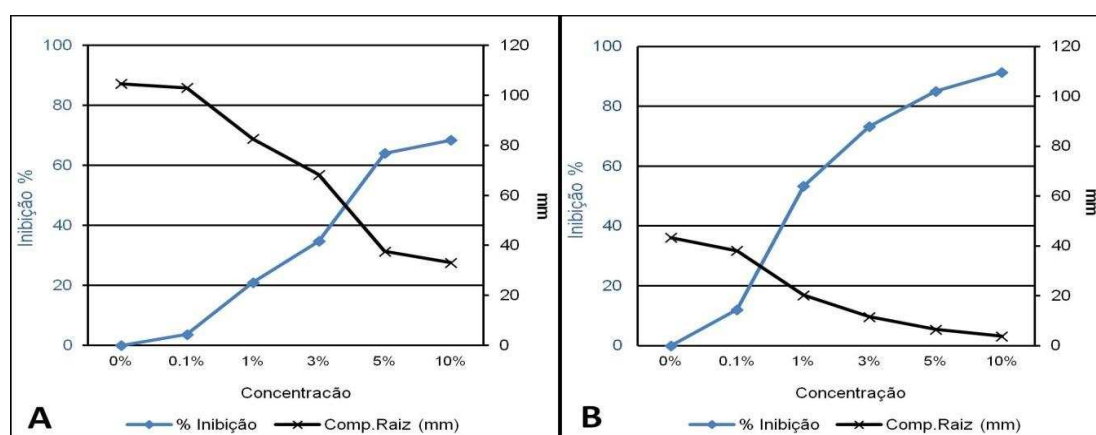


Figura 1. Padronização de diluições de Tween®20

Tween®20 solubilizou os extratos hexânicos de forma eficiente, contudo, mesmo na concentração mínima avaliada (0,1%), foi constatado efeito negativo do surfactante no crescimento do hipocótilo com 12% de inibição. O efeito da inibição de crescimento na raiz principal foi ameno e não significativo (3%). A solução 0,1% de Tween®20 foi utilizada na solubilização dos extratos hexânicos.

Bioensaios de fitotoxidez

O teste de normalidade de Liliefors, teste de homocedasticidade de Cochran e análise de variância em delineamento inteiramente casualizado foram significativos a 95% de probabilidade para todos os dados analisados.

O teste Tukey foi significativo a 95% de probabilidade para comprimento médio de raízes de *Cucumis sativus* nos tratamentos com extratos metanólicos de folha (EMF) e raiz (EMR) de *M. urundeuva*, indicando que os referidos extratos inibiram o crescimento radicular da espécie alvo. O extrato metanólicos de sementes (EMS) de

M. urundeuva não inibiu o crescimento radicular de Cucumis sativus em nenhuma das concentrações avaliadas e nenhum dos extratos avaliados inibiu a taxa de germinação de sementes de Cucumis sativus. A Tabela 2 apresenta média e erro padrão do comprimento total de raízes de plântulas de Cucumis sativus germinadas nos ensaios de fitotoxicidade com extratos metanólicos de folhas, raízes e sementes de Myracrodruon urundeuva.

Tabela 2. Comprimento médio de raízes de Cucumis sativus germinadas em solução com extratos metanólicos de Myracrodruon urundeuva sob diferentes concentrações.

Tratamento	EMF	EMR	EMS
0 ppm	128,5 ± 4,2 ^a	122,9,1 ± 7,3 ^a	122,6 ± 6,9 ^a
50 ppm	75,2 ± 3,3 ^b	99,1 ± 7,1 ^b	121,1 ± 7,3 ^a
125 ppm	58,7 ± 1,8 ^b	85,0 ± 6,5 ^c	122,6 ± 7,0 ^a
250 ppm	39,6 ± 1,5 ^c	77,3 ± 5,5 ^c	111,2 ± 8,4 ^a
500 ppm	36,1 ± 1,4 ^c	78,5 ± 5,1 ^c	110,0 ± 6,6 ^a
1000ppm	32,4 ± 1,7 ^c	80,2 ± 7,1 ^c	121,1 ± 4,0 ^a

Onde: EMF=Extrato metanólico de folhas; EMR=Extrato metanólico de raízes; EMS=Extrato metanólico de sementes. *Letras sobrescritas diferentes indicam significância do teste Tuckey a 95% de probabilidade.

Viera (2013) avaliou a velocidade de germinação de sementes e atividade da enzima tirosinase frente a extratos metanólicos de folhas de M. urundeuva. Os resultados indicaram que os extratos testados inibiram a atividade da enzima tirosinase e reduziram a velocidade de germinação de sementes de L. esculentum. Em ensaio de toxicidade frente à A. salina, extratos metanólicos das folhas de M. urundeuva mostraram-se ativos apresentando mortalidade com dose letal abaixo de 150 mg/l (Vieira et al. 2011).

Entre os extratos metanólicos avaliados, EMF apresentou maior fitotoxicidade, onde se observou menor crescimento de raízes de forma proporcional ao aumento da concentração do extrato. A ação fitotóxica de EMF na concentração de 50 ppm foi equivalente à ação de EMR na concentração de 250 ppm. A figura 2 apresenta exemplos de cartões utilizados nas medições de comprimento de raiz e hipocótilo de Cucumis sativus nos ensaios de fitotoxicidade frente a extrato metanólico de folhas de M. urundeuva.

Napoleão et al. (2013) observaram que o extrato foliar de M. urundeuva atua como inseticida natural no controle do coleóptero Sitophilus zeamais, importante praga econômica na cultura e armazenamento do milho. O efeito inseticida ocorre pela promoção de distúrbio nutricional e consequente morte de adultos de S. zeamais.

Machado (2013) observou na composição de extrato metanólico de folhas de *M. urundeuva*, taninos, flavonóides e derivados do ácido gálico. Em estudo fitoquímico com extrato etanólico de folhas de *M. urundeuva* identificou-se os seguintes grupos químicos: saponinas, catequinas, esteróides, triterpenos, flavonóides, alcalóides e, principalmente, fenóis e taninos (Bessa et al., 2013), ambos grupos de compostos reconhecidos pelo potencial alelopático (Alves, 2002; Correia, 2006; Mallik, 2008).

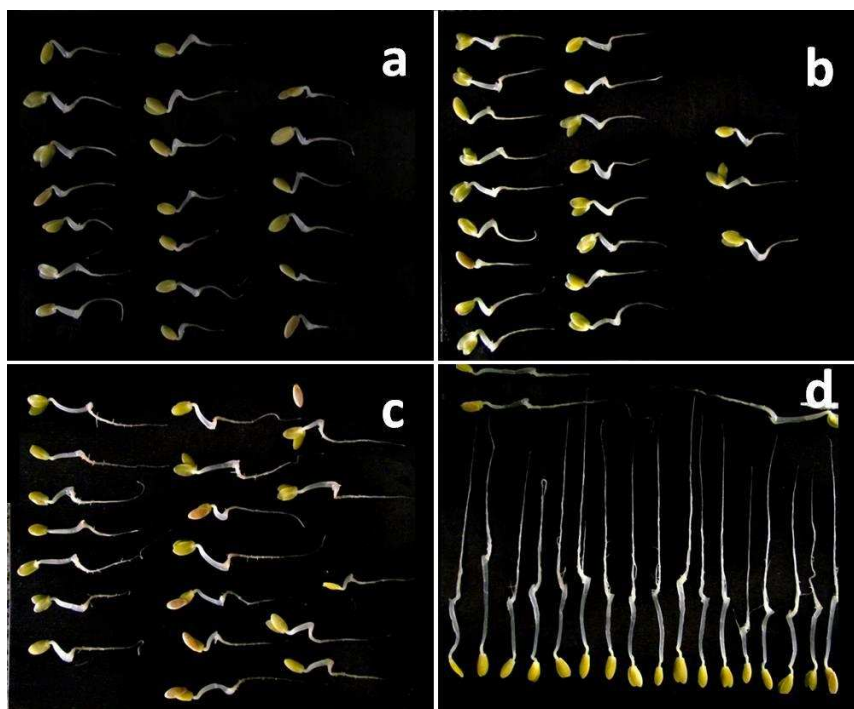


Figura 2. Fotografias utilizadas nas medições de hipocótilo e raízes de *Cucumis sativus* onde: a=EMF 1000ppm; b=EMF 250ppm; c=EMF 50ppm e d= EMF 0ppm

Sousa (2012) e Aquino (2013) não observaram variações sazonais para as constituições majoritárias de óleos essenciais em *M. urundeuva*. Dutra (2008) não observou diferenças entre o perfil fitoquímico encontrado no caule e folhas de indivíduos jovens e adultos da espécie, indicando que a produção e acúmulo de metabólitos secundários têm início na fase jovem e é continuada na fase adulta.

Souza (2012) utilizou métodos cromatográficos e identificou as seguintes substâncias em extrato etanólico 70% de folhas de *M. urundeuva*: ácido gálico, galato de metila, galato de etila, ácido protocatecuico, ácido clorogênico e ácido elágico. Do fracionamento fitoquímico foram isolados dois galotaninos, 1,2,3,4,6-penta-O-galoil- β -D-glicose (PGG), e uma mistura de ácido 3-galoilgálico e 4-galoilgálico, e do flavonóide quercetina-3 O-rhamnopiranosídeo (quercetrina).

Tabela 3. Comprimento médio de raízes de *Cucumis sativus* submetidas a extratos hexânicos de *Myracrodruon urundeuva* sob diferentes concentrações.

Tratamento	EHF	EHR	EES
0 ppm	122,3 ± 7,9 ^a	129,9 ± 10,1 ^a	105,1 ± 7,7 ^a
50 ppm	124,7 ± 8,5 ^a	131,3 ± 13,9 ^a	97,1 ± 8,2 ^a
125 ppm	121,1 ± 8,8 ^a	118,1 ± 12,4 ^a	105,9 ± 9,8 ^a
250 ppm	124,4 ± 8,1 ^a	104,2 ± 12,1 ^a	100,3 ± 8,6 ^a
500 ppm	105,8 ± 8,6 ^a	123,5 ± 10,8 ^a	107,0 ± 8,7 ^a
1000ppm	46,7 ± 2,5 ^b	115,9 ± 8,7 ^a	108,2 ± 10,9 ^a

onde: EHF=Extrato hexânico de folhas; EHR= Extrato hexânico de raízes; EES= Extrato etanólico de sementes.

O extrato hexânico de folhas, em sua maior concentração testada (EHF 1000 ppm), foi o único extrato apolar avaliado que apresentou fitotoxidez às plântulas da espécie alvo. No estudo de Viera (2013), extratos hexânicos de folhas de aroeira não inibiram a germinação de sementes mas aumentaram a ação da enzima tirosinase. Montanari (2010) observou atividade do óleo essencial de folhas contra cepas de bactérias Gram (+) e Gram (-). O autor conclui seu trabalho afirmando que os óleos essenciais de *M. urundeuva* constituem material interessante para pesquisas de modelos para agroquímicos.

Segundo Montanari (2010), o óleo essencial de folhas de *M. urundeuva* tem como principal constituinte o monoterpeneo δ -3-careno (78,8%), ao qual o autor atribui efeito fitotóxico. Outros constituintes identificados foram: myrceno (4,2%), limoneno (0,2%), β -Phellandreno (3,0%), α -Terpinoleno (4,8%), β -Elemeno (0,7%), (E)-Caryophylleno (1,1%), β -Camigreno (0,5%), β -Selineno (2,5%). Os monoterpenos são metabólitos secundários que podem causar interferência nas funções bioquímicas e fisiológicas de insetos herbívoros (Brattsten, 1998). São normalmente encontrados em óleos essenciais, são muito odoríferos e servem de atrativo para polinizadores ou proteção contra herbivoria (Gleason & Chollet, 2012).

Pesquisa sobre os constituintes químicos de folhas de *Myracrodruon urundeuva* realizadas no Scifinder Scholar® e no site de busca Google, revelou diferentes composições químicas (Bandeira, 2002; Maia, 2002). Isso pode ocorrer já que uma planta para se adequar às condições edafoclimáticas de uma região pode modificar sua estrutura sem afetar de maneira significativa o seu fenótipo (Azambuja, 2009).

Neste contexto, Aquino (2013) estudou a fitoquímica de folhas de *M. urundeuva*, em especial a composição química volátil, dada a divergência de dados apresentada na literatura. Os materiais botânicos foram coletados em 6 estados da região nordeste brasileira. O autor caracterizou seis marcadores quimiotaxonômicos que indica a composição de seis diferentes tipos químicos, revelando, portanto, variação química intraespecífica.

Potencial alelopático de *Myracrodruon urundeuva*

Efeitos alelopáticos em ecossistemas ocorrem em função da liberação de metabólitos secundários e incluem alteração da taxa de germinação, inibição de crescimento em plântulas, alteração das funções micorrízicas, alteração da dinâmica de nitrogênio no solo e decomposição de serrapilheira (Rizvi e Rizvi, 1999; Zeng et al., 2008).

A produção de metabólitos secundários por plantas é determinada por características genéticas das espécies e pelas condições ambientais onde a planta é encontrada. Variáveis como temperatura, umidade e intensidade de luz, adicionada a efeitos da comunidade microbológica de solos e sua estrutura físico química, podem afetar não somente a produção de metabólitos, mas também a estrutura química e atividade de compostos liberados no ambiente.

As Figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, os percentuais de inibição de crescimento do hipocótilo e raiz principal de *Cucumis sativus* nos ensaios de fitotoxidez com extratos metanólicos de folhas (EMF), raízes (EMR) e sementes (EMS) e extratos hexânicos de folhas (EHF), raízes (EHR) e sementes (EES) de *Myracrodruon urundeuva*.

Para o grupo de extratos metanólicos, observou-se que EMF inibiu até 60% o crescimento de hipocótilo e 79% o crescimento de raiz principal. Em todas as diluições de EMF avaliadas, a inibição de crescimento do hipocótilo e raiz principal foram significativas a 95% de probabilidade. O EMR inibiu significativamente o crescimento de hipocótilo em concentrações superiores a 250ppm com valores variando entre 38% e 42% de inibição.

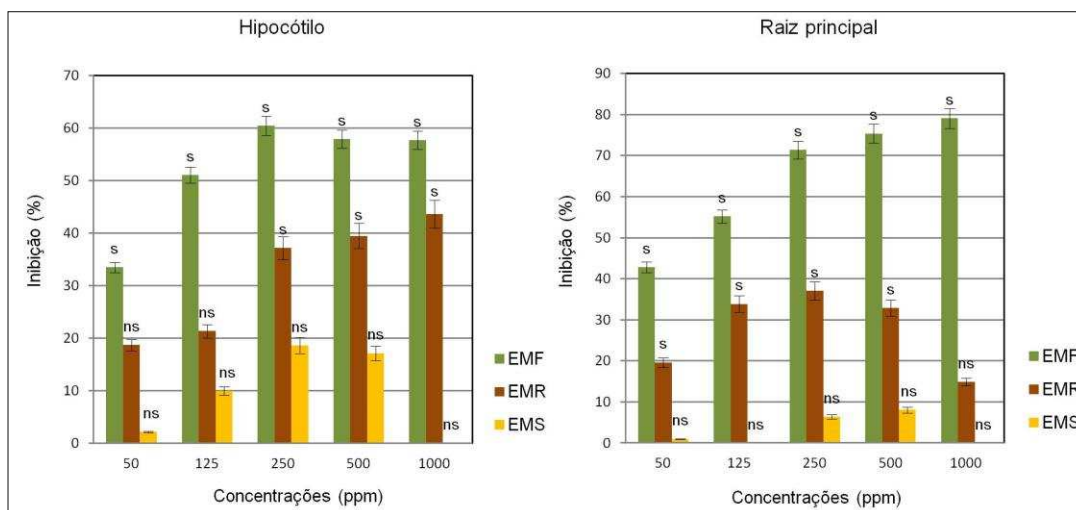


Figura 2. Inibição do crescimento de hipocótilo e raiz principal de *Cucumis sativa* sob ação de extratos vegetais de *Myracrodruon urundeuva*.

O EMR inibiu significativamente o crescimento de raiz principal nas diluições de 50ppm a 500ppm, sendo a inibição máxima observada igual a 38%. Foram observadas inibições de crescimento de até 20% para EMS, porém não significativas para hipocótilo e raiz principal a 95% de probabilidade. Para os extratos hexânicos observou-se inibição de crescimento significativa somente para EHF, com valores máximos iguais a 72% e 59% para hipocótilo e raiz principal respectivamente, referentes a diluição de 1000ppm (Figura 3).

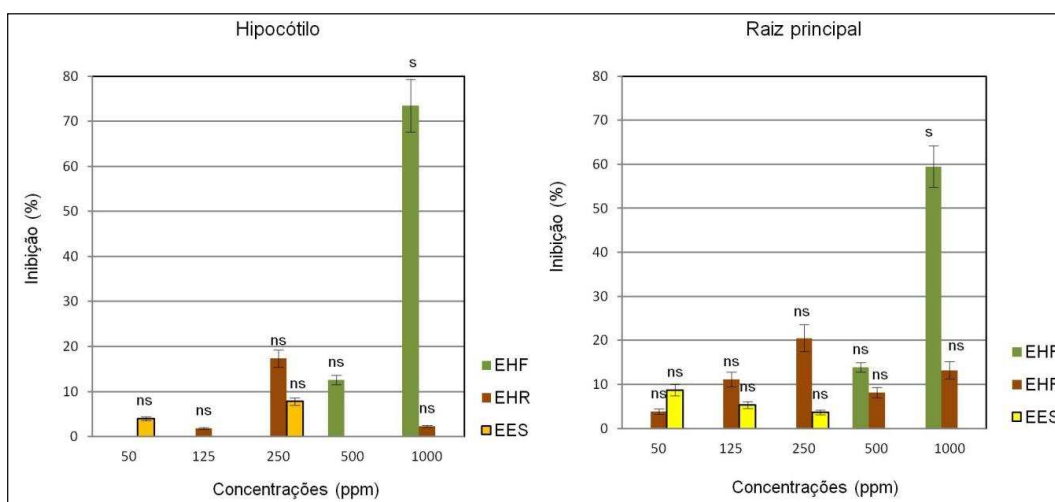


Figura 3. Inibição percentual do crescimento da raiz principal de *Cucumis sativa* sob ação de extratos vegetais de *M urundeuva*.

Reigosa et al. (2013) diferenciam pesquisas em alelopatia com estudos de fitotoxidez. Para os autores, a diferença metodológica utilizada na extração de compostos ativos das plantas distingue as abordagens, sendo que ensaios alelopáticos

utilizam extratos vegetais obtidos por processos naturais (extração aquosa). Estudos de fitotoxicidade são aqueles realizados com substâncias extraídas de plantas por meios químicos não naturais (solventes orgânicos, soxhlet).

De forma antagônica, Duke (2010) observou que existem evidências científicas que comprovam a existência de diversos aleloquímicos com solubilização limitada em água, sendo que independente da forma de extração, a maior parte das informações sobre compostos alelopáticos é derivada de extratos que nunca estiveram expostos ao solo. Neste sentido, Cheng, (1992) e Inderjit e Weston (2001) afirmaram que interações entre plantas e compostos químicos ocorrem normalmente em um complexo de várias substâncias que podem atuar com efeitos de sinergismo ou antagonismo e modificar e ser modificada no solo. A extração de compostos bioativos com solvente aquoso, simulando o efeito de lixiviação ou orvalho, não garante que os compostos extraídos sejam os mesmos encontrados na rizosfera devido às inúmeras transformações que os mesmos podem sofrer no ambiente edáfico passando por fases polares e também apolares (Rice, 1984).

Contudo, ambas as correntes valorizam a importância de estudos exploratórios no sentido de isolar variáveis em modelos ecossistêmicos e identificar fatores envolvidos na interação planta-planta, destacando a necessidade de estudos complementares descrevendo as propriedades de plantas sob condições naturais (Reigosa et al. 2013; Duke, 2010).

Independente da terminologia utilizada, alelopatia ou fitotoxidez, os resultados desta pesquisa indicam que *M. urundeuva* acumula compostos bioativos em suas estruturas vegetativas que em condições laboratoriais exerceram efeito sob o crescimento de plantas. Resta compreender se em condições naturais estes componentes podem exercer influência em plantas vizinhas, e se este fenômeno pode estar associado ao estabelecimento e manutenção da monodominância da espécie em determinadas regiões.

A alelopatia é um fenômeno fortemente relacionado com interações entre planta produtora e o ambiente (Blanco, 2007). Se uma planta é exposta a condições de estresse, ela aumenta a produção e/ou concentração e/ou síntese de novas moléculas que pode implicar em efeito alelopático (Rivoal et al. 2011). Árvores individuais de *M. urundeuva* em monodominância estão submetida a estresse (Oliveira, 2011), a espécie lança ao solo algo em torno de 3,5 Mg/ha/ano (Garrido, 1981) e podem liberar aleloquímicos no solo por lixiviação ou decomposição de serrapilheira visto o

potencial fitotóxico de suas folhas. A decomposição das folhas de *M. urundeuva* pode liberar aleloquímicos diretamente pela lixiviação de substâncias ou pela ação de microorganismos responsáveis pelo processo de decomposição. Dentre os compostos lixivados, pode-se citar terpenóides, alcaloides, compostos fenólicos, ácido giberélico entre outros compostos encontrados em *M. urundeuva*. Alta concentração de monoterpenos em folhas de *M. urundeuva* foi observada por Montanari (2010), grupo de compostos muitas vezes caracterizado pela volatilidade e baixa solubilidade em água em comparação a outros produtos naturais mais polares (Alves & Santos, 2002).

Composição química dos componentes lipofílicos de sementes de *M. urundeuva*

O extrato etéreo obtido evidenciou a presença de óleo fixo em sementes de aroeira e apresentou compostos de naturezas diferentes. O óleo extraído e purificado apresentou aproveitamento de 5,2%, com coloração verde-escuro intensa, odor forte pronunciado e estado oleoso à temperatura ambiente. Embora não tenha sido registrado potencial fitotóxico para os extratos de sementes de *M. urundeuva*, o rendimento e propriedades organolépticas do óleo fixo extraído chamou atenção para suas características, motivando a sua caracterização química.

Tabela 4. Composição de ácidos graxos em óleo fixo extraído de sementes de *Myracrodruon urundeuva*.

Ácido graxo	Nome	RT (min)	Área	Concentração (%)
C14:0	mirístico	6.739	370449	1.7
C15:0	pentadecanóico	7.951	95276	0.4
C16:0	palmítico	9.242	4285215	19.9
C16:1	palmitoléico	9.749	588148	2.7
C17:0	margárico	10.442	77506	0.4
C18:0	esteárico	11.763	2589810	12.0
C18:1	oléico	12.286	5874662	27.2
C18:2	linoléico	13.22	1068966	5.0
C18:3	linolênico	14.117	1333619	6.2
C20:0	araquídico	14.372	263027	1.2
C20:1	eicosenóico	15.712	296543	1.4
C22:0	behênico	16.378	753683	3.5
C24:0	lignocérico	18.802	1099117	5.1
Outros				13.4

A composição e o respectivo teor de ácidos graxos são apresentados na Tabela 4. O percentual total de ácidos graxos saturados, monossaturados e poli-insaturados foram 44%, 43% e 13% respectivamente. Foram quantificados, mas não puderam ser identificados, 13,4% dos ácidos graxos. Os principais ácidos graxos encontrados nas sementes de *M. urundeuva* foram ácido oleico (27,2%), ácido palmítico (19,9%), ácido esteárico (12%) e ácido linolênico (6%).

Segundo Carrillo et al. (2012) numerosos estudos atribuem ao ácido oleico ação inibidora da proliferação de células tumorais, sendo também bom precursor do Omega 9. Cho et al. (2010) observaram propriedades antiinflamatórias, antioxidantes e redutora de dor em pacientes com artrose. O ácido oleico é também muito utilizado como aditivo em base de sabões e sabonetes, para dar lubricidade e emoliência. É muito empregado em cremes e emulsões cosméticas e para recompor a oleosidade em peles ressecadas e com problemas de escamação.

Os ácidos esteárico e palmítico são encontrados principalmente em gorduras e óleos vegetais e, segundo Nyakudya et al. (2013), são potencialmente utilizáveis como produtos farmacológicos coadjuvantes. Estudos de Cho et al. (2010) indicaram propriedades antioxidantes de ácido palmítico que ajudaram a prevenir a arteriosclerose.

O ácido linolênico constitui 6% do ácido graxo extraído e foi o ácido graxo poliinsaturado mais abundante. O Ácido linolênico é precursor do Ômega 6 e é comumente encontrado em óleos vegetais como óleo de girassol e óleo de soja.

A expressiva presença de ácido palmítico encontrado em sementes de *M. urundeuva* indica que este óleo tem uso potencial como carreador farmacológico inativo na fabricação de produtos farmacêuticos. O teor de óleo esteárico indica que a depender do rendimento, o óleo de sementes de *M. urundeuva* tem potencial para ser utilizado como lubrificante industrial, ingrediente de vela, plástico e fabricação de cosméticos (Nyakudya et al. 2013).

São necessários estudos complementares de bioprospecção de óleos fixos de sementes de *M. urundeuva* visto seu potencial de rendimento e aproveitamento enquanto produto florestal não madeireiro.

Conclusões

Foi observado que *Myracrodruon urundeuva* produz metabólitos secundários de potencial fitotóxico que inibiram o crescimento radicular da espécie alvo *Cucumis sativus* em bioensaios de germinação de sementes.

Considerando que a produção e liberação de aleloquímicos no ambiente são fenômenos potencializados em situações de estresse e sucessão, como ocorre nas florestas monodominadas por aroeira, a alelopatia deve ser considerada em modelos que busquem a compreensão de mecanismos e processos que viabilizam a manifestação monodominante de *M. urundeuva*.

São necessários estudos complementares de bioprospecção aos extratos vegetais de *M. urundeuva* com vistas a compreender melhor sua composição, e atividade em fragmentos florestais monodominados por *M. urundeuva*.

Referência Bibliográfica

ALVES, S.M. e SANTOS, L.S.. Natureza química dos agentes alelopáticos. In: SOUZA FILHO, A.P.S & ALVES, S.M (eds). **Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. p. 25-47 2002.

AQUINO, N.C. **Aplicação de técnicas espectrométricas e cromatográficas na caracterização de seis tipos químicos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. Allem (aroeira-do-sertão)**. (2013). 112p. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Federal do Ceará. 2013.

AZAMBUJA, W. Quimiotipos. 2009. Disponível em: Acesso em: 3 junho 2015. <http://www.oleos essenciais.org/quimiotipos/>

BANDEIRA, M.A.M. **Aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão): constituintes químicos ativos da planta em desenvolvimento e adulta**. Tese (Doutorado em Química Orgânica). Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

BESSA, N.G.F.; BORGES, J.C.M.; BESERA, F.P.; CARVALHO, R.H.A. PROSPECÇÃO Fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde-tocantins. **Revista Brasileira de plantas medicinais**. n.15, v.4, s.1, p. 692-707, 2013.

BLANCO, J.A. The representation of allelopathy in ecosystem-level forest models. **Ecological Modelling**. n. 209, p.65-77, 2007.

BRATTSTEN, L.B. Cytochrome P-450 involvement in interactions between plant terpenes and insects herbivores. In: DUNKEL, F. V. & SEARS, L. J. Fumigant

properties of physical preparations from mountain big sagebrush, *Artemisia tridentata* Nutt. Spp. Vaseyana (Rydb) beetle for stored grain insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 34, n. 4, p. 307-321, 1998.

CARRILLO, C.M.; CAVIA, M.M.; ALONSO-TORRE, S.R.; Antitumor effect of oleic acid: mechanisms of action. A review. **Nutrición Hospitalaria**. v.27, n.5, p.1860-1865. 2012.

CODER, K.D. **Allelopathy in trees and forests: a select bibliography**. University of Georgia. School of Forest Resources. Extension Publication. For99-002. p.27, 1999.

CORREIA, S.; DAVID, J.P.; DAVID, J.M. Metabólitos secundários de espécies de Anacardiaceae. **Química Nova**. v.36, n.6, p.1287-1300, 2006.

CHENG, H.H. **A conceptual framework for assessing allelochemicals in the soil environment**. Chapman e Hall. London, 1992.

CHO K.H.; HONG J.H.; LEE, K.T. Monoleic acidylglycerol (MAG)-oleic acid has stronger antioxidant, anti-atherosclerotic, and protein glycation inhibitory activities than MAG-palmitic acid. **J. Med. Food**. n.13, p. 99-107, 2010.

DUTRA, M. **Estudo farmacobotânico de três espécies medicinais da caatinga em Pernambuco**. 2008. 74 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.

DUKE, S.O. Allelopathy: Current status of research and future of the discipline: a commentary. **Allelopathy Journal**. n.25, v.1, p.17-30, 2010.

FIGUEIRÔA, J.M.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n. 3, p.573-580. 2004.

GARRIDO, A. O. **Caracteres silviculturais e conteúdo de nutrientes no folheto de alguns povoamentos puros e misto de espécies nativas**. 1981. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1981.

GLEASON, K.F. CHOLLET, R. 2012 b. Aromatic and phenolic compounds. In: GLEASON, K.F. CHOLLET, R. **Plant Biochemistry**. 1ed. Jones & Bartlett Learning. 2012. p. 119-148.

INDERJIT e CALLAWAY, R.M. Experimental design for the study of allelopathy. **Plant and Soil** n.256, p.1-11, 2003.

INDERJIT. Soil: Environmental effects on allelochemical activity. **Agronomy Journal** n.93, p.79-84, 2001.

LACERDA, A.M.; MODOLO, A.K.; MATIAS, R.C.; PISTORI, H.; YANO, M.; ROEL, A. R.; PORTO, K.R.A. Screening de plantas com potencial fitotóxico. **Revista Brasileira de Farmacologia**. n. 92, v.4, p.352-355, 2011.

LIMA, R. S. **Estudo morfo-anatômico do sistema radicular de cinco espécies arbóreas de uma área de caatinga do município de Alagoinha- PE**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1994.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras – Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, p. 368. 2002.

MACHADO, A.C. **Caracterização do extrato de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e seu efeito sobre a viabilidade de fibroblastos gengivais humanos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Odontológicas Aplicadas) Universidade de São Paulo: Bauru, 2013.

MAIA, J. G. S.; SILVA, M. H. L.; ANDRADE, E. H. A.; ZOGHBI, M. G. B.; CARREIRA, L. M. M. Essential oils from *Astronium urundeuva* (Allemão) Engl. and *A. fraxinifolium* Schott ex Spreng. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 17, p. 72-74, 2002.

MALLIK, A. Allelopathy: Advances, Challenges and Opportunities. In.: ZENG, S.R.; MALLIK, A.U.; LUO, S.M. **Allelopathy in sustainable agriculture and forestry**. New York: Springer, 2008. p.25-38.

MEYER, B.N. Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. **Planta Médica**, v. 45, n.1, p. 31-34, 1982.

MELLO, M.J.R. **Atividade anti-inflamatória, cicatrizante e antimicrobiana do extrato aquoso da aroeira-do-sertão a 20% (*Myracrodruon urundeuva* Fr.All.) aplicado em fraturas expostas induzidas em mandíbula de coelho**. 2007. 67p. Dissertação (Mestrado em Cirurgia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2007.

MONTANARI, R.M. **Composição química e atividades biológicas dos óleos essenciais de espécies de Anacardiaceae, Siparunaceae e Verbenaceae**. Viçosa: 2010. Tese (Doutorado em Agroquímica). Universidade Federal de Viçosa, 144p. 2010.

NAPOLEÃO, T.H.; BELMONTE, B.R.; PONTUAL, E.V.; ALBUQUERQUE, L. P.; SÁ, R. A.; PAIVA, L. M.; COELHO, L.C.B.B.; PAIVA, P.M.G. Deleterious effects of *Myracrodruon urundeuva* leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). **Journal of Stored Products Research** n.54, p. 26-33, 2013.

NUNES, Y.R.F.; FAGUNDES, M.; ALMEIDA, H.S.; VELOSO, M.D.M. Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão – Anacardiaceae): Fenologia e germinação de sementes. **Revista Árvore**. v.32, n.2, p. 233-243, 2008.

NYAKUDYA, T.; MAHOA, O.; SAMIER, A.; CHIVANDI, E.; KENNEDY, H.E.; GUNDIDZA, M.B.; MAGWA, M.L.; MUREDZI, P. Physicochemical

characterisation of hexanic seed oil extract from, the pepper tree (*Schinus molle*) of South African origin. **African Journal of Biotechnology**. v.12, n.8. p.854-859. 2013.

OLIVEIRA, F. P. **Monodominância de aroeira: Fitossociologia, relações pedológicas e distribuição espacial em Tumiritinga, MG**. 2011. 87p. Dissertação (Mestrado Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, P.S.; BARROS, L.M.; BRITO, A.M.; DUARTE, A.E.; MAIA, A.J. Uso da *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira do sertão) pelos agricultores no tratamento de doenças. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**. v.9, n.1, p. 51-60, 2014.

PIRES, N.M.; OLIVEIRA, V.R. Alelopatia. In.: OLIVEIRA Jr., R.S., CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 348 p.

QUEIROZ, C. R. A. A., MORAIS, S. A. L., NASCIMENTO, E. A. Caracterização dos Taninos da Aroeira-Preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.485-492, 2002.

RASBAND.W. **ImageJ 1.48v**. National Institute of Health, USA, 2014. (<http://imagej.nih.gov/ij/>)

REIGOSA, M.R.; GOMES, A.S.; FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. Allelopathic research in Brazil. **Acta Botanica Brasilica** n.27, v.4, p. 629-646, 2013.

RICE, E.L. **Allelopathy**. 2ª ed.. New York: Academic Press, 1984. 422 p.

RIVOAL A.; FERNANDEZ, C.; GREFF S.; MONTES, N.; VILA, B. Does competition stress decrease allelopathic potential? **Biochemical Systematics and Ecology**. n.39, p.401-407, 2011.

RIZNI, S.J.H; RIZNI, V (Eds). **Allelopathy: Basic and applied aspects**. Chapman and Hall, London, 473p. 1999.

SÁ, R.A.; SANTOS, N.D.L.; SILVA, C.S.B.; GOMES, T.H.; CAVADA F.S.; COELHO, D.M.A.F.; NAVARRO, L.W.; BIEBERA, P.; PAIVA M.G. Larvicidal activity of lectins from *Myracrodruon urundeuva* on *Aedes aegypti*. **Comparative Biochemistry and Physiology**. n.149, v.3, p.300-306, 2008.

SALOMÃO, A.N.; LEITE, A.M.C. Comportamento de regenerantes de *Astronium urundeuva* (Fr. All.) em área sob ação antrópica. **Acta Botanica Brasilica** n.6, v.2, p.85-96, 1992.

SOUZA, L.P. **Padronização de extratos vegetais: Astronium urundeuva (Anacardiaceae)**. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Estadual Paulista: Araraquara, 2012.

SOUZA, T.M. **Alterações na expressão proteica de larvas de *Aedes aegypti* após intoxicação com o larvicida m-pentadecadienil-fenol isolado de sementes de *Myracrodruon urundeuva***. Dissertação (Mestrado em Bioquímica), Universidade Federal do Ceará. 2013.

SOUZA FILHO, A.P.S.; GUILHON, G.M.S.P.; SANTOS, L.S. Metodologias empregadas em estudos de avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório: revisão crítica. **Planta Daninha** v.28, n.3, p. 689-697, 2010.

TAIZ, L; ZEIGER, E. 2010. **Plant Physiology**. Sunderland, Sinauer Assoc. Inc. Publ.

VAN ROOYEN, M.W., THERON, G.K., VAN ROOYEN, N., JANKOWITZ, W.J., MATTHEWS, W.S. Mysterious circles in the Namib Desert: review of hypotheses on their origin. **Journal of Arid Environments**. n.57, p.467–485, 2004.

VIANNA, G.S.B.; BANDEIRA M.A.M.; MATOS F.J.A. Analgesic and antiinflammatory effects of chalcones isolated from *Myracrodruon urundeuva* Allemão. **Phytomedicine**, v. 10, p. 189–195, 2003.

VIEIRA, L.M.; DIAS, A.L.; CASTRO, C.F.S. Avaliação da atividade alelopática e ensaio toxicológico de extratos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All – Anacardiaceae. **Anais do IX Seminário de Iniciação Científica, VI Jornada de Pesquisa e Pós Graduação e Semana Nacional de Ciência e Tecnologia**. Universidade Estadual de Goiás. 2011.

VIEIRA, L. M. **Efeito Inibitório sobre a enzima tirosinase de extratos da *Myracondrum urundeuva***. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Instituto Federal Goiano, 2013.

ZENG, S.R.; MALLIK, A.U.; LUO, S.M. **Allelopaty in sustainable agriculture and forestry**. New York: Springer, 2008.

ZRIBI, I.; OMEZZINE, F.; HAOUALA, R. Variation in phytochemical constituents and allelopathic potential of *Nigella sativa* with developmental stages. **South African Journal of Botany**. n.94, p. 255-262, 2014.

WILLIANSON, G.B.; RICHARDSON, D.R.; FISCHER, N.H.; 1999. Allelopathic mechanism in fire-prone communities. In: Rizvi, S.J.H., Rizvi, V. (Eds.), **Allelopathy: Basic and Applied Aspects**. Chapman & Hall, London, p. 57–75.

Artigo 2

Fungos micorrízicos arbusculares e dinâmica da matéria orgânica na rizosfera de ecossistemas monodominados por *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.

Resumo:

Avaliou-se as frações da matéria orgânica e caracterizou-se a atividade microbiana em solos sob monodominância de *Myracrodruon urundeuva*. Técnicas combinadas de biologia molecular foram usadas no estudo de FMA's na rizosfera de *Myracrodruon urundeuva* em monodominância. Amostras de solos e sistema radicular de *M. urundeuva* foram coletadas em fragmentos florestais monodominados pela espécie nos municípios de Tumiritinga e Aimorés e comparadas com amostras de solo adjacentes sem *M. urundeuva*. Os solos foram caracterizados quanto às frações da matéria orgânica e analisados índices de atividade biológica. Esporos de FMA's foram identificados e quantificados nos solos estudados e verificada a colonização de FMA's em radículas de *M. urundeuva*. A análise por eletroforese em gel com gradiente desnaturante (DGGE) dos fragmentos de DNA correspondentes aos genes rDNA 18S presentes nas amostras de solo foi utilizada para avaliar o perfil de comunidades microbianas no solos estudados. Os teores de COT, a relação C/N, os compartimentos de C da matéria orgânica, e a densidade e atividade de microorganismos no solo diferiram entre os sistemas estudados e apresentaram resultados inferiores nos sistemas monodominados. Foi verificada a associação de FMA com *M. urundeuva* em monodominância e os perfis de géis DGGE indicaram diferenças entre as comunidades microbianas dos solos estudados. A monodominância de *Myracrodruon urundeuva* alterou a constituição e dinâmica da matéria orgânica bem como a composição e atividade microbiológica no solo.

Palavras-chave: Microbiologia molecular; matéria orgânica do solo; *Myracrodruon urundeuva*; monodominancia, qualidade de solo,

Introdução

A grande ocorrência de áreas degradadas no médio rio Doce, MG, é consequência das interações entre uso antrópico do solo e características edafoclimáticas locais (Favero, 2001; Baruqui, 1982). A descontinuidade de remanescentes florestais, o assoreamento dos cursos d'água e a erosão do solo são os principais problemas ambientais relatados na região (IGAM, 2015). Como agravante da degradação ambiental no médio rio Doce, Valente (2005) e Oliveira (2011), chamam a atenção para a expansão de fragmentos florestais monodominados por *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (Anacardiaceae). O termo "monodominancia" foi utilizado e difundido por Hart et al. (1989), para descrever florestas que apresentam mais de 50% do número de indivíduos da comunidade pertencentes a uma única espécie.

Diferentes espécies florestais apresentam comportamento monodominante em florestas ao redor do mundo (Nascimento e Proctor, 1997; Hart et al., 1989; Marimon e Felfili, 2000, Torti et al., 2001). Muitas espécies monodominantes apresentam associações com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e ectomicorrizas (McGuire, 2008), entre elas *Gilbertiodendron dewevrei* (Hart et al., 1989), *Julbernardia seretii* (Conway, 1992), *Parashorea malaanonan* (Martijena, 1998), *Dicymbe corymbosa* (Henkel, 2003), *Eperma falcata* (Torti et al., 2001) e *Peltogyne gracilipes* (Nascimento e Proctor, 1997).

Associações simbióticas entre plantas e microorganismos do solo propiciam vantagens competitivas a determinadas espécies e podem contribuir para sua manifestação monodominante. Contudo, nem todas as espécies monodominantes formam associações micorrízicas, sendo que tal relação não é pré-requisito para a monodominância, mas quando existente pode favorecer a espécie dominante (Peh, 2011).

A associação micorrízica é uma estratégia adotada por vegetais para otimizar a resistência à perturbações bióticas e abióticas (Cavalcante et al., 2001). Nesta relação, os fungos podem receber mais de 10% dos fotossintatos produzidos pela planta hospedeira (Cavalcante et al., 2009), e estas se beneficiam com o aumento da superfície de absorção de água e íons na interface solo-fungo-plantas (Correia et al., 2004). Em decorrência de tais associações, foi observado aumento nas concentrações de fósforo (Cardoso et al., 2003) e potássio (Moreira Souza e Cardoso, 2002) em tecidos de planta, tolerância ao estresse hídrico (Bryla e Duniway, 1997; Amorim, 2004), promoção do crescimento de plantas (Siddiqui et al., 2008), e resistência a doenças e ataques de patógenos (Maia et al., 2005).

Associações entre FMA e plantas são influenciadas por diversos fatores edáficos, como a matéria orgânica solo (Cavalcante et al., 2009), que exerce influência na estrutura, na dinâmica de nutrientes e na capacidade do solo em armazenar água (Primavesi, 2002). Além da importância da matéria orgânica do solo no estudo de FMA, a biomassa microbiana, o carbono prontamente mineralizável e a respiração microbiana são análises complementares ao estudo de dinâmica da matéria orgânica utilizadas para verificar o estado metabólico das comunidades de microorganismos presentes no solo (Araujo e Monteiro, 2007; Reis Junior e Mendes 2007).

Segundo Araujo e Monteiro (2007), os bioindicadores do solo além de proporcionar respostas mais rápidas a mudanças no ambiente, apresentam potencial de

uso na avaliação da qualidade do solo. Os autores citam o quociente respiratório, biomassa microbiana e respiração do solo como importantes indicadores biológicos da qualidade dos solos.

Técnicas combinadas de biologia molecular têm sido aplicadas com sucesso em estudos de biodiversidade de FMA's em solos (Moreira et al. 2015; Cavalcante et al., 2009). Entre elas, a eletroforese em gradiente de gel desnaturante (DGGE), permite analisar comunidades de FMA's em amostras de solo, sistema radicular ou mesmo através de banco de esporos (Muyzer e Smalla, 1988; Kowalchuk et al., 2002; Anderson e Cairney, 2004; Moreira et al. 2015).

Embora FMA esteja presente em aproximadamente 80% das plantas, ocorrendo praticamente em todos os ecossistemas terrestres (Pozo e Azcón-Aguilar, 2007; Cavalcante et al., 2009), a associação entre *Myracrodruon urundeuva* e fungos micorrízicos arbusculares não é bem demonstrada em ecossistemas naturais, sendo que não foram encontrados estudos que avaliam o papel de FMA em modelos de florestas monodominadas pela espécie.

O presente trabalho descreve a utilização de técnicas combinadas de biologia molecular na análise de FMA's associados à rizosfera de *M. urundeuva* em monodominância. As frações da matéria orgânica dos solos estudados e bioindicadores de qualidade do solo são também descritos com objetivo de avaliar o impacto das florestas monodominadas por *M. urundeuva* nos compartimentos de carbono e na estrutura de comunidades microbianas do solo.

Materiais e Métodos

Descrição da região de estudo

O estudo foi desenvolvido nos municípios mineiros Tumiritinga (18°58'44" S e 41°38'42" O) e Aimorés (19°28'32" S e 41°10'18" O), ambos localizados na região do médio Rio Doce, MG. Os municípios apresentam características ambientais semelhantes: pastagens degradadas como uso predominante do solo (Baruqui, 1982; Valente, 2005), fragmentados remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual ocupando 3,4% e 7,4% dos territórios municipais de Tumiritinga e Aimorés respectivamente (IBGE, 2006), clima Tropical Úmido mega-térmico (Köppen, 1948), com estação seca prolongada e déficit hídrico recorrente.

As unidades geomorfológicas são caracterizadas por dissecação fluvial atuante nas rochas predominante granito-gnaissicas do embasamento cristalino. A região está inserida no domínio dos Argissolos Vermelho Eutróficos (Baruqui, 1982), distribuídos desde o terço inferior até o topo dos morros, com ocorrência de Neossolos Flúvicos Eutróficos nas baixadas, e em alguns topos planos é comum a ocorrência de Latossolos. Em ambos os municípios é notória a ocorrência de fragmentos florestais com monodominância de *Myracrodruon urundeuva*, ocupando diferentes feições na paisagem (Oliveira et al., 2013).

Amostragem de solos e raízes

Amostras de solos e sistema radicular de *Myracrodruon urundeuva* foram coletadas em fragmentos florestais monodominados pela espécie nos municípios de Tumiritinga (AT) e Aimorés (AA) entre os meses de Março e Abril de 2013. Nos ecossistemas monodominados por *M. urundeuva* havia apenas plantas de *M. urundeuva*, garantindo que a comunidade de FMA não foi influenciada por quaisquer outras espécies de plantas. Em zonas de transição ou em bordas, a floresta monodominante muda de forma abrupta sem nenhuma aparente mudança edáfica.

Em Tumiritinga, foram coletadas amostras de solos adicionais em sistema de pastagem (PT) e em um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual (MN), ambos adjacentes ao fragmento monodominado estudado. A pastagem representa a mais expressiva classe de uso e cobertura do solo da região de estudo (Oliveira et al., 2013) e o remanescente florestal representa o sistema referência. Segundo informações do proprietário rural, o fragmento monodominado se estabeleceu a aproximadamente 25 anos substituindo uma pastagem de *Brachiaria* sp. O remanescente florestal apresentava características de floresta secundária em estágio médio de regeneração (CONAMA, 2007) e a pastagem é formada pela forrageira *Brachiaria decumbens* e apresentava sinais de degradação física do solo.

Em Aimorés, devido a ausência de pastagem e mata nativa adjacente ao fragmento florestal monodominado, foram coletadas amostras de solos em uma área anteriormente ocupada por *M. urundeuva* em monodominância, uma parcela de aproximadamente 1 hectare em AA, que recebeu intervenção de manejo florestal (AM). O manejo florestal foi conduzido no ano de 2006, onde a população de *M. urundeuva* foi reduzida a 30% da população original, introduzidas mudas de espécies

autóctones e, em especial, a espécie alóctone *Acacia mangium*. Segundo comunicação pessoal, o fragmento monodominado no município de Aimorés se estabeleceu a aproximadamente 50 anos não havendo relato de uso pretérito da área. O fragmento florestal manejado apresentava características de floresta secundária em estágio inicial de regeneração (CONAMA, 2007).

Em cada um dos sistemas estudados foram coletadas cinco amostras compostas de solo (aproximadamente 2 kg) à profundidade de 0-20cm. Cada amostra composta foi obtida pela homogeneização de cinco amostras simples de solos. Após as coletas, as amostras de solo foram acondicionadas em caixas de isopor resfriadas até seu armazenamento final em câmara fria, onde permaneceram até o início das análises. A tabela 1 apresenta identificação e características das áreas de estudo.

Tabela 1. Identificação e características das áreas estudadas nos municípios Tumiritinga e Aimorés, MG.

Site	Uso	Altitude	Declividade	Posição
MN	Mata Nativa - Tumiritinga	255	25%	Terço superior
PT	Pastagem - Tumiritinga	207	30%	Meia encosta
AT	Aroeira - Tumiritinga	220	30%	Meia encosta
AA	Aroeira - Aimorés	134	30%	Meia encosta
AM	Aroeira manejada -Aimorés	143	30%	Meia encosta

Análises químicas

As determinações químicas realizadas nas amostras de solos foram: pH em H₂O; teores de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺; P disponível (Mehlich-1); acidez potencial (H + Al), soma de bases (SB); CTC efetiva (t); CTC total (T); saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m). As análises foram feitas conforme Embrapa (1997) e P remanescente (P-rem), segundo Alvarez et al. (1993).

Dinâmica da matéria orgânica do solo

Os solos coletados nos diferentes sistemas de uso foram caracterizados quanto aos estoques e frações da matéria orgânica. Inicialmente as amostras de solo foram destorroadas, secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm. Destas, foram retiradas duas subamostras: uma para as determinações de carbono orgânico total (COT),

fracionamento de substâncias húmicas e nitrogênio total (NT) e outra subamostra foi mantida sobre refrigeração até a realização das análises de Carbono e Nitrogênio da biomassa microbiana e evolução de CO₂. As análises foram executadas no laboratório de Matéria Orgânica do Solo da Universidade Federal de Viçosa.

O carbono orgânico total do solo (COT) foi determinado em triplicata utilizando o método descrito por Yeomans e Bremner (1988). Para a determinação do nitrogênio total do solo (NT), foi utilizado uma adaptação do método de destilação com arraste de vapor descrito por Kjeldahl e adaptado por Bremner e Mulvaney (1982) e Tedesco et al. (1995).

Foi utilizado o método de extração e fracionamento de substâncias húmicas adaptado de (Swift 1996), com base na solubilidade diferenciada das substâncias húmicas em meio alcalino e ácido, sendo determinados os teores de C associados à fração ácidos húmicos (FAH), fração ácidos fúlvicos (FAF) e humina (FHU).

As subamostras utilizadas nas análises microbiológicas foram peneiradas em malha de 2 mm e tiveram a umidade do solo uniformizada para 50 a 60 % da capacidade máxima de retenção de água. O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo método da irradiação-extração, utilizando forno microondas, conforme método descrito por Islam & Weil (1998). O nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) foi determinado utilizando o método da irradiação-extração adaptado de Jenkinson (1998) e Islam & Weil (1998). Para avaliar a atividade respiratória da biomassa microbiana, ou respiração basal do solo, foi quantificado o CO₂ liberado durante a incubação do solo em sistema fechado em períodos de 2, 5, 10, 15, 20 e 30 dias conforme Curl e Rodriguez-Kabana (1972) e Stotzky (1965).

O quociente microbiano (qMic) foi calculado de acordo com Jenkinson e Ladd (1981), pela razão entre CBM e COT. A respiração basal (RB) do solo foi estimada pela quantidade de CO₂ liberado das amostras não fumigadas, durante 10 dias de incubação. O quociente metabólico (qCO₂) foi calculado de acordo com Anderson e Domsch (1978), pela razão entre RB e CBM expresso em mg CO₂-C mg⁻¹ CBM dia.

Fungos Micorrizicos Arbusculares

Esporos de FMA foram extraídos do solo utilizando-se 10 cm³ de cada amostra composta referente a cada sistema de uso do solo, pela técnica de peneiramento úmido (Gerdemann e Nicholson, 1963), seguida por centrifugação em água e depois em

solução de sacarose 45%. Posteriormente, sob lupa bilocular estereoscópica, foram realizadas a quantificação e a separação dos esporos por características morfológicas (tamanho, cor e forma).

Para identificar as espécies de FMA a partir das características morfológicas, os esporos foram separados de acordo com seus morfotipos e montados em lâminas com polivinil-lacto-glicerol (PVLG) puro e PVLG misturados com Melzer (1:1 v/v). A identificação foi realizada por especialista seguindo as descrições das culturas de referência presentes no International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi - INVAM (2010). Os gêneros e famílias dos FMA apresentados no presente trabalho foram classificados segundo Redecker et al. (2013). As análises foram executadas no laboratório de Associações Micorrízicas da Universidade Federal de Viçosa.

Colonização radicular

Para avaliação da colonização micorrízica, raízes de aroeira foram submersas, primeiramente, em FAA (formol: álcool: ácido acético 0,5:9:0,5), para conservação das estruturas fúngicas e das raízes. Em seguida, as raízes foram descoradas com solução de KOH 10 % (p:v) por 12 horas, lavadas em água corrente e, posteriormente, imersas em HCl 1 % (v:v) por 5 minutos, seguindo-se de coloração em azul de tripano 0,05 % em lactoglicerol (v:v), a 70 °C. As raízes foram preparadas em lâminas e a colonização por FMA identificada por microscopia por especialista. As análises foram executadas no laboratório de Associações Micorrízicas da Universidade Federal de Viçosa.

Eletroforese em Gel com Gradiente Desnaturante (DGGE)

Foram realizadas análises por eletroforese em gel com gradiente desnaturante (DGGE) dos fragmentos de DNA correspondentes aos genes rDNA 18S de FMA presentes em cada amostra composta de solo dos sistemas analisados. A metodologia utilizada foi a descrita por Liang et al. (2008), com modificações.

Aproximadamente 9 g de solo de cada amostra composta foram depositados em recipiente tipo cadinho e macerado com auxílio de pistilo até atingir característica de pó, a fim de se obter partículas desagregadas e o rompimento dos esporos dos

FMA. De cada amostra composta foi utilizado 1 g para extração do DNA total do solo para cada tratamento.

Para a extração do DNA do solo foi utilizado o kit *UltraClean™ Soil DNA Isolation* (MO BIO Laboratories, Solana beach, CA, USA), de acordo com as instruções do fabricante. As amostras de DNA total foram submetidas à eletroforese em gel de agarose (0,8 %), seguindo-se de coloração com brometo de etídio e visualização sob luz UV, para verificação da presença de bandas indicativas da presença de DNA genômico do solo utilizado e também analisadas por espectrofotometria.

O DNA total dos marcadores de referência foi extraído de forma adaptada à realizada para as amostras de campo, diferindo por utilizar concentração dos esporos de FMAs contidos em 50 cm³ de solo ou todo conteúdo de esporos presentes em uma placa de Petri da cultura in vitro, do fungo *Glomus clarum*, a fim de concentrar os esporos e garantir quantidades de DNA suficientes para serem usados como parâmetros nos estudos subsequentes.

De acordo com as recomendações do fabricante, as reações de PCR foram realizadas em tubos de PCR de paredes finas com volume de 0,5 mL, utilizando-se a enzima Go Taq® Flex DNA Polimerase (Promega, Madison, USA) em um volume de 50 µL de tampão (20mM Tris-HCl; 50mM KCl; pH 8,4). Os controles negativos consistiram de 1 µL de água MilliQ, em substituição à amostra de DNA, para se checar a presença de possíveis contaminantes. Todo o material utilizado no preparo das reações foi previamente esterilizado.

Os primers utilizados para amplificação dos fragmentos correspondentes ao rDNA 18S na primeira rodada foram: AM1 (5'- GTTTCCCGTAAGGCGCCGAA-3') (Helgason et al., 1998), em combinação com o primer universal para eucariotos NS31 (5'-TTGGAGGGCAAGTCTGGTGCC-3') (Simon et al., 1992).

As amostras de DNA utilizadas para amplificação da região desejada consistiram de 5 µL do DNA extraído dos esporos de FMA utilizados como marcadores e do DNA extraído do solo. A mistura de reação para realização do PCR foi composta de 200 µM de cada um dos quatro desoxinucleosídeos trifosfatados, 1,5 mM MgCl₂, 0,2 µM de cada primer e 1,25 U de Go Taq DNA polimerase. Foi adicionada alíquota de 0,8 µL de albumina bovina acetilada (BSA, Promega) para cada reação, com a finalidade de potencializar a ação da polimerase. As amplificações do PCR foram conduzidas em um termociclador (Mastercycler egradient, Eppendorf),

utilizando-se as seguintes etapas: um primeiro ciclo de 1 min a 94 °C, 1 min a 66 °C e 1 min e 30s a 72 °C, seguido de mais 30 ciclos de 30s a 94 °C, 1 min a 66 °C e 1 min e 30s a 72 °C e para finalizar com a extensão final de 10 min a 72 °C. Para a confirmação da presença do produto amplificado, alíquotas dos produtos das reações de PCR foram submetidas à eletroforese em gel de agarose (0,8 % p/v), corado com brometo de etídio e visualizado sob luz UV.

A amplificação do fragmento de DNA que corresponde ao rDNA 18S dos FMA, a partir destes dois primeiros primers descritos (AM1 e NS31), resultou em fragmentos de DNA de aproximadamente 580 pb. Com a finalidade de se obter um fragmento de DNA menor para realização da técnica de eletroforese em gel com gradiente desnaturante (DGGE), e melhor observação das bandas no gel, foi realizada uma segunda rodada de reações de PCR (Nested PCR).

O produto da reação do primeiro PCR foi diluído 10 vezes em água MilliQ estéril. Uma alíquota de 1µL desta diluição foi utilizada como amostra para o Nested PCR, Em ambos os casos, foram utilizados os primers NS31-GC (5'-CGCCCGGGGCGCGCCCCGGGCGGGGCGGGGGCACGGGGGTTGGAGGGC AAGTCTGGTGCC-3') (Kowalchuk et al. 2002) e Glo1 (5'-GCCTGCTTTAAACTCTA) (Cornejo et al., 2004), empregando-se a mesma reação de mistura utilizada na primeira rodada de PCR. Foi realizada a desnaturação inicial do DNA da amostra por 5 min a 94 °C, seguidos por 35 ciclos com desnaturação por 45s a 94 °C, pareamento por 45s a 52 °C e extensão por 1 min a 72 °C e para a extensão final dos fragmentos a 72 °C por 30 min. Para a confirmação da presença dos produtos, 5 µL da reação de PCR foram verificados por eletroforese em gel de agarose (1,5 % p/v) corados com brometo de etídio, e visualizados sob luz UV no sistema de foto documentação Eagle Eye (II Still Video System (Stratagene – Califórnia USA).

Os produtos obtidos a partir da segunda rodada de realização do PCR foram armazenados a -20 °C para subsequente análise por DGGE. Para realizar a comparação entre as bandas encontradas nos géis, foram preparados marcadores de referencia de DGGE a partir das espécies *Glomus clarum* da coleção in vitro do Laboratório de Associações Micorrízicas (UFV) e das espécies *Acaulospora koskei* | SCT406A |, *Acaulospora tuberculata* | SCT250B |, *Gigaspora albida* | PRN201A |, *Gigaspora decipiens* | SCT304A | e *Scutellospora heterogama* | PNB102A | obtidas da Coleção Internacional de Culturas de Glomeromycota (CICG) da Universidade Regional de Blumenau (FURB), Blumenau, SC.

A preparação dos marcadores foi realizada da mesma forma descrita para as amostras de campo e um volume de 15 µL deste preparado foi utilizado como marcador para análise de DGGE. Dos produtos obtidos pela técnica de Nested PCR a partir dos primers Glo1 e NS31-GC foram recolhidos uma alíquota de 10 µL das amostras para serem analisados por DGGE (Modelo Dcode™ System – BIO-Rad Califórnia, USA).

O gel utilizado continha poliacrilamida (37,5:1 acrilamida: bisacrilamida) a 8% (p/v) em tampão Tris-acetato-EDTA (TAE) 1X (Tris/ Ácido acético/ EDTA, pH 8,0). Um gradiente desnaturante linear formado com o auxílio do Formador de Gradiente Hoefer SG50 (Amersham Biosciences) e pela mistura de duas soluções estoque de poliacrilamida, para obter um gradiente final variando de 35 % para 55 % foi usado para todas as análises, onde a condição de 100 % de agentes desnaturantes era composta de uréia 7 mol L⁻¹ (Sigma, Cat#U5378) e formamida a 40 % (v/v) (Sigma, Cat#F9037) e a outra solução sem a presença destes agentes.

O reservatório utilizado para eletroforese foi acomodado sobre um agitador para distribuição uniforme do calor durante o procedimento da eletroforese. Toda análise do DGGE foi realizada em tampão TAE 1X a uma temperatura constante de 60 °C a 80 V por um período de 10 minutos, seguidos de 60 V por 20 horas. Os géis foram corados, após o término da eletroforese, por 30 a 40 minutos em solução 1X de SYBR GOLD ® (Sigma-Aldrich), conforme as recomendações do fabricante. As imagens dos géis foram observadas sob luz UV e posteriormente, capturadas e digitalizadas pelo sistema de foto documentação Eagle Eye (II Still Video System (Stratagene – Califórnia USA).

A matriz de similaridade entre as amostras foi inferida a partir das imagens de géis, usando o programa BioNumerics (Applied Maths, Sint Martens Latem, Bélgica). Foi elaborado dendrograma de agrupamento pelo método de Ward para estudar o perfil das populações de FMA e avaliada a distância e o padrão de bandas correspondentes ao gene 18S rDNA de FMA.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), a nível de 5% de significância. Para avaliar a hipótese de igualdade entre as médias dos parâmetros de solo estudados foi aplicado o teste Tukey a 5% de significância. As análises foram

feitas empregando o sistema Statistica 6.0 (Statsoft, Inc., 2009). Para avaliar o padrão de FMA em solos e gerar dendogramas representando as distâncias e padrões de bandas correspondentes ao gene 18s rDNA de FMA, as imagens obtidas nos géis foram analisadas e submetidas a análise de agrupamento no software BioNumerics versão 6.0 (Applied Maths, Inc., Austin, Texas, USA).

Resultados e Discussões

Dinâmica da matéria orgânica no solo

Os solos de todos os sistemas estudados são classificados como eutróficos, em função da elevada saturação de bases e teor de cátions trocáveis, porém com teores de P disponível “baixos” e P-remanescente “baixo” (EMBRAPA, 2006). Os solos apresentaram acidez fraca ou média, interpretadas como “boa” do ponto de vista agrônômico, e não indicaram problemas de toxidez por alumínio (Ribeiro et al. 1999). Os resultados gerais das análises químicas de solos, embora analisados sem considerar tipo de solo, clima, topografia, entre outros aspectos ambientais, indicam que os solos estudados não apresentam restrições severas quanto à fertilidade química e à nutrição de plantas, exceto para P (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas dos solos coletados em Tumiritinga e Aimorés.

Site	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	P _{rem}
	H ₂ O	mg dm ⁻³	101,	cmol _c dm ⁻³				-----%-----			mg L ⁻¹		
MN	5,9	2,0	0	2,9	2,0	0,0	4,6	5,2	5,2	9,8	52,3	0,5	39,7
PT	5,8	1,5	95,6	2,3	1,7	0,0	3,5	4,2	4,2	7,7	53,5	1,3	40,0
AT	6,2	1,2	88,2	3,1	2,0	0,0	3,6	5,4	5,4	9,0	59,1	0,0	39,3
AA	6,6	5,2	31,4	6,2	1,7	0,0	1,7	8,0	8,0	9,7	82,5	0,0	32,1
AM	6,6	6,6	86,2	6,0	2,0	0,0	2,3	8,3	8,3	10,5	76,3	0,0	32,9

Legenda: H+Al – Acidez potencial; SB – Soma de bases; t – Capacidade de troca de cátions efetiva; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7; V – Saturação por bases; m = $(Al^{3+}/Na^{+}+K^{+}+Ca^{2+}+Mg^{2+}+Al^{3+}) \times 100$.

O teor de carbono orgânico total (COT) foi influenciado pelos sistemas de uso do solo, sendo observados valores significativamente inferiores em AT e PT quando comparados a MN em Tumiritinga, e valores significativamente inferiores em AA quando comparado a AM em Aimorés (Tabela 3). O teor de COT apresentado em AA

pode ser interpretado como baixo, AM, AT e PT, médio, e bom em MN (Ribeiro et al. 1999).

O C presente na fração humina (C-FH) preponderou em COT para todos os sistemas estudados com variações entre 71% e 82% (Tabela 3). O sistema referência (MN) apresentou teores de FH e C-EA (FAF + FAH) superior a todos os sistemas avaliados (Tabela 3) em função de seu maior teor de COT, contudo, a proporção de distribuição das partições do C se mostrou similar entre os sistemas avaliados, à exceção de FAH, com teor significativamente inferior em AT.

Tabela 3. Compartimentos da matéria orgânica do solo nos sistemas Mata Nativa (MN), Pastagem (PT) e Aroeira monodominante (AT) estudados em Tumiritinga, MG e Aroeira monodominante (AA) e Aroeira manejada (AM) estudados em Aimorés, MG.

Site	COT	NT	FH	FAF	FAH	C/N	Argila	
	dag kg ⁻¹						-	-
MN	4,7 ^a	0,2220 ^a	3,5 ^a	0,5 ^a	0,7 ^a	21 ^a	38	
PT	2,8 ^b	0,1810 ^a	2,0 ^b	0,3 ^b	0,5 ^b	15 ^b	35	
AT	2,3 ^b	0,1822 ^a	1,9 ^b	0,2 ^b	0,2 ^c	13 ^c	55	
AA	1,7 ^c	0,1035 ^b	1,4 ^b	0,2 ^b	0,1 ^c	16 ^b	60	
AM	2,2 ^b	0,1508 ^c	1,6 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b	15 ^b	42	
Erro	%						-	-
MN	4	9	3	11	9	6	-	
PT	10	9	10	10	10	3	-	
AT	8	9	10	13	10	2	-	
AA	4	10	2	22	20	12	-	
AM	3	3	3	12	4	5	-	

MOS = Matéria Orgânica do solo; NT= Nitrogênio total; COT= Carbono orgânico total; FH= Fração Humina, FAF=Ácidos Fulvicos e FAH=Ácido Húmico; CN= relação C/N. Valores em colunas precedidos de letras diferentes, indicam diferença estatística entre os sistemas de uso pelo teste t a 95% de probabilidade.

O teor de nitrogênio total do solo (NT) não diferiu significativamente entre os sistemas analisados em Tumiritinga, porém foi influenciado pelos sistemas de uso do solo em Aimorés, sendo observados valores significativamente superiores em AM quando comparados a AA (Tabela 3). O maior teor de NT em AM está possivelmente relacionado à fixação biológica de N atmosférico por bactérias do gênero *Rhizobium* sp. associadas ao sistema radicular de *Acacia mangium* (Garay et al. 2003). Embora não significativo pelo teste Tuckey, o maior teor de NT no sistema referência (MN) se dá pelo fato deste também apresentar maior estoque de COT. Camargo et al. (1999) relatam que o maior estoque de COT implica em maior disponibilidade de NT, uma vez que mais de 95 % do NT do solo está presente na forma orgânica.

A relação C/N foi influenciada pelo uso do solo nos sistemas estudados em Tumiritinga e Aimorés (Tabela 3). De acordo com Santos (2007), a relação C/N da matéria orgânica em solos agrícolas, em geral, varia entre 9 e 14. Jordan (1985) apud Santos (2007) explica que, quanto mais baixa a relação C/N, maior será o processo de decomposição do material orgânico, sendo a razão C/N utilizada como indicador da decomposição da matéria orgânica no solo. Luca et al. (2008) observaram relações C/N semelhantes entre Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho Amarelo, variando nesses dois solos entre 12 e 18. Os autores consideram que a redução da relação C/N é condicionada pelo consumo de C por microrganismos do solo e que esse processo é indicativo da rápida degradação da MO no solo.

O conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS), expresso pelo carbono orgânico total (COT), é um parâmetro utilizado para discriminar o impacto dos sistemas de manejo sobre a qualidade do solo (Conceição et al., 2005). O teor e composição de COT podem variar em função da quantidade e qualidade de material aportado ao solo, da influência de fatores ambientais sobre a taxa de decomposição de MOS (Costa, 2005), e está diretamente relacionado às características químicas, físicas e biológicas do solo (Primavesi, 2002).

Sob vegetação nativa (MN) coexistem fatores responsáveis por condições favoráveis à formação e manutenção da matéria orgânica do solo (Santos, 2008). Além do acúmulo de serrapilheira na superfície, que contribui também na manutenção de níveis de umidade e temperatura favoráveis à microbiota do solo, a ausência de revolvimento do solo propicia o acúmulo de raízes, as quais aumentam a entrada de substratos carbonados no sistema, via exsudatos radiculares (Bopaiiah e Shetti, 1991). A interação dos fatores supracitados garantiu a MN (sistema referência) os maiores teores de COT registrados no estudo.

Pastagens bem manejadas podem garantir a manutenção de bons níveis de MOS no solo. O sistema radicular de gramíneas, quando abundante e volumoso, apresenta contínua renovação, fatores que propiciam maiores quantidades de matéria orgânica ao solo (Pillon et al. 2011). Rocha Junior et al. (2014), verificaram na região do presente estudo, teores de COT similares entre pastagens manejadas ($6,0 \text{ dag kg}^{-1}$) e florestas secundárias ($6,1 \text{ dag kg}^{-1}$), ao passo que um sistema silvipastoril apresentou teor de $6,9 \text{ dag kg}^{-1}$ de COT em camadas superficiais. PT apresentou sinais de degradação observados em campo, como compactação de solo e erosão laminar, que refletiram nos baixos teores de MOS encontrados neste sistema.

Dos sistemas estudados em Tumiritinga, AT foi o que apresentou o menor teor de COT (2,3 dag kg⁻¹). Em Aimorés, AA apresentou menor teor de COT (1,7 dag kg⁻¹) quando comparado a AM (2,2 dag kg⁻¹). A textura do solo tem influência direta nos estoques de C, sendo que solos argilosos podem proporcionar elevada estabilidade física da MOS independente do sistema de manejo utilizado. Contudo os teores de argila não podem ser utilizados para explicar as diferenças entre o conteúdo de MOS entre MN e AT (Tabela 3). Baixos teores de COT podem estar relacionados ao reduzido aporte de material orgânico, à rápida decomposição de material vegetal ou à remoção de MOS por processos erosivos (Garay et al. 2003).

As florestas monodominadas por *M. urundeuva* aqui analisadas correspondem a ecossistemas florestais, que embora perturbados, se autoregulam a aproximadamente 25 (AT) e 50 anos (AA). Em ecossistemas florestais se observa o aporte constante de material vegetal conforme observado por Vital et al. (2004). *M. urundeuva* é uma espécie caducifólia, e na região de estudo, lança todas suas folhas ao solo entre os meses de Março a Abril. Nestes sistemas chama também atenção a elevada biomassa radicular produzida por *M. urundeuva* e a ausência de revolvimento do solo, práticas que devem contribuir com maior acúmulo de MOS nestes sistemas.

Nos sistemas monodominados estudados observa-se predomínio hegemônico de *M. urundeuva* (Oliveira, 2011), e, conseqüentemente, a produção de serrapilheira pode ser atribuída em totalidade pela referida espécie. Utilizando como referência o estudo de Garrido (1981), que estimou a produção de serrapilheira em sistema silvipastoril com *M. urundeuva* em 4,8 Mg/ha/ano, e o fato da espécie em questão apresentar completa deciduidade, o baixo aporte de material orgânico não pode explicar os baixos teores de COT observados nestes solos, sugere, outrossim um caráter lábil da serrapilheira produzida pela espécie ou perda erosiva.

A decomposição da serrapilheira é regulada por diversos fatores, dentre eles a qualidade química do material aportado, que pode ser expressa pela relação C/N. Os teores de C e N observados em amostras de folhas de aroeira foram iguais a 54,3 dag/kg e 1,65 dag/kg respectivamente, valores semelhantes aos observados em serrapilheira de Mata de Tabuleiros e Floresta estacional primária (Kindel e Garay, 2001), e que favorecem o processo de decomposição. Contudo a baixa relação C/N encontrada em solos de AT aponta para processos de rápida decomposição de MOS neste sistema, inclusive de frações de maior resistência à decomposição biológica.

A estabilidade da matéria orgânica no solo pode ser avaliada por meio de substâncias húmicas devido a sua ação cimentante, que possibilita a formação de agregados estáveis no solo (Fontana, 2009). As relações C-FAH/C-FAF, C-EA/C-FH e FH/COT foram utilizadas por Ebeling et al. (2011) e Cannelas (2004) para verificar a estabilidade estrutural e o grau de humificação da MOS.

No presente estudo, os menores valores de C-FAH/C-FAF foram encontrados em AT (1,0) e AA (0,5) e podem indicar processos de lixiviação de compostos orgânicos mais solúveis (Ebeling et al., 2011). AT e AA apresentaram os menores valores para a relação C-EA/C-FH, 0,17 e 0,21 respectivamente, o que indica maior degradação das frações mais lábeis de MOS. Segundo Cannelas (2004), elevados valores de FH/COT podem indicar a deficiência no aporte de material orgânico no solo. Os maiores valores registrado no presente estudo correspondem aos sistemas AT e AA, corroborando que nestes sistemas os baixos teores de COT podem estar associados a processos de remoção da MOS mais solúvel ou da rápida decomposição de material orgânico com perda de C nestes sistemas.

Considerando os elevados teores da fração FH, que pode estar associada à resistência a degradação microbiana da MOS, (Cannelas, 2004), e a baixa relação C/N, que pode ser condicionada pelo consumo de C por microorganismos, os baixos teores de COT encontrados em solos sob sistemas monodominados por *M. urundeuva* devem estar associados à sua rápida decomposição por microorganismos associado à remoção de COT por processos erosivos.

CBM e NBM foram influenciados pelos sistemas de uso do solo, sendo observados valores significativamente inferiores em AT quando comparado a MN e PT em Tumiritinga e valores significativamente inferiores em AA quando comparado a AM em Aimorés (Tabela 4).

De maneira geral, observou-se que CBM e NBM tenderam a aumentar com a elevação dos valores do COT e NT do solo, indicando que a quantidade de material orgânico disponível no sistema é fator importante para as diferenças verificadas em CBM e NT. Em MN, onde se observou os maiores valores de COT e CBM, a maior densidade e diversidade de espécies vegetais, disponibilizou substratos orgânicos com composição variada na rizosfera, e favoreceu à sobrevivência e crescimento de diferentes grupos de microorganismos do solo.

Tabela 4. Carbono da Biomassa Microbiana, Coeficiente Microbiano, Respiração Microbiana e Coeficiente Metabólico nos sistemas Mata Nativa, Pastagem e Aroeira Monodominante estudados em Tumiritinga, MG.

Site	CBM	NBM	qCO_2	qMIC	RB
	-----mg kg ⁻¹ -----		(mg C-CO ₂ mg ⁻¹ CBM dia ⁻¹) 10 ⁻³	/	mg C kg ⁻¹ de solo
MN	525,1 ^a	31,8 ^a	3,04 ^a	1,11 ^a	1,60 ^a
PT	320,0 ^b	27,9 ^a	4,83 ^b	1,14 ^a	1,55 ^a
AT	248,7 ^c	8,7 ^b	5,07 ^b	0,92 ^a	1,26 ^b
AA	216,0 ^c	6,2 ^b	4,30 ^b	1,27 ^a	0,93 ^b
AM	340,4 ^b	20,0 ^a	3,31 ^a	1,55 ^b	1,13 ^c
----- / -----					
MN	13	24,1	3,3	14,4	2,7
PT	18	26,0	5,2	12,4	2,1
AT	20	10,6	6,0	17,0	3,5
AA	17	4,1	3,0	17,3	1,9
AM	13	6,8	3,0	13,6	2,2

CBM= Carbono da biomassa microbiana; NBM= nitrogênio da biomassa microbiana; qCO_2 = quociente metabólico qMIC= quociente microbiano; RB= respiração microbiana.

McGuire (2008) observaram menor biomassa microbiana em florestas monodominadas por *Dycimbia corymbosa* quando comparada a florestas mistas adjacentes. Reduções na biomassa microbiana de solos sob uso agrícola em relação à vegetação nativa foi observada por Matsuoka et al. (2003), e, segundo os autores, CBM é mais indicado que COT para prever a resposta do sistema edáfico às intervenções antrópicas, visto seu potencial como indicador sensível para detectar modificações no solo antes mesmo que os teores de MOS sejam alterados significativamente.

A respiração basal (RB), o quociente microbiano (qMIC), e o quociente metabólico (qCO_2) são amplamente empregados como indicadores de mudanças no solo decorrentes de mudança do uso da terra (Anderson, 1993 Monteiro e Gama-Rodrigues, 2004). O quociente metabólico (qCO_2) variou de forma significativa nos solos de AT e PT em relação aos solos de MN estudados em Tumiritinga, e entre AA e AM em solos estudados em Aimorés. Os maiores valores de qCO_2 foram observados em sistemas monodominados e podem indicar áreas instáveis ou sob estresse, onde ocorrem maiores perdas de C por unidade de CBM pelo processo respiratório.

AA diferiu de AM quanto aos valores de qMIC em solos estudados em Aimorés com maiores valores registrados em AM. Embora não tenha sido observada diferenças significativas pelo teste Tuckey nos valores de qMIC para os solos estudados em Tumiritinga, valores inferiores a 1%, como observado em AT, podem significar algum fator limitante à atividade microbiana. Baixos valores de qMIC, considerado normal

entre 1% a 4% em solos tropicais, pode refletir baixa utilização de COT pela microbiota do solo ou má qualidade de MOS aportada.

De forma geral, os resultados observados no presente trabalho indicaram que o detrimento da qualidade e quantidade da MOS, diminui a atividade da biomassa microbiana do solo, principal responsável pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do sistema (Dalal, 1998) conferindo maior instabilidade do solo nos sistemas com monodominância de *M. urundeuva* observadas através de menores valores de CBM e NBM e maiores valores de qCO_2 .

A Figura 2 apresenta a evolução de $C-CO_2$ nos solos estudados em 30 dias de incubação. O $C-CO_2$ emanado do solo por meio da RB indica a intensidade com que os processos bioquímicos acontecem no ecossistema. Elevadas taxas de liberação de $C-CO_2$ no solo pode indicar condições favoráveis.

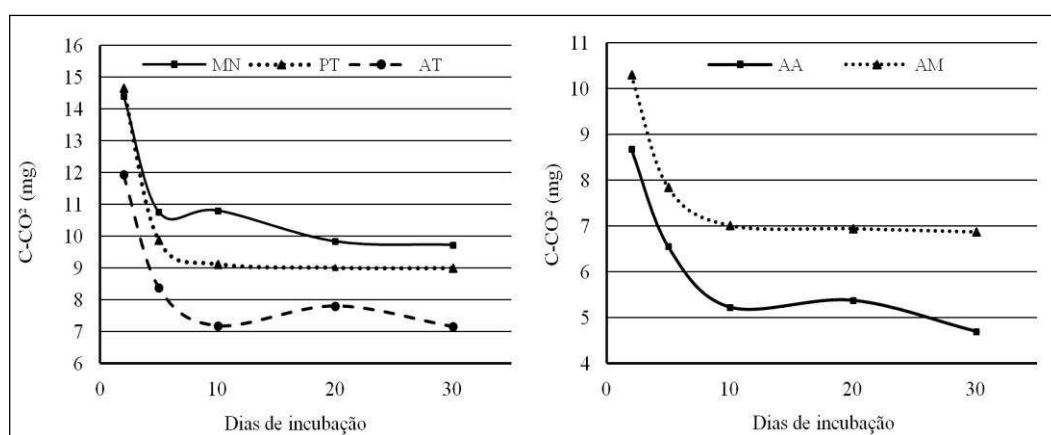


Figura 2. Evolução de CO_2 para diferentes usos do solo em Tumiritinga e Aimorés ao longo de 30 dias.

O crescente e contínuo aporte de resíduos vegetais ao solo de MN, com consequente acúmulo de matéria orgânica no solo, resultou em maior atividade microbiana, estimada a partir da liberação de $C-CO_2$, quando comparado aos sistemas PT e AT em Tumiritinga assim como em AM em relação a AA em Aimorés.

O decréscimo nas taxas de respiração em especial de AT e AA pode ser explicado pelo decréscimo da atividade microbiana frente à escassez de frações mais lábeis da MOS observadas nestes sistemas, restando para a decomposição microbiana um material recalcitrante. Assim, de modo geral, as curvas que relacionam a produção acumulada de $C-CO_2$ de acordo com o tempo de incubação do solo permitem a visualização de dois estádios distintos (0-10 dias e 10-30 dias). O primeiro estágio

indica a utilização da porção lábil do COT pelos microrganismos, representado pelo primeiro declínio das taxas de emissão de CO₂. O segundo, representado por um novo aumento na emissão de CO₂ na curva, pode indicar a utilização do C de menor labilidade, assim como observaram Xavier et al. (2006).

Comunidades sob condições desfavoráveis tendem a apresentar menores taxas de emissão de CO₂ em função de maior gasto energético (Baretta et al, 2005). Observou-se maior respiração microbiana nos sistemas MN e PT quando comparados ao sistema AT em Tumiritinga, e maior respiração microbiana no sistema AM quando comparada a AA em Aimorés desde o início da incubação até seu esgotamento, indicando menor atividade e/ou biomassa de microrganismos em sistemas com monodominância de *M. urundeuva*.

Fungos micorrízicos arbusculares

A Figura 3 apresenta o número de esporos contabilizados em amostras de solos dos sistemas MN, PT e AT em Tumiritinga, MG. Foram observadas diferenças significativas entre o número médio de esporos fúngicos contabilizados entre todos os sistemas estudados pelo teste Tuckey a 95% de probabilidade.

A identificação dos esporos por microscopia permitiu identificar diferentes gêneros/espécies nos sistemas estudados. Em MN foram identificadas seis espécies: três referentes ao gênero *Glomus* sp.; *Acaulospora mellea*; *Acaulospora scrobiculata* (Fungos de maior plasticidade em ambiente terrestres, ocorrendo desde desertos a geleiras) e *Acaulospora mendocae*. Em PT foram identificados 2 espécies de *Glomus* sp. e *Acaulospora cavernata*. Em AT foram identificadas duas diferentes espécies do gênero *Glomus* sp. e *Acaulospora excavata*.

A avaliação da diversidade de FMAs indicou a dominância da família Glomeraceae, representada pelo gênero *Glomus* sp. O elevado número de espécies do gênero *Glomus* em todas as áreas de estudo pode ser explicada pela capacidade adaptativa deste gênero a variações de temperatura, pH e condições de estresse no solo (Moreira et al. 2015).

A maior diversidade e densidade de esporos em MN pode ser explicada pelo maior teor de matéria orgânica, à maior diversidade de plantas e à maior cobertura de dossel encontrada neste sistema (Silverding 1991). Aspectos como revolvimento do solo e altos níveis calagem interferem nos FMAs, sendo observadas reduções

significativas na densidade de esporos em função das referidas práticas (Miranda e Miranda 2004; Sieverding, 1991). Tal situação pode estar ocorrendo em PT que corresponde ao sistema que recebe maior intensidade de intervenções antrópicas, contudo, Shouchie et al. (2006) observaram que comunidades de FMA em áreas com rápida sucessão, como pastagens, apresentam maior potencial de inóculo de FMA que florestas secundárias.

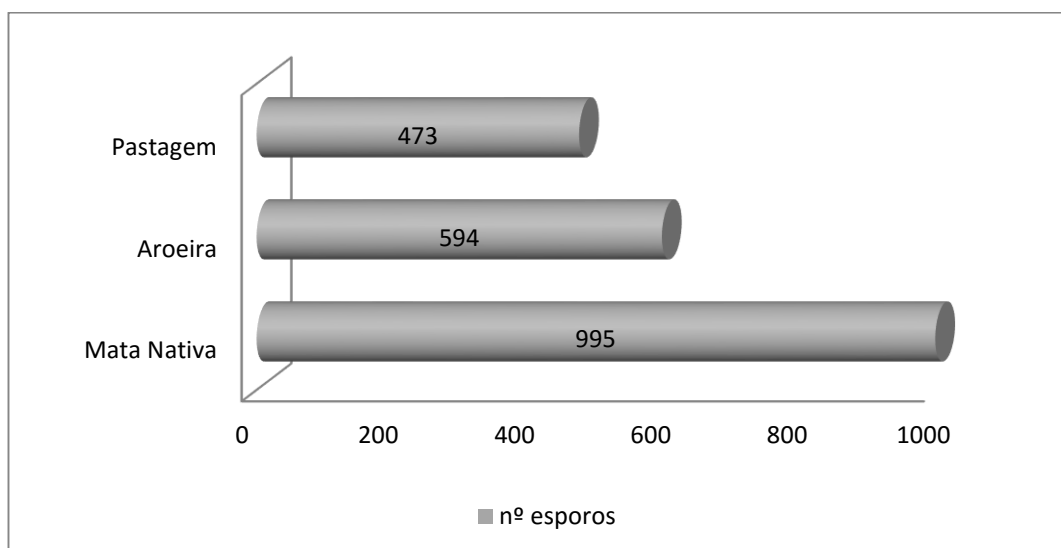


Figura 3. Número de esporos contabilizados em amostras de solos dos sistemas Mata Nativa, Aroeira Monodominante e Pastagem em Tumiritinga, MG,

Em algumas situações a esporulação fúngica no solo é potencializada em situações de estresse. Este fato já foi observado em plântulas de *M. urundeuva* inoculadas em laboratório, onde a espécie apresentou incremento na formação de esporos intraradiculares ao serem aplicados tratamentos de déficit hídrico (Amorim et al., 2004 e Silva, 2013). Este mecanismo pode estar associado ao fato de que mesmo com os menores teores de MOS, tenha sido observado maior esporulação em AT quando comparado a PT.

A figura 4 apresenta estruturas morfológicas de fungos micorrízicos arbusculares associados a raízes de *M. urundeuva* em AT, identificados por microscopia ótica. A imagem A apresenta hifas contendo vesículas (vs) e hifas enveladas (hi) em aumento de 40 vezes. A imagem B indica a colonização micorrízica intracelular tipo Paris. A imagem C apresenta a colonização por hifas e esclerócios (Es), e a imagem D indica novamente a colonização micorrízica tipo Paris onde hifas mais grossas envelam-se intracelularmente.

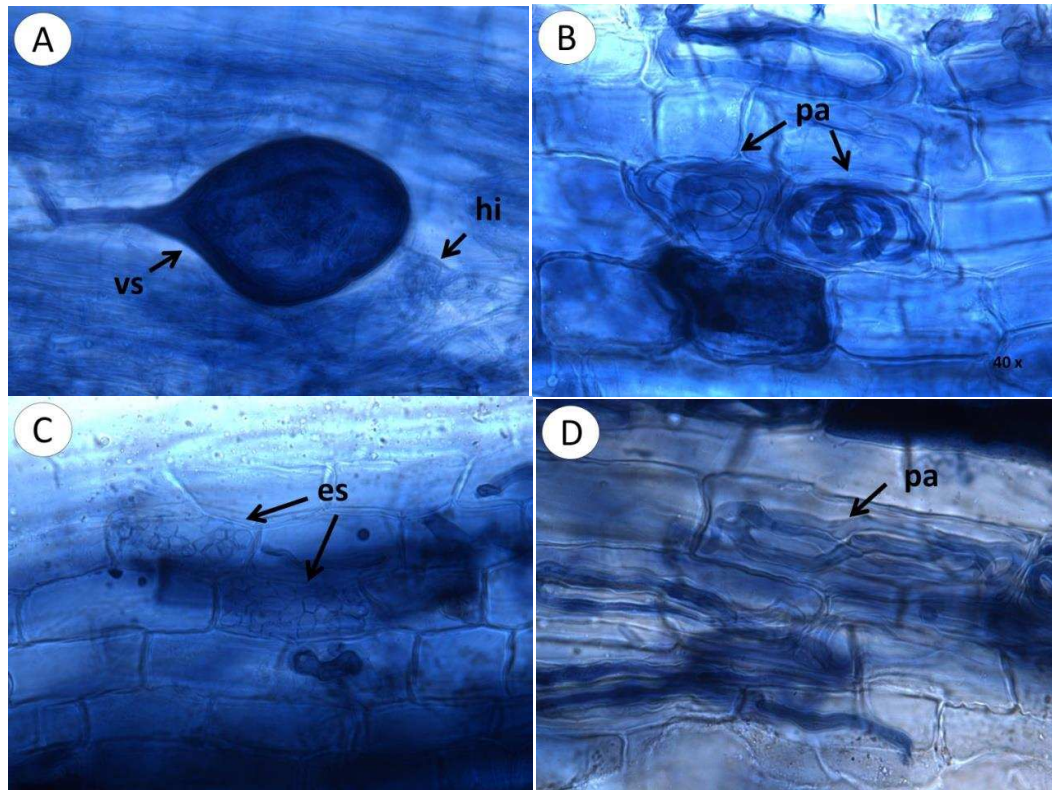


Figura 4. Estruturas morfológicas de fungos micorrízicos arbusculares associados a raízes de *Myracrodruon urundeuva* (Fr. All.).

A extração de DNA do solo e a utilização de marcadores de FMA foram executadas com sucesso assim como observado por Moreira et al. (2015). A amplificação do DNA obtida por nested-PCR criou perfis característicos observados em diferentes bandas no gel DGGE. Análise de agrupamento dos géis DGGE foram realizadas a partir das distâncias euclidianas com ligações pelo algoritmo de Ward utilizando o software BioNumerics.

Os dendrogramas de agrupamento revelaram a existência de especificidade genética entre os fungos micorrízicos amostrados nos sistemas MN, PT e AT (Figuras 5 e 6). Observou-se que as repetições M2, M3, M4 e M5, assim como P2, P3, P4 e P5 formaram grupos individualizados com alto grau de discriminação entre os demais. Para os solos sob AT, A1, A3 e A5 formam um grupo de alta afinidade, sendo que as amostras M1 e P1 formam um grupo com A2 e A4. Importante resaltar que as amostras M1 e P1 foram coletadas em zona de transição entre seu respectivo sistema e o sistema AT, podendo existir nestas amostras uma zona de contato entre as comunidades microbiológicas.

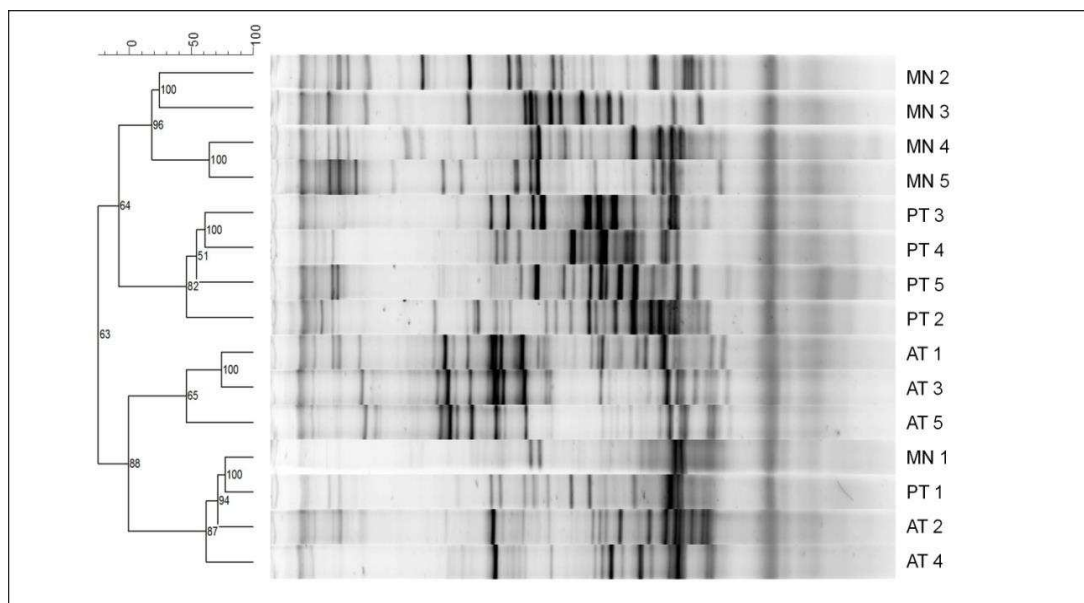


Figura 5. Perfil do gel DGGE de fragmentos FMA 18s rDNA de solo de Tumiritinga, MG, e dendograma de agrupamento de bandas pelo método Ward. Amostras referentes a: Mata nativa (MN); Pastagem (PT) e Myracrodruon urundeuva monodominante (AT). Números seguidos de usos referem-se a repetições de amostras compostas de solos.

Não foram encontrados na literatura estudos que registrassem a ocorrência de associações micorrízicas com *Myracrodruon urundeuva* em ecossistemas naturais ou monodominados. Alguns autores têm postulado que interações entre fungos micorrízicos com espécies florestais favorece a ocorrência da monodominância (Connell & Lowman, 1989; Nascimento, 1995; Torti e Coley, 1999; McGuire et al. 2008). Siddiqui et al. (2008) apresenta estudos onde é demonstrado que FMA's atenuam o efeito de estresse em solo sob o crescimento de plantas e que FMA pode atuar como bioprotetor ao ataque de patógenos. Os autores destacam o papel de FMA's na restauração de ecossistemas naturais e demonstram a importância de micorrizas em ecossistemas florestais.

McGuire et al. (2008) demonstram que associações de *Dycimbia corymbosa* com FMA's são responsáveis pela monodominância da espécie em ecossistemas tropicais. Nestes sistemas, plântulas de *D. corymbosa* tiveram 50% maior taxa de germinação e 70% maior sobrevivência em floresta dominante quando comparada a floresta mista. Os autores observaram colonização de FMA's em 100% de plântulas de *D. corymbosa* em floresta monodominada enquanto que em floresta mista a colonização foi de 14%. Neste estudo os autores também constataram através da

técnica de DGGE diferenças na estrutura de comunidades de FMA's entre florestas monodominadas e florestas mistas.

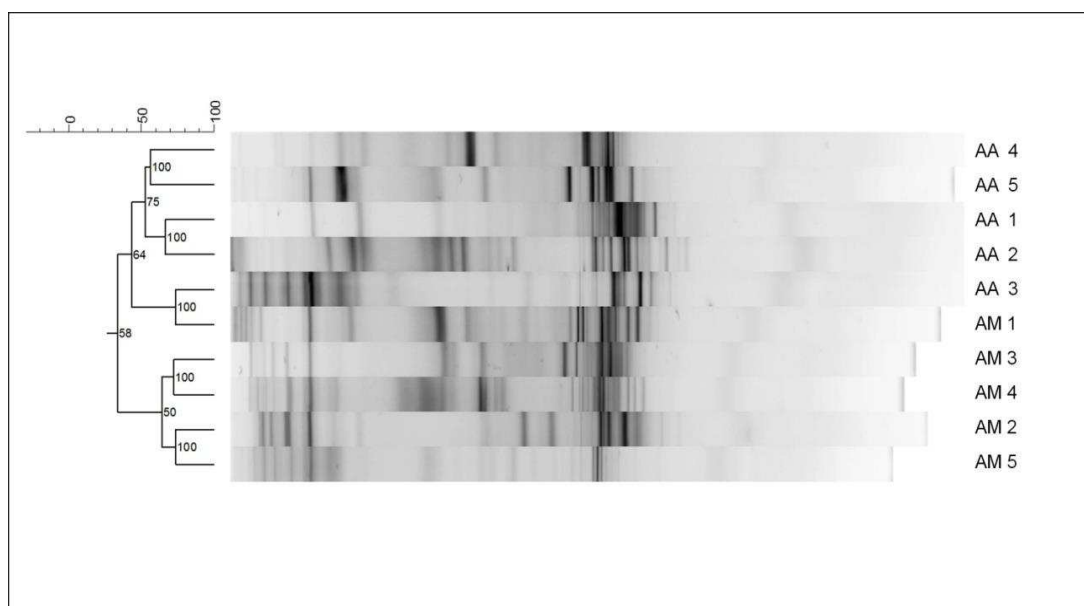


Figura 6. Perfil do gel DGGE de fragmentos FMA 18s rDNA de solo de Aimorés, MG, e dendrograma de agrupamento de bandas pelo método Ward. Amostras referentes a: *Myracrodruon urundeuva* monodominante (AA) e Monodominância manejada (AM). Números seguidos de usos referem-se a repetições de amostras compostas de solos.

Em florestas monodominadas por *D. coriisya* foi também observada influência de associações micorrízicas na ciclagem de nutrientes. Foi observado maior acúmulo de serrapilheira em florestas monodominadas quando comparado ao acúmulo de serrapilheira em florestas mistas, porém com composição bioquímica da serrapilheira semelhante. O acúmulo foi associado à lenta decomposição da serrapilheira mediada por FMA's e não à alta produção de fitomassa. Os fenômenos observados levaram os autores a concluir que vantagens foram conferidas a *D. corymbosa* por associações FMA's, fenômeno este que ajudam a explicar a monodominância da espécie.

Mecanismo análogo pode ocorrer na monodominância de *M. urundeuva*, porém, nestes sistemas, a alta taxa de decomposição, ao invés de baixa produção de serrapilheira, pode explicar os baixos teores de COT em florestas monodominadas. Melquisedec et al. (2013) observaram que a simbiose entre *Myracrodruon urundeuva* e o FMA *Acaulospora longula* promove alterações no metabolismo primário e secundário vegetal, resultando em fitomassa com composição bioquímica diferenciada. A alteração na composição bioquímica da serrapilheira pode alterar as relações com os microrganismos do solo, inclusive pela produção de metabólitos

secundários com potencial alelopático, porém a confirmação destas hipóteses demanda a condução de pesquisas complementares.

Conclusões

Foram observadas reduções nos teores de matéria orgânica do solo e nitrogênio total do solo, bem como alterações nos compartimentos de carbono da matéria orgânica em solos com monodominância de *M. urundeuva* em comparação com solos sob usos adjacentes. A degradação do carbono orgânico do solo pode estar associada a processos de remoção de frações lábeis da matéria orgânica por lixiviação e decomposição da matéria orgânica por microorganismos.

Os bioindicadores de qualidade de solos avaliados indicam condições de distúrbio ou estresse em solos sob monodominância de *M. urundeuva*. Os indicadores refletem baixa utilização do COT pela microbiota do solo ou má qualidade de MOS aportada. O aporte sazonal e homogêneo de serrapilheira pode simplificar a composição da matéria orgânica do solo bem como a diversidade e atividade de microorganismos do solo.

Nos sistemas avaliados em Aimorés observa-se que a redução da dominância de *M. urundeuva* por manejo florestal favoreceu o acúmulo de MOS no solo. O aporte de biomassa aérea de *Acacia mangium* e a fixação de N atmosférico pode ter contribuído ao acúmulo de MOS e conseqüentemente à diversificação dos parâmetros microbiológicos do solo.

O presente estudo constatou através de técnicas de biologia molecular e convencionais a associação de fungos micorrízicos arbusculares na rizosfera de *M. urundeuva* em monodominância e indica que a monodominância altera a composição, diversidade e densidade de FMA's nos solos.

Referências Bibliográficas

ALVAREZ, V.H.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. **Determinação de fósforo remanescente**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 10p. 1993.

AMORIM, S.M.C.; PAIM, A.C.B.; SILVA, M.G. Efeito do déficit hídrico sobre a colonização endomicorrízica em duas espécies vegetais típicas da região semi-árida do nordeste. **Revista de Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**. v.33, p.23-26, 2004.

- ANDERSON, I.C. e CAIRNEY, J.W.G. Diversity and ecology of soil fungal communities: Increased understanding through the application of molecular techniques. **Environmental Microbiology**. v.6, p.769-779, 2004.
- ANDERSON, J. P. E; DOMSCH, K. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 10, p. 215-221, 1978.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, p.393-395, 1993.
- ARAUJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**. v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- BARUQUI, F. M. **Inter-relações solo-pastagem nas regiões da Zona da Mata e Rio Doce do estado de Minas Gerais**. 1982. 119f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1982.
- BOPAIAH, B.M.; SHETTI, H. S. Soil microflora and biological activities in the rhizospheres and root regions of coconut-based multistoreyed cropping and coconut monocropping systems. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 17, p. 297-302, 1991.
- BREMNER, J.M. e MULVANEY, C.S. Total nitrogen. In: PAGE, A.L., (ed) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 595-624.
- BRYLA, D.R. e DUNIWAY, J.M. Effects of mycorrhizal infection on drought tolerance and recovery in safflower and wheat. **Plant and Soil** n.197, p.95–103, 1997.
- CAMARGO, F.A.C.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. & VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., (eds) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.117-137.
- CANELLAS, L.P., ESPINDOLA, J.A.A.; REZENDE, C.E.; CAMARGO, P.B.; ZANDONADI, D.B.; RUMJANEK, V.M.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. BRAZ FILHO, R. Organic matter quality in a soil cultivated wit perennial herbaceous legumes. **Scientia Agricola**, n.61, p.53-61, 2004.
- CARDOSO, I.M.; MEER, P.V.; OENEMA, O.; JANSSEN, B.H.; KUYPER, T.W. Analysis of phosphorus by ³¹P NMR in Oxisols under agroforestry and conventional coffee systems in Brazil. **Geoderma**. v.112, p. 51-70, 2003.
- CAVALCANTE, U.M.T.; MAIA, L.C.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, V.F.; Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo inoculadas com fungos micorrizicos arbusculares e submetidas ao estresse hídrico. **Acta Botânica Brasileira**. v.15, p. 379-390, 2001.

CAVALCANTE, U.M.T.; GOTO, B.T.; MAIA, L.C. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 5, p.180-208, 2009.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente RESOLUÇÃO No 388, DE 23 DE FEVEREIRO DE 2007. **Dispõe sobre a convalidação das Resoluções que definem a vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica**. 2007.

CONCEIÇÃO, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.777-788, 2005.

CONNELL, J. H.; LOWMAN, M. D. Low-diversity tropical rain forests: some possible mechanisms for their existence. **The American Naturalist**. n.134, p.88-119, 1989.

CONWAY, D. A. Comparison of soil parameters in monodominant and mixed forests in the Ituri Forest Reserves, Zaire. **Tropical Environmental Science**. Honours Project, Aberdeen: University of Aberdeen, 1992.

CORNEJO, P.; AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J.M.; FERROL, N. Temporal Temperature Gradient Gel Electrophoresis (TTGE) as a tool for the characterization of arbuscular mycorrhizal fungi. **FEMS Microbiol. Lett.** n.241, p. 265-270, 2004.

CORREIA, C.R.M.A.; REATTO, A.; MARTINS, E.S.; SILVA, E.M.; CALDAS, L.S.; FAGG, J.F. **Micorriza arbuscular: um bioindicador da fertilidade dos solos e da distribuição de árvores no bioma Cerrado**. Brasília: Embrapa Cerrados. 28p. 2004.

COSTA, O. V. **Estoque de carbono e indicadores de qualidade de solo de tabuleiro sob pastagem no sul da Bahia**. 2005. 64 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

CURL, E.A. e RODRIGUEZ-KABANA, R. Microbial interactions. In: WILKINSON, R.E. (Ed) **Research methods in weed science**. Atlanta, Southern Weed Science Society, 1972. p. 162-194.

DALAL, R.C. Soil microbial biomass - What do the numbers really mean? **Australian Journal Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 38, p. 649-665, 1998.

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; PINHEIRO, E.F.M.; VALLADARES, G. S. Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos. **Bragantia**. v. 70, n. 1, p.157-165, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas em Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Manual de métodos de análise de solo. 212p. Rio de Janeiro, 1997.

FAVERO, C. **Uso e degradação dos solos na microregião de Governador Valadares, Minas Gerais.** 2001. 68 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

FONTANA, A. **Fracionamento da matéria orgânica e caracterização dos ácidos húmicos e sua utilização no sistema brasileiro de classificação de solos.** 2010. Tese (Doutorado em Agronomia) – Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2009.

FONTANA, A. et al. Índices de agregação e a relação com as substâncias húmicas em Latossolos e Argissolos de tabuleiros costeiros, Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias.** v.5, p.291-297, 2010.

GARAY, I.; KINDEL, A.; CARNEIRO, R.;FRANCO, A.A.; BARROS, E.; ABBADIE, L. Comparação da matéria orgânica do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** n.27, p.705-712, 2003.

GARRIDO, A. O. **Caracteres silviculturais e conteúdo de nutrientes no folheto de alguns povoamentos puros e misto de espécies nativas.** 1981. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1981.

GERDEMAN, J.W.; NICHOLSON, T.H.; Spores of mycorrhizal endogene extracted from soil by wet sieving and decanting. **T. Brit. Mycol. Soc.** n.46, p. 235-244,1963.

GROVE, S.; HAUBENSAK, K.A.; PARKER, I.M. Direct and indirect effects of allelopathy in the soil legacy of an exotic plant invasion, **Plant Ecology** n. 213 v. 12 p. 1869-1882, 2012.

HART, T. B.; HART, J. A.; e MURPHY, P. G. Monodominant and species-rich forests of the humid tropics: causes for their co-occurrence. **The American Naturalist**, n.133, v.5, p. 613-633, 1989.

HENKEL, T. W. Monodominance in the ectomycorrhizal *Dicymbe corymbosa* (Caesalpiniaceae) from Guyana. **Journal of Tropical Ecology** n.19, p.417–437, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico.** Brasil, 2006.

IGAM. Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Disponível em <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/155?task=view>>. Acesso em: 19 de Junho 2015.

INVAM (2010). International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Disponível em: <http://invam.caf.wvu.edu/>. Acesso em 10 Setembro 2013.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology Fertility of Soils**. v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Ed.). **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, p. 415-471. 1981.

JENKINSON, D.S., Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: Wilson, J.R. (Ed.), **Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems**. CAB International, Wallingford; New York, pp. 368–386. 1998.

KINDEL, A. e GARAY, I. Caracterização de ecossistemas da Floresta Atlântica de Tabuleiros por meio das formas de húmus. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.25 p.551-563, 2001.

KOWALCHUK, G.A.; SOUZA, F.A.; VAN VEEN, J.A. Community analysis of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Ammophila arenaria* in Dutch coastal sand dunes. **Molecular Ecology**. n.11, p.571-581, 2002.

LIANG, Z.; DRIJBER, R.A.; LEE, D.J.; DWIEKAT, I.M.; HARRIS, S.D., WEDIN, D.A. A DGGE-cloning method to characterize arbuscular mycorrhizal community structure in soil. **Soil Biol. Biochem.** n.40, p.956-966, 2008.

LUCA, E. F.; Feller, C.; CERRI, C. C.; CHAPLOT, B. V. B.; CAMPOS, D. C. E.; MANECHINI, C. Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **R. Bras. Ci. Solo**. n. 32, p.789-800, 2008.

MAIA, L.C.; SILVEIRA, N.S.S.; CAVALCANTE, U.M.T. Interaction between arbuscular fungi and root pathogens, In: RAI, M.K. **Handbook of Microbial Biofertilizers**. New York: Haworth Press. p. 325–351, 2005.

MARIMON, B.S., FELFILI, J.M. Distribuição de diâmetros e alturas na floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. na Reserva Indígena Areões, Água Boa-MT, Brasil. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p.143-150, 2000.

MARTIJENA, N.E. Soil properties and seedling establishment in soils from monodominant and high-diversity stands of the tropical deciduous forests of Mexico, **Journal of Biogeography** n.25, p.707–719 1998.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.27, p. 425-433, 2003.

MC GUIRE, K. L.; HENKEL, T. W.; CERDA, I. G. VILLA, G.; EDMUND, F.; ANDREW, C. Dual mycorrhizal colonization of forest-dominating tropical trees and

the mycorrhizal status of non-dominant tree and liana species. **Mycorrhiza** n.18, p.217–222, 2008.

MELQUISEDEC, S. O.; CAMPOS, M. A. S.; ALBUQUERQUE, U. P.; SILVA, F. S. B. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) affects biomolecules content in Myracrodruon urundeuva seedlings. **Industrial Crops and Products**. n.50, p. 244–247, 2013.

MONTEIRO, M.T. e GAMA-RODRIGUES, E.F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n.28, p.819-826, 2004.

MOREIRA SOUZA, M.; CARDOSO, E. J. B. N. Dependência micorrízica de Araucaria angustifolia (Bert.) O. KTZE. sob doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 26, n.4, p. 905-912, 2002.

MOREIRA, B.C.; RODRIGUES, A.L.; OLIVEIRA, S. F.; MIGUEL, P.S.B.; BAZZOLLI, D.M.S.; STÜRMER, S.L.; KASUYA, M.C.M. Arbuscular mycorrhizal fungi in the Jatropha curcas rhizosphere. **African Journal of Microbiology Research**. v.9, n.15, p. 1060-1074, 2015.

MUYZER, G.; SMALLA, K. **Application of denaturing gel electrophoresis (DGGE) and temperature gradient gel electrophoresis (TGGE) in microbial ecology**. Antonie van Leeuwenhoek. v.73, p.127-141, 1998.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, A.G (ed) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p. 1-25. 2008.

MIRANDA, J.C.C. e MIRANDA, L.N. **Dependência Micorrízica de Diferentes Culturas Anuais, Adubos Verdes e Pastagens em Solos de Cerrado**. EMBRAPA-CAPAC. Comunicado Técnico,144, 2004.

NASCIMENTO, M. T.; PROCTOR, J. Population dynamics of five tree species in a monodominant Peltogyne forest and two other forest types on Maracá Island, Roraima, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.94, n.9. p.115-128, 1997.

OLIVEIRA, F. P. **Monodominância de aroeira: fitossociologia, relações pedológicas e distribuição espacial em Tumiritinga, MG**. 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

OLIVEIRA, F. P.; FERNANDES FILHO, E. I.; SOARES, V. P.; SOUZA, A. L. Mapeamento de fragmentos florestais com monodominância de aroeira a partir da classificação supervisionada de imagens Rapideye. **Revista Árvore**. v.37, n.1, p.151-161, 2013.

PEH, K. S. H.; LEWIS, S. L.; LLOYD, J. Mechanisms of monodominance in diverse tropical tree-dominated systems. **Journal of Ecology**. n.99, p. 891-898, 2011.

PILLON, C.N.; SANTOS, D.C.; LIMA, C.L.R.; ANTUNES, L.O. Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa. **Ciência Rural**. v.41, n.3, p.447-453, 2011.

POZO, M. e AZCÓN-AGUILAR, C. Unraveling mycorrhiza-induced resistance. **Curr. Opin. Plant. Biol.** n.10, p.393-398, 2007.

PRIMAVESI, A. M. **Manejo Ecológico do Solo: A Agricultura em Regiões tropicais** São Paulo: Nobel, 549p. 2002.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1609-1623, 2007.

REDECKER, D.; SCHÜBLER, A.; STOCKINGER, H.; STÜRMER, S.L.; MORTON, J.B.; WALKER, C. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**. n.23, p.515-531, 2013.

REIS JUNIOR, F. B. e MENDES, I. C. **Biomassa Microbiana do Solo**. Planaltina: Embrapa Cerrados. 40p. 2007.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Editores) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5 aproximação. Viçosa: UFV, 1999.

ROCHA JUNIOR, P.R.; SOARES, M.L.; RIBEIRO, I.G.; COSTA, A.S.V.; DONAGEMMA, G.K.; MENDONÇA, E.S. Soil carbon stock in silvopastoral system, pasture and sugarcane culture. **Idesia** v.32 n.1, p.35-44, 2014.

SANTOS, E. **Carbono, nitrogênio e relação C/N em Gleissolo e Cambissolo sob diferentes tipologias vegetais na área de ocorrência da floresta ombrófila densa, Antonina, PR.** (2007). Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) 104f. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007.

SANTOS, G.A. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. São Paulo: Metrópole. 636f. 2008.

SIDDIQUI, Z.A.; AKHTAR, M.S.; FUTAI, K. (Edits) **Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry**. Springer: Netherlands, 362p, 2008.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 371p. 1991

SILVA, J. L. **Crescimento de mudas de Myracrodruon urundeuva Allemão (aroeira) e Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan (angico-vermelho) submetidas a fertilização fosfatada e inoculação com fungo micorrízico arbuscular**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. 75p. 2013.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. **Matéria Orgânica do Solo**, In: Fertilidade do Solo, Viçosa: SBCS, 2007, cap, VI, p. 276-357. 2007.

SIMON, L.; LALONDE, M.; BRUNS, T.D. Specific amplification of 18S fungal ribosomal genes from vesicular-arbuscular endomycorrhizal fungi colonizing roots. **App. Environ. Microbiol.** n.58, p. 291-295, 1992.

STATSOFT, INC. Statistica for Windows (Computer program manual). Statsoft, Tulsa, 2009.

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C.A. (ed) **Methods of soil analysis**. American Society of Agronomy. Madison, 1965. P.1550-1572.

SOUCHIE, E. L.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. 2006. Communities of P-solubilizing bacteria, fungi and arbuscular mycorrhizal fungi in grass pasture and secondary forest of Paraty, RJ - Brazil. **Anais da Academia Brasileira Ciências**. n.78, v.1, p.183-193, 2006.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L. (ed) **Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods**. Soil Science Society American Book Series: 5. Soil Science Society American Madison, 1996. P. 1018-1020.

VALENTE, E. L. **Caracterização da intensidade de degradação do solo e da cobertura vegetal de uma área no médio Rio Doce, utilizando imagens IKONOS II**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J., **Análise de solo, planta e outros materiais**. Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p.

TORTI, S.D.; COLEY, P.D. Tropical monodominance: a preliminary test of the ectomycorrhizal hypothesis. **Biotropica**. n.31, v.2, p. 220-228, 1999.

TORTI, S. D.; COREY, P. D.; KURSAR, T. A. Causes and consequences of monodominance in tropical lowland forests. **American Naturalist** n.157, p. 141–153, 2001.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária **Revista Árvore**. v.28, n.6, p.793-800, 2004.

XAVIER, F.A.S., MAIA, S.M.F., OLIVEIRA, T. S., MENDONÇA E.S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da Ibiapaba – CE. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.30, p.247-258, 2006.

Artigo 3

Dinâmica da água em solos de uma floresta monodominada por *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.

Resumo: As florestas tropicais representam área focal da biodiversidade mundial, contudo, a dominância interespecífica de espécies foi observada por pesquisadores em diversas florestas tropicais. Entre elas, *Myracrodruon urundeuva*, registra uma das mais elevadas monodominâncias registradas na literatura. A relação-solo planta é muitas vezes avaliada em sistemas florestais mono-específicos e utilizada para explicar a manifestação monodominante de espécies. Neste contexto, a dinâmica da água no solo é fator importante na definição dos tipos de vegetação local, sendo a técnica TDR utilizada e recomendada para monitoramento *in situ* do conteúdo de umidade em solos e estudos sobre as relações solo-planta. No presente trabalho, sistemas dataloggers acoplados a sensores de umidade e temperatura de solo foram instalados em fase de transição de solos sob monodominância de *M. urundeuva* e de solos sob regeneração de floresta estacional semidecidual manejada, com o objetivo de monitorar a dinâmica físico-hídrica nestes sistemas. Para o cálculo do conteúdo volumétrico de água no solo foram ajustadas equações de calibração para os solos em estudo. Os conteúdos médios de umidade volumétrica obtidos com a equação do fabricante diferiram significativamente dos estimados com as equações ajustadas em laboratório. As médias de conteúdo de umidade volumétrica diferiram entre AM e RF em todas as camadas avaliadas, sendo observado sempre volumes inferior em AM. O baixo conteúdo de água em AM parece estar relacionado ao elevado escoamento superficial, baixa retenção de umidade e elevadas temperaturas em camadas superficiais. Mecanismos de tolerância ao estresse hídrico podem proporcionar vantagens adaptativas à *M. urundeuva* frente a outras espécies, favorecendo seu comportamento monodominante.

Palavras chave: Reflectometria no domínio do tempo (TDR); estresse hídrico; monodominância; *Myracrodruon urundeuva*.

Introdução

As florestas tropicais são o epicentro da diversidade de árvores (Mcguire et al., 2007), contudo, fragmentos florestais dominados por uma única espécie foram descritos por pesquisadores em florestas tropicais ao redor do mundo (Torti et al., 2001; Marimon et al., 2005; Peh, 2011). Quando uma espécie alcança dominância relativa superior a 60% da composição de uma floresta tropical mista ela pode ser denominada monodominante (Hart et al., 1989; Connel, 1984).

A espécie florestal *Myracrodruon urundeuva*, pertence à família Anacardiaceae, é encontrada em diferentes fitofisionomias brasileiras, como Floresta Estacional Decidual (Silva e Scariot, 2004; Felfili et al., 2007; Meguro et al., 2007), Floresta Estacional Semidecidual (Felfili et al., 2007; Siqueira e Schiavini, 2007), e

também nos biomas Cerrado e Pantanal (Carvalho, 2003; Salis e Crispim, 2006). A abundância da espécie é variável entre regiões, e, ocasionalmente, forma populações monodominantes (Oliveira et al., 2013). Quando em monodominância, *M. urundeuva* pode ocupar a toposequência de determinados sítios, sendo o fenômeno, aparentemente, mais associado ao uso e manejo dado ao sistema do que às classes de solo ali presentes (Valente, 2005).

Oliveira et al. (2013) estudaram fragmentos florestais monodominados por *M. urundeuva* no município de Tumiritinga, MG e observaram que a espécie representou 96% das espécies florestais inventariadas e apresentou dominância relativa igual a 96%, uma das mais elevadas monodominâncias registradas na literatura (Peh, 2011). Os autores relatam que o território municipal de Tumiritinga, inserido no domínio da Floresta Atlântica, apresenta 2% de remanescentes florestais mistos e 20% de fragmentos florestais monodominados por *M. urundeuva*. Vieira (2008) relata que nas áreas de ocorrência de *M. urundeuva* em monodominância são notáveis processos de degradação física do solo.

O papel de fatores edáficos no estabelecimento monodominante de espécie florestais em detrimento da redução da biodiversidade florística em agroecossistemas foi muitas vezes investigado (Villela e Proctor, 2002; Brookshire e Thomas, 2013; Marimon et al., 2005, Read et al. 2006). Nascimento et al. (1997) estudaram florestas monodominadas por *Peltogyne gracilipes* e observaram que a elevada relação Mg/Ca da serrapilheira de *Peltogyne* cria pulsos de Mg nos solos com efeito fitotóxico para plantas regenerantes. Hart et al. (1989) observaram diferenças entre as composições químicas de solos entre florestas sob monodominância de *Gilbertiodendron dewevrei* e florestas mistas na África. Marimom et al. (2005), em florestas monodominadas por *Brosimum rubescens*, observaram que os solos destas formações foram sempre distróficos, ácidos, álicos e com elevada relação Ca/Mg. Read et al. (2006) concluíram que o fator solo é importante para permitir que florestas monodominadas por *Nothofagus* sp. substituam florestas mistas na Nova Guiné.

Fatores bióticos e abióticos podem favorecer a monodominância uma vez que determinadas espécies apresentam vantagens adaptativas para colonizar, sobreviver e reproduzir em ambientes sob estresse ou distúrbio (Peh et al., 2011; Torti et al., 2011). Segundo Juhasz et al. (2006), a dinâmica da água no solo é um fator importante na definição do tipo de vegetação local e deve ser considerada em estudos sobre as relações solo-planta. Neste contexto, o monitoramento in situ do conteúdo de umidade

em solos de florestas monodominadas por *M. urundeuva* é de grande importância no estudo da relação solo-planta nestes sistemas e pode fornecer subsídios para a compreensão deste fenômeno.

A técnica TDR (Time Domain Reflectometry) destaca-se entre os métodos utilizados no monitoramento da dinâmica físico-hídrica do solo (Mendonça et al., 2014; Huisman et al., 2002). O método utiliza princípios eletromagnéticos, emissão de ondas de rádio de alta frequência (Campbell Scientific 2006), e são hábeis para medir de forma rápida, acurada e contínua por longo período de tempo (Mendonça et al., 2013). Muitos autores recomendam ajustar equações de calibração dos sensores em TDR, em especial quando se estuda solos com propriedades distintas do utilizado nas especificações de calibração fornecida pelo fabricante (Noborio, 2001; Alfaro Soto et al., 2007; Stangl et al., 2009).

No presente trabalho foram estudados solos sob uma floresta monodominada por *Myracrodruon urundeuva*, onde sistemas dataloggers acoplados a sensores de umidade de solo (CS616, Campbell) e sensores de temperatura do solo (T105, Campbell) foram instalados para monitorar a dinâmica de água em fase de transição de solos sob monodominância de *M. urundeuva* e solos sob regeneração de floresta estacional semidecidual manejada. Neste estudo são apresentadas dados referentes a um ano (2013/2014) de monitoramento hídrico, e faz parte de uma pesquisa que visa melhor compreender as relações edáficas e ecológicas em sistemas monodominados por *M. urundeuva*.

Materiais e Métodos

Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido no município de Aimorés (19°28'32" S e 41°10'18" O), médio rio doce, MG. A região está inserida no domínio dos Argissolos vermelhos eutróficos (Baruqui, 1982), distribuídos desde o terço inferior até o topo dos morros, com ocorrência também de Neossolos flúvicos eutróficos e Latossolos. Quanto às unidades geomorfológicas, estas são caracterizadas por dissecação fluvial atuante nas rochas predominante granito-gnaissicas do embasamento cristalino (CPRM, 2000). O clima de acordo com a classificação de Köppen é o Tropical Úmido mega-térmico, com estação seca prolongada e verão chuvoso. A vegetação original é a Floresta

Estacional Semidecidual, a qual está incluída no Bioma Mata Atlântica, no entanto, com a exploração madeireira e avanço da atividade pecuária, a vegetação nativa foi em grande parte substituída por pastagem (Baruqui, 1982).

Amostragem de solos e instalação de sensores

Sistemas dataloggers CR1000 (Campbell Scientific), conectados a sensores de umidade de solos (CS616, Campbell Scientific), temperatura de solos (T107, Campbell Scientific) e temperatura do ar (type E, Campbell Scientific), foram instalados em um fragmento florestal monodominado por *M. urundeuva* (AM) e em área de regeneração natural manejada (RF). Cada sistema datalogger, alimentado por bateria de 12 volts (tipo SBS C11, Hawker), foi montado em barril de plástico de 60 litros, selado e programado para registrar valores de temperatura e umidade do solo em intervalos horários no período de 15 meses (Outubro 2013 a Dezembro 2014).

Os sensores de umidade em cada sistema monitorado foram instalados a três profundidades e três repetições: superficial, a 5 cm de profundidade, intermediário, a 20 cm e subsuperficial, a 100 cm. Os sensores de temperatura de solo (T107) foram instalados somente na camada superficial de cada sistema e o sensor de temperatura do ar foi instalado a 2,0 metros acima do solo de cada sistema.

O sistema AM corresponde a um fragmento florestal monodominado por *M. urundeuva* de aproximadamente 30 anos (comunicação pessoal). No sistema estudado foi observado solo com horizonte A decaptado, erosão laminar e em sulco aparentes, e ausência de cobertura vegetal e regeneração natural. Neste sistema destaca-se a ocorrência de micro relevo característico, em muito determinado pelo abundante sistema radicular de *M. urundeuva* associado à processos erosivos (Figura 1). A área era ocupada *M. urundeuva* em dominância relativa de 95% e densidade absoluta igual a 437 ind/ha, com diversas árvores ultrapassando 15 m de altura e DAP > 30 cm (Oliveira, 2015).

O sistema RF corresponde a uma área adjacente a AM, e que no ano de 2006 recebeu tratamentos silviculturais com objetivo de reduzir 50% da área basal total de *M. urundeuva*. No sub-bosque foram plantadas mudas de espécies arbóreas, em especial *Acacia auricularis*. Os solos sob RF estavam recobertos por serrapilheira e muitas espécies regenerantes. (Figura 1).



Figura 1. Sistemas estudados: AM –Aroeira monodominante e RF- Regeneração.

Não foram notadas diferenças significativas entre topografia, relevo e aspecto entre os locais de instalação dos sistemas dataloggers. A tabela 1 apresenta características dos sítios onde foram montados os sistemas dataloggers.

Tabela 1. Sistemas de monitoramento físico-hídrico do solo em Aimorés, MG.

Site	Erosão	Altitude	Relevo	Amostragem	Raízes	Horizonte	Prof. (cm)
AM	Muito forte	132	Ond	Superficial	Poucas	BA	10
				Intermediária	Poucas	BB	55
				Subsuperficial	Poucas	Bc	100
RF	Moderada	139	Ond.	Superficial	Comuns	Ap	10
				Intermediária	Poucas	B	55
				Subsuperficial	Poucas	Bc	100

Amostras de solo

Foram coletadas amostras de solos deformadas nas profundidades de 5, 20 e 100 cm, junto a cada um dos sensores de umidade instalados, para determinação das seguintes análises químicas de solo: pH em H₂O; teores de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺; P disponível (Mehlich-1); acidez potencial (H + Al), soma de bases (SB); CTC efetiva (t); CTC total (T); saturação por bases (V), realizadas conforme Embrapa (1997) e P remanescente (P-rem), segundo Alvarez et al. (1993). Amostras indeformadas de solo foram coletadas em triplicata, com auxílio de trado do tipo Uhler, nas profundidades de 5, 20 e 100 cm, para a realização das seguintes determinações físicas: análise granulométrica, densidade do solo (Ds), retenção de água nos potenciais de -6kPa, -10 kPa, -30 kPa, e -1,500 kPa realizadas segundo métodos descritos em Embrapa (1997).

Foram coletadas de forma perpendicular ao perfil do solo e alinhadas à posição de instalação dos sensores CS616, amostras de solos em cilindros de PVC (Solo-PVC), com dimensões iguais a 40 cm de comprimento e 20 cm de diâmetro, para cada profundidade de monitoramento, buscando preservar ao máximo a estrutura original do solo para posterior calibração dos sensores CS616.

Calibração dos sensores CS616 em laboratório

A acurácia das estimativas de umidade volumétrica do sensor C616 varia entre $\pm 2,5\%$ quando se utiliza equações de calibração padrão do fabricante (Campbell Scientific, 2006), sendo estas ajustadas para solos com condutividade elétrica $\leq 0,5$ deciSiemen metros⁻¹ (dS m⁻¹), densidade de solos $\leq 1,55$ g cm⁻³, e teor de argila menor que 30%. A escolha da equação quadrática, ($\theta v = -0,0663 - 0,0063 * time + 0,007 * time^2$), ou equação linear ($\theta v = -0,4677 + 0,0283 * time$), onde time é dado em microsegundos, depende da acurácia requerida e da variação no conteúdo de água esperado (Campbell Scientific, 2006). Visto que os solos avaliados no presente estudo apresentam características distintas dos solos utilizados na calibração da equação do fabricante, em especial quanto ao teor de argila, foram ajustadas equações de calibração dos sensores para os solos em estudo.

Para a calibração dos sensores C616 em laboratório, equações de regressão foram ajustadas para os solos de AM e RF, em cada profundidade estudada, a partir da umidade volumétrica determinada (UVD) e do tempo de viagem (microsegundos) das ondas eletromagnéticas entre as hastes do sensor. Esta metodologia é baseada e adaptada de estudos pregressos (Mendonça et al. 2013; Gong et al. 2003; Campbell Scientific 2006; Alfaro Soto et al. 2007; Stangl et al. 2009).

Para determinação da umidade volumétrica (UVD) foram seguidos os seguintes procedimentos: Amostras Solo-PVC coletadas em AM e RF nas profundidades de 5, 20 e 100 cm, tiveram uma das extremidades selada com espuma fixa, e na outra extremidade foi instalado o sensor de umidade CS616. As amostras Solo-PVC foram inseridas em baldes contendo água destilada até a completa saturação dos solos (24 horas). Os sensores CS616 foram conectados a dataloggers CR1000 e programados para coletar dados de umidade em intervalos regulares.

Durante o período de secagem natural dos solos foram coletados dados de umidade volumétrica estimada e tempo de propagação da onda, em 12 pontos

amostrais, para cada amostra Solo-PVC, obtidos pelo software PC 200w (Campbel 2006). Em cada ponto amostral o conjunto Solo-PVC foi pesado utilizando balança de laboratório. Após secagem aparente, os solos foram removidos do tubo PVC e colocados em estufa a 105°C por 24 horas até a secagem completa. As massas do tubo PVC, sensor CS616 e espuma de proteção foram subtraídas do conjunto Solo-PVC, obtendo assim massa correspondente a solo e água em cada ponto amostral. A umidade gravimétrica (kg/kg) foi calculada a partir do peso correspondente ao conteúdo de água da amostra dividido pelo peso seco de solo. A umidade volumétrica (UVD m³/m³) foi então determinada pela multiplicação da densidade de solo em cada profundidade pela umidade gravimétrica determinada no procedimento descrito.

Análises estatísticas

Os dados amostrais de UVD e tempo de viagem das ondas (microsegundos) coletados em laboratório foram empregados no ajuste de equações utilizadas no cálculo do conteúdo volumétrico de água no campo. Análises de regressão foram realizadas utilizando a ferramenta de análise de dados do Microsoft Excel 2010.

Para o conjunto de dados foram realizadas análises descritivas e aplicado o teste t de Student ao nível de significância $p < 0,05$ para comparar as médias obtidas pela equação ajustada em laboratório com a equação fornecida pelo fabricante. O teste t testa a hipótese de nulidade de que as médias dos valores de umidade calculadas pela equação do fabricante são estatisticamente iguais às médias do conteúdo de umidade do solo obtido em laboratório. As análises estatísticas foram feitas utilizando o software Statistica 7 (Statsoft Inc 2005).

Resultados e Discussões

Características gerais de solos e ano hidrológico

Os solos de ambos os sistemas estudados são eutróficos, apresentaram elevada saturação de bases, porém baixos teores de P e muito baixos teores de P-remanescente (Ribeiro et al. 1999). Os solos apresentaram acidez fraca ou média, interpretadas como “boa” do ponto de vista agrônomo, e não apresentaram restrições relacionadas à toxidez por alumínio (Tabela 2). Segundo Vieira (2008), que estudou florestas com

elevada dominância de *M. urundeuva* em Aimorés, MG, os solos dos sistemas estudados podem ser classificados como Nitossolos vermelhos eutróficos.

Tabela 2. Propriedades químicas de solos dos sistemas estudados

Site	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	MO	P _{rem}
	H ₂ O	----- mg dm ⁻³ -----	----- mg dm ⁻³ -----	----- mg dm ⁻³ -----	----- mg dm ⁻³ -----	----- mg dm ⁻³ -----	----- cmol _c dm ⁻³ -----	----- cmol _c dm ⁻³ -----	----- cmol _c dm ⁻³ -----	----- cmol _c dm ⁻³ -----	----- cmol _c dm ⁻³ -----	%	dag kg ⁻¹
A5	6,65	6,3	17,0	7,63	2,30	0,0	2,3	9,97	9,97	12,27	81,3	0,76	28,20
A20	6,68	9,5	24,0	7,10	2,57	0,0	2,3	9,73	9,73	12,03	80,9	1,65	28,70
A100	6,98	12,2	12,0	5,44	3,31	0,0	1,1	8,78	8,78	9,98	88,9	0,76	31,70
R5	7,89	24,1	175,0	8,93	3,04	0,0	0,2	12,42	12,42	12,62	98,4	4,31	31,30
R20	6,39	4,6	25,0	6,70	4,75	0,0	2,3	11,48	11,48	12,88	89,1	1,41	25,70
R100	7,03	5,7	12,0	5,14	2,55	0,0	1,4	7,75	7,75	10,05	77,1	0,76	23,20

Os teores de matéria orgânica indicam ocorrência de processos de remoção de carbono no horizonte superficial em AM, e que a redução da dominância de *M. urundeuva* com introdução de plantas de cobertura do solo propiciou incremento de aproximadamente 6 vezes os teores de MOS na camada superficial em RF (Tabela 2). Incrementos significativos nos teores de P e K em RF indicam a contribuição das plantas regenerantes na ciclagem de nutrientes (Salvador et al., 2011). Os resultados gerais das análises químicas de solos, embora analisados sem considerar tipo de solo, clima, topografia, entre outros aspectos ambientais, indicam que os solos estudados não apresentam restrições severas quanto à fertilidade química e à nutrição de plantas.

Os solos apresentaram horizontes minerais sempre de textura argilosa, com predomínio de fração argila seguida da fração areia grossa (Tabela 3). Solos do sistema RF apresentaram incremento de argila da camada superficial para a intermediária com relação textural igual a 1,3. Em AM foram observados horizontes superficiais transicionais (Ker et. al. 2012) com ausência de gradiente textural e redução no teor de carbono da camada BA para BB.

As camadas superficiais de AM e RF se distinguem em especial pelo maior teor da fração argila e menor teor de MOS em AM quando comparado a RF. A erosão laminar e conseqüente remoção de MOS na camada superficial de AM implica na remoção do horizonte A, sendo notado horizonte B exposto à superfície do solo erodido, o que junto à presença de cerosidade moderada e ausência de policromia pode indicar ocorrência de horizonte B nítico (Embrapa, 2006).

De modo geral, em ambos os sistemas a densidade de solo aumenta e a microporosidade diminui com o aumento da profundidade (Tabela 3). Apesar de RF apresentar menor teor de argila em camada superficial e maior densidade de solo, foi observado maior volume de microporos estimados pelo potencial de retenção de água à tensão de -6 kPa (Van Lier, 2010).

Tabela 3. Propriedades físicas de solos dos sistemas estudados

Site	AG	AF	Silte	Argila	Ds	Pmicro	Θ CC (m ³ m ⁻³)	Θ PMP (m ³ m ⁻³)
	----- dag kg ⁻¹ -----				g cm ⁻³	- 6 kpa	- 10 kpa	- 1500 kpa
A5	19,0	12,0	9,0	60,0	1,21	0,33	0,31	0,22
A20	20,0	11,0	11,0	58,0	1,31	0,34	0,32	0,23
A100	32,0	11,0	12,0	45,0	1,49	0,24	0,22	0,13
R5	30,0	19,0	9,0	42,0	1,24	0,39	0,35	0,24
R20	20,0	11,0	11,0	58,0	1,22	0,35	0,34	0,26
R100	20,0	11,0	11,0	58,0	1,70	0,42	0,41	0,31

A capacidade de campo (CC) é definida como a quantidade de água retida pelo solo depois que o excesso de água tenha sido drenado. O ponto de murcha permanente (PMP) é interpretado como o potencial de retenção de água no solo onde a utilização de água pela planta é impossibilitada (Van Lier, 2010). Em geral, solos de RF apresentaram maior potencial matricial, retendo maior volume de água aos potenciais de CC e PMP (Tabela 3). Na camada subsuperficial, o conteúdo volumétrico de água necessário para a planta atingir o ponto de murcha permanente é superior ao dobro do conteúdo de água em PMP na mesma camada em AM. Segundo Gardner (1960), a densidade radicular, propriedades hidráulicas do solo, e o potencial de água no solo afetam diretamente CC e PMP.

O período hidrológico monitorado é considerado atípico na região de estudo em função da elevada precipitação (aproximadamente 800 mm) ocorrida no período de Dezembro de 2013 (Figura 2), sendo a média anual próxima a 1.000 mm. No referido mês, foi registrada precipitação superior ao acumulado durante os demais 14 meses do período hidrológico monitorado. Foram relatadas enchentes e diversos focos de erosão por movimento de massa na região de estudo no período de Dezembro de 2013.

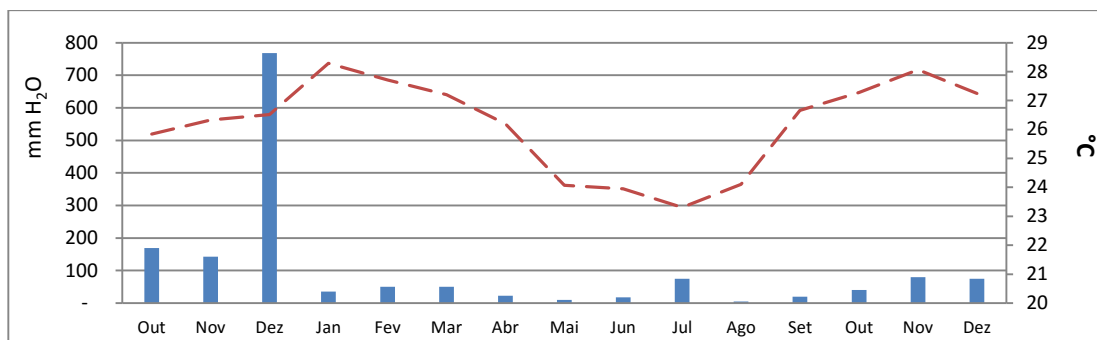


Figura 2. Precipitação e temperatura média mensal registrada na área de estudo ao longo do ano hidrológico estudado.

Calibração dos sensores de umidade

Todas as equações foram ajustadas em modelos quadráticos e apresentaram R^2 ajustado maior que 0,90 (Tabela 4). O teste t, utilizado para avaliar diferenças entre a equação do fabricante e as equações ajustadas em laboratório, apresentou diferenças significativas ao nível de significância $p < 0,05$ para todas as camadas nos sistemas AM e RF (Tabela 5). As equações do fabricante subestimaram os volume de água nas camadas superficiais e subsuperficiais e superestimaram o conteúdo de água em camadas intermediárias, em comparação com as equações ajustadas em laboratório.

Tabela 4. Equações ajustadas para calibração em laboratório dos sensores CS616 para cada profundidade dos sistemas monitorados, e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Layers	Equações ajustadas	R^2
1 – AM		
5	$y = -0,0005x^2 + 0,0624x - 1,0226$	0,96
20	$y = 0,0048x^2 + 0,3043x - 5,2686$	0,91
100	$y = -0,0018x^2 + 0,1383x - 2,0979$	0,98
2 – RF		
5	$y = 0,0036x^2 - 0,1699x + 2,2417$	0,98
20	$y = -0,0045x^2 + 0,3160x - 5,0479$	0,97
100	$y = -0,0007x^2 + 0,0097x + 0,1845$	0,98

O conteúdo de material orgânico, a concentração de íons em solução, teor de argila e densidade de solo são fatores que interferem as propriedades dielétricas do solo, que por sua vez podem promover erros na determinação do conteúdo de umidade volumétrica do solo (Stangl et al., 2009; Gong et al., 2003). Mendonça et al. (2013) apontam que equação do fabricante parece adequada para solos arenosos e que a

precisão da equação calibrada pelo fabricante diminui com o aumento da umidade do solo.

Monitoramento da dinâmica hídrica

Dados de umidade volumétrica calculados com a equação calibrada em laboratório mostram que solos em RF armazenaram maior conteúdo volumétrico de água em todas as camadas estudadas quando comparados à AM (Tabela 5). Menor teor de argila em camada superficial de RF pode favorecer a infiltração de água para camada intermediária do solo (Wall e Heiskanen, 2003), bem como a cobertura vegetal do solo e os maiores teores de MOS podem conservar a umidade no solo.

Tabela 5. Máximo, média, mínimo e desvio padrão do conteúdo de umidade volumétrica ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em cada profundidade estudada nos sistemas AM e RF, em um ano de monitoramento (2013-2014), utilizando a equação obtida pelo fabricante (sensor) e a equação calibrada em laboratório (calib). Temperatura de solo média (Tmed), máxima (Tmax) e mínima (Tmin) nas camadas superficiais estudadas.

Layer	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão	Tmed	Tmax	Tmin	Desvio padrão
	----- $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ -----				----- °C -----			
1 – Aroeira monodominante (AM)								
AM ₅ calib	0,12	0,24 ^a	0,43	0,06	25,60	51,62	25,62	4,30
AM ₅ sensor	0,15	0,23 ^b	0,44	0,07				
AM ₂₀ calib	0,10	0,19 ^a	0,43	0,10	-	-	-	-
AM ₂₀ sensor	0,24	0,34 ^b	0,52	0,08				
AM ₁₀₀ calib	0,18	0,26 ^a	0,45	0,08	-	-	-	-
AM ₁₀₀ sensor	0,18	0,24 ^b	0,39	0,05				
2 – Regeneração secundária (RF)								
RF ₅ calib	0,24	0,28 ^a	0,59	0,06	24,42	38,62	12,05	3,01
RF ₅ sensor	0,08	0,25 ^b	0,50	0,08				
RF ₂₀ calib	0,16	0,26 ^a	0,43	0,03	-	-	-	-
RF ₂₀ sensor	0,28	0,34 ^b	0,57	0,07				
RF ₁₀₀ calib	0,39	0,45 ^a	0,64	0,07	-	-	-	-
RF ₁₀₀ sensor	0,23	0,30 ^b	0,62	0,08				

Em Média, letras sobrescritas diferentes indicam significância no teste t a 95% de significância.

Solos superficiais em AM estão mais expostos ao impacto das gotas de chuva, susceptíveis ao encrostamento e apresentam baixa velocidade de infiltração de água (Vieira, 2008). Na camada intermediária de AM (AM20) foram registrados os menores conteúdos de umidade ao longo do ano hidrológico monitorado. O teor de argila da camada superficial pode reduzir a velocidade de infiltração de água no solo, e a ausência de cobertura do solo pode favorecer o escoamento superficial da água da

chuva reduzindo a infiltração de água em camadas subsuperficiais. Picos de temperatura elevadas podem contribuir para maiores taxas de evaporação e de evapotranspiração em camadas superficiais e subsuperficiais em solos de AM (Tabela 5).

No presente estudo, a oscilação de umidade no solo em AM foi frequente, com picos de umidade imediatos a cada evento pluviométrico (Figura 3), seguido de escoamento superficial e reduzida infiltração de água para A20. Desta forma, a permanência de água em AM5 é curta, levando de 10 a 30 dias consecutivos para atingir o valor inicial de umidade do período pré-evento chuvoso.

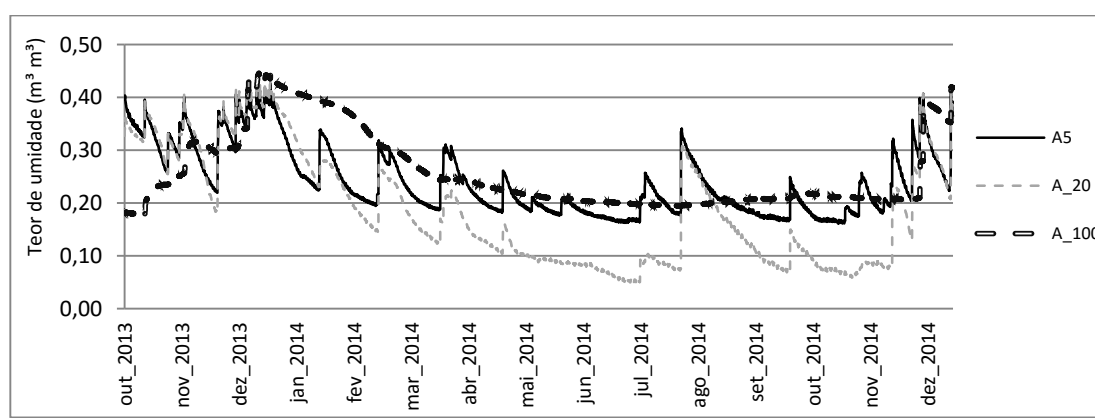


Figura 3. Teor de umidade do solo ao longo de um ano hidrológico, coletado com sensores CS616 em floresta monodominada por *M. urundeuva*, em Minas Gerais, a diferentes profundidades, utilizando a equação calibrada em laboratório.

Na camada intermediária (AM20), as flutuações nos valores de umidade do solo em relação aos eventos chuvosos não são tão imediatas como em AM5, e registram sempre teores de água inferiores às demais camadas monitoradas. Em AM100 é observado forte incremento no conteúdo de água pós precipitação de Dezembro de 2013, seguida de constante redução do conteúdo volumétrico de água, permanecendo praticamente estável entre o período de Abril 2013 até Novembro de 2013 (Figura 3).

No sistema RF, a variação de umidade no solo entre camadas superficial e intermediária é menos frequente e apresenta picos de umidade seguidos de eventos pluviométricos mais suaves quando comparado à AM. A variação no conteúdo de umidade entre RF5 e RF20 é discreta e apresentam médias semelhantes (Figura 4 e Tabela 5). Os maiores teores de MOS e a cobertura vegetal do solo reduziram a taxa

de escoamento superficial de água da chuva e permitiu que mais água infiltrasse no solo e maior conteúdo de água permanecesse armazenado entre as camadas RF5 e RF20.

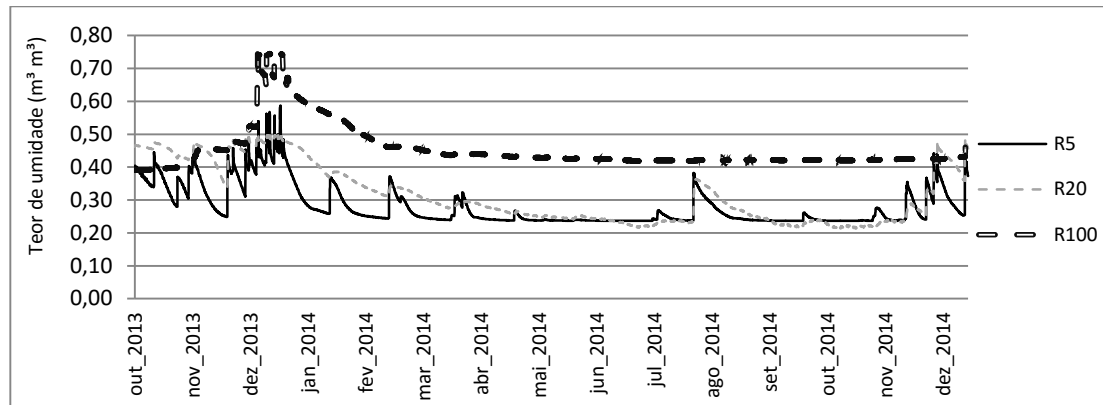


Figura 4. Teor de umidade do solo ao longo de um ano hidrológico, coletado com sensores CS616 em regeneração manejada de Floresta Estacional semidecidual, em Minas Gerais, a diferentes profundidades, utilizando a equação calibrada em laboratório.

A figura 5 apresenta as médias mensais do conteúdo volumétrico de água por camada nos sistemas AM e RF. Em camada superficial, a diferença no conteúdo de água entre AM e RF foi sutil, porém registra sempre maiores volumes médios de água em RF. Na camada intermediária, amplia-se significativamente a diferença no volume de água entre AM e RF, em especial nos meses secos. Na camada subsuperficial as características observadas nas camadas intermediárias são mantidas. A disponibilidade de água para as plantas não depende apenas da facilidade da planta em extrair água do solo, mas também da permanência da água na zona radicular. (Baruqui et al., 1985). Segundo Van Lier (2010), considerando a relação existente entre o conteúdo de água no solo, sua condutividade hidráulica e o potencial matricial da água contida no solo, podem-se distinguir quatro faixas de disponibilidade de água para as plantas, que varia de solo muito úmido a solo muito seco.

O ponto de murcha permanente pode ser definido como o conteúdo de água de um solo no qual as plantas alcançam murcha irreversível (Van Lier, 2010). Umidade volumétrica próxima ao valor mínimo observado foi registrada em diferentes períodos do ano em AM e RF. Em AM5 foi registrado período contínuo ininterrupto de umidade abaixo de PMP entre os meses de Junho a Outubro de 2013, e em AM20 entre os meses

Fevereiro a Novembro. O mesmo ocorre em alguns períodos da estação chuvosa e representam períodos de estiagem (Figura 3).

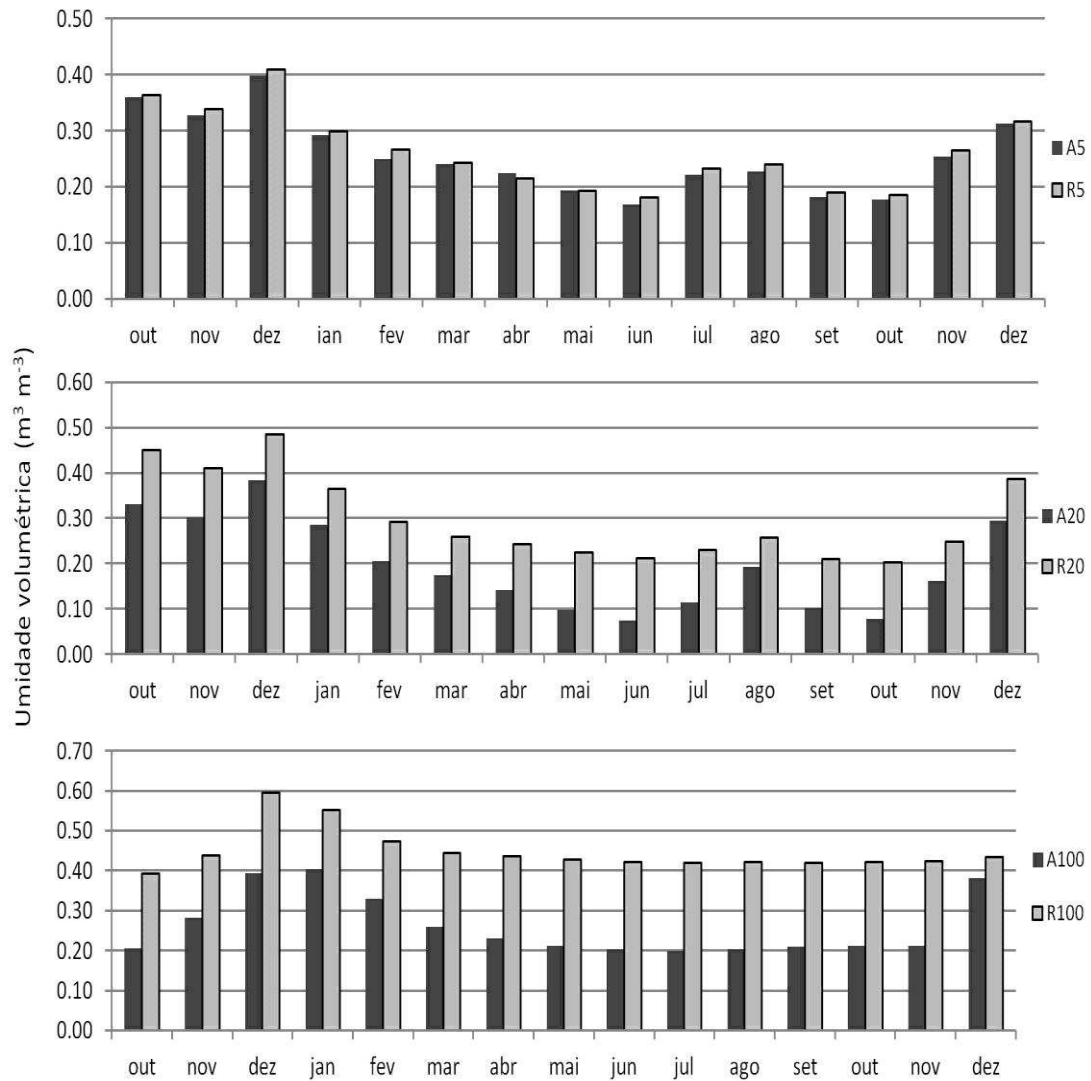


Figura 5. Média do conteúdo de umidade volumétrica mensal em três camadas de solo em sistema monodominado por *M. urundeuva* e regeneração florestal manejada.

Embora RF5 e AM5 tenham apresentado médias semelhantes de conteúdo de umidade volumétrica, em contraste a AM5, os solos em RF5 mantiveram conteúdo de água acima de PMP em praticamente todo o período de monitoramento. Em RF20, assim como em AM20, foi observado conteúdo de umidade abaixo do PMP por todo o período de estiagem (Figura 6).

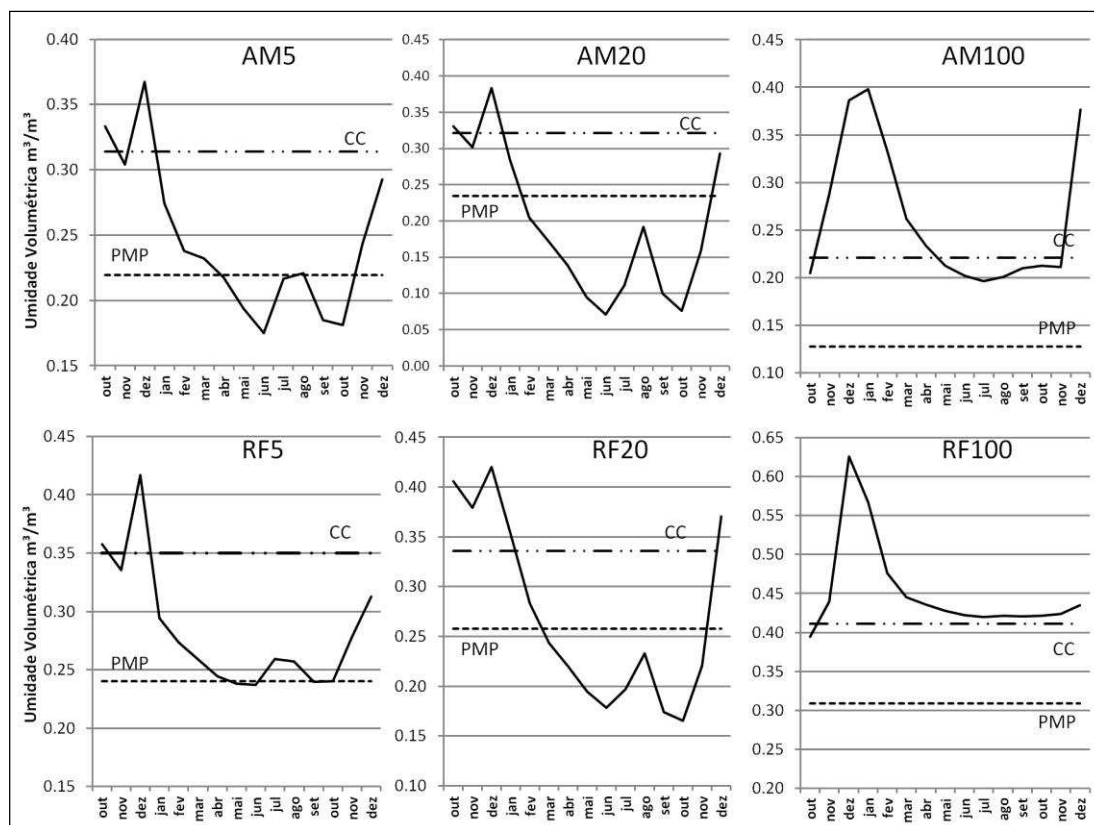


Figura 6. Médias mensais do conteúdo volumétrico de água em diferentes camadas de solos sob monodominância de *M. urundeuva* (AM) e regeneração florestal manejada (RF), e seus respectivos limites de capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP).

A temperatura na superfície do solo variou entre as fitofisionomias estudadas. A média das temperaturas foram respectivamente 25,6°C e 24,4°C em AM e RF. Em AM a temperatura máxima do solo superou 40°C por 43 vezes enquanto que em RF a temperatura máxima foi 38°C, registrada em apenas um momento. As elevadas temperaturas registradas em AM podem estar relacionadas à maior exposição do solo à radiação solar direta e ao baixo teor de matéria orgânica neste sistema. A temperatura do solo é um fator importante para o desenvolvimento das plantas e influencia processos químicos, físicos e biológicos do solo. Efeitos na atividade microbológica, redução de germinação de sementes e desenvolvimento de plantas foram observados nas faixas de temperatura máximas observadas em AM, sobretudo, o calor armazenado próximo da superfície do solo tem grande efeito na evaporação da água do solo.

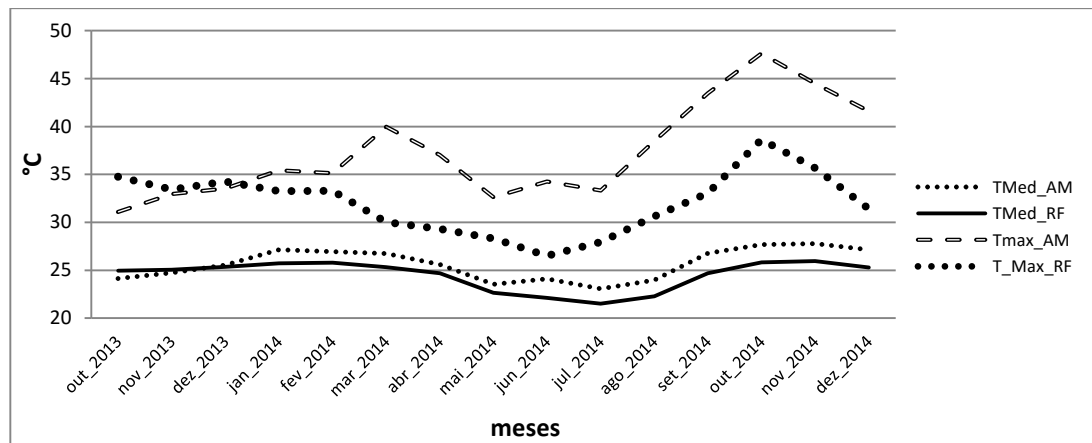


Figura 7 Temperaturas médias e máximas ao longo de um ano hidrológico, coletado com sensores T107 em floresta monodominada por *M. urundeuva* e regeneração florestal, em Aimorés, MG.

Estresse hídrico e monodominância

A limitação hídrica exerce forte tensão sobre a cobertura vegetal e pode representar fator de estresse. A tolerância a esta condição é dependente da intensidade do fator estressante, da espécie envolvida e do seu estágio de desenvolvimento (Paim, 2002). O estresse hídrico é uma restrição ambiental que pode limitar a sobrevivência e a reprodução das plantas, uma vez que induz a redução da transpiração, o fechamento parcial de estômatos e alterações no fotossistema de plantas (Marmioli et al., 1996).

Muitas plantas apresentam adaptações ao estresse hídrico. *M. urundeuva* é espécie xerófita, caducifólia e apresenta características fisiológicas e morfológicas que conferem vantagens à sobrevivência em condições de déficit hídrico (Silva et al., 2006; Queiroz, 2002). É anfiestomática e apresenta elevada densidade estomática (Figuroa, 2004), apresenta crescimento rápido da raiz principal com maior razão no alongamento radicular em relação à parte aérea (prioriza a absorção de água e reduz transpiração foliar) (Hsiao 1973) e apresenta tuberosidade na raiz principal em fase inicial de crescimento.

Hainsworth e Aylmore (1986) descreveram que o conteúdo de água no solo decresce em função da proximidade com a superfície radicular. Lima (1994) descreve o sistema radicular de *M. urundeuva* como pouco profundo, em torno de 40 cm, sendo distribuído horizontalmente à superfície do solo e na fase adulta desenvolve-se a raiz principal. Estas observações são também perceptíveis na área de estudo, destacando-se elevada biomassa radicular em AM que ocupa considerável volume de solo e pode

estar relacionada aos baixos volumes de umidade encontrados em A20. *M. urundeuva* pode combinar características de economia hídrica (caducifolia, anfiestomática) e ao mesmo tempo desenvolve sistema radicular eficiente na ocupação de camadas superficiais do solo e na exploração de nichos onde a disponibilidade hídrica é maior.

Pouco é conhecido sobre a morfologia de raízes de *M. urundeuva* em condições naturais muito em função da dificuldade de escavação nos locais onde ela é encontrada. Callaway (1990) estudou sistemas radiculares de plântulas de três espécies de *Quercus* sp. em dois regimes experimentais de umidade do solo e observou que quando há disponibilidade de água em camadas subsuperficiais, as plantas priorizam a alocação de biomassa na raiz pivotante e quando a água está indisponível em profundidade as plantas investem na distribuição intermediária de biomassa radicular explorando o volume do solo. A flexibilidade morfológica e agressividade do sistema radicular de *M. urundeuva* podem contribuir para a habilidade da espécie em adaptar-se ao déficit hídrico, permitindo que a espécie explore água em diferentes profundidades no perfil do solo.

Conclusões

A equação ajustada pelo fabricante dos sensores CS616 não foi adequada para os solos avaliados no presente estudo, sendo que os teores médios de umidade volumétrica obtidos com a equação do fabricante diferiram significativamente dos teores de umidade estimados com as equações ajustadas em laboratório.

Em camadas superficiais os teores de umidade volumétrica foram semelhantes entre AM e RF, contudo, solos superficiais de AM indicam ocorrência de déficit hídrico, dado a longa permanência de volume de água abaixo do ponto de murcha permanente e oscilação constante de picos de umedecimento e secagem.

Em camadas intermediárias foram registrados baixos teores de umidade volumétrica em AM e RF, sendo notado maior tempo de exposição do solo de AM ao déficit hídrico e maior oscilação nos conteúdos de umidade ao longo do ano. As camadas subsuperficiais mantiveram conteúdo de umidade volumétrica estáveis durante o período seco, sendo afetadas somente em eventos de grande precipitação.

A baixa disponibilidade de água em AM pode estar associada à redução na infiltração de água no solo, a baixos teores de MOS em camadas superficiais, e à ocorrência de elevadas temperaturas em superfície que implicam em menor

armazenamento de água em sistemas monodominados por *M. urundeuva* quando comparado à regeneração florestal.

O desenvolvimento e manutenção de plântulas e indivíduos adultos de *M. urundeuva* em ambientes com baixa disponibilidade de água corroboram a característica xerófita da espécie e indicam que mecanismos de tolerância ao estresse hídrico podem proporcionar vantagens adaptativas à *M. urundeuva* frente a outras espécies, favorecendo seu comportamento monodominante.

Referências Bibliográficas

ALFARO SOTO, M.A.; KUMAYAMA, D.M.; CHANG, H.K. Calibração de um reflectômetro para estudos do fluxo de água em solo não saturado. **Geociências** n.26, v.4, p.357-368, 2007.

ALVAREZ V.; V.H.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. **Determinação de fósforo remanescente**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 10p.

BARBOSA, D.C.A. & BARBOSA, M.C.A. **Crescimento e estabelecimento de plantas**. Pp. 173-177. In: E.V.S.B. Sampaio; S.J. Mayo & M.R.V. Barbosa (eds.). Pesquisa Botânica Nordestina: Progresso e Perspectivas. Sociedade Botânica do Brasil, Seção Regional de Pernambuco, Recife. 1996.

BARUQUI, F. M. **Inter-relações solo-pastagem nas regiões Mata e Rio Doce do estado de Minas Gerais**. (1982) Dissertação (Mestrado Solos e Nutrição de Plantas) Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 119p. 1982.

BARUQUI, F. M., RESENDE, M., FIGUEIREDO, M. S. **Causas da degradação e possibilidades de recuperação das pastagens em Minas Gerais (Zona da Mata e Rio Doce)**. Informe Agropecuário, 11, 27-37. 1985.

BROOKSHIRE, E.N.J.; THOMAS, S.A. Ecosystem Consequences of Tree Monodominance for Nitrogen Cycling in Lowland Tropical Forest. **PLoS ONE** n.8, v.7, 2013.

CALLAWAY, R.M. Effects of soil water distribution on the lateral root development of three species of California oaks. **Amer. J. Bot.** n.77, v.11, p.1469-1475, 1990.

CAMPBELL SCIENTIFIC (2006) CS616 and CS625 **Water Content Reflectometers**. Instruction Manual Revision: 8/06. Campbell Scientific Inc., North Logan. 2006.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileira**. Brasília: Embrapa Florestas, 2003.

CONNELL, J. H.; LOWMAN, M. D. Low-diversity tropical rain forests: some possible mechanisms for their existence. **The American Naturalist**, p.134:88-119, 1984.

CPRM (2000) **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**, Projeto de Mapeamento Geológico: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Brasília

EAVIS, B.W. Soil physical conditions affecting seedling root growth. I. Mechanical impedance, aeration and moisture availability as influenced by bulk density and moisture levels in a sandy loam soil. **Plant and Soil**. v. 36, p. 613-622, 1972.

EITEN, G. Vegetação do cerrado. In: PINTO, M.N. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Ed. UnB, 1990. cap. 1, p. 9-65.

EMBRAPA-Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas em Solos. 1997. 212p.

EMBRAPA-Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EVETT, S.; HENG, L.K. Conventional Time Domain Reflectometry Systems, In: Cepuder P et al. **Field Estimation of Soil Water Content: a practical guide to methods, instrumentation and sensor technology**, Training Course Series N° 30, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2008.

FELFILI, J. M.; NASCIMENTO, A. T.; FAGG, C. W.; MEIRELLES, E. M. Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n.4, p. 611-621, 2007.

FIGUEIRÔA, J.M.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta botânica Brasílica**. São Paulo, v.18, n.3, p.573-580, 2004.

FURLEY, P.A.; RATTER, J.A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 15, n. 1, p. 97-108, 1988.

GARDNER, W.R. Dynamic aspects of water availability to plants. **Soil Sci.**, n.89, p.63-67, 1960.

GONG, Y.; CAO, Q.; SUN, Z. The effects of soil bulk density, clay content and temperature on soil water content measurement using time-domain reflectometry. **Hydrol Process**. n.17, p.3601–3614, 2003.

GUSSON, A. E.; VALE V. S.; OLIVEIRA, A. P.; LOPES, S. F.; DIAS NETO, O. C.; ARAÚJO, G.M.; SCHIAVINI, I. Interferência do aumento de umidade do solo nas populações de *Myracrodruon urundeuva* Allemão e *Anadenanthera colubrina*

(Vell.) Brenan em reservatórios artificiais de Usinas Hidrelétricas. **Scientia Forestalis**. v, 39. n. 89, p.035-041, 2011.

HAINSWORTH, J.M. AYLMOORE, L.A.G. Water extraction by single plant roots. **Soil Science Society Journal**. n.50. p.841-848, 1986.

HART, T. B., HART, J. A. & MURPHY, P. G. Monodominant and species-rich forests of the humid tropics: causes for their co-occurrence. **The American Naturalist**, v.5, n.133, p. 613-633, 1989.

HSIAO, T.C. Plant response to water stress, **Annual Review Plant Physiology**. n.24, p. 519-570, 1973.

HUISMAN, J.A.; SNEPVANGERS, J.J.J.C.; BOUTEN, W.; HEUVELINK, G.B.M. Mapping spatial variation in surface soil water content: comparison of ground-penetrating radar and time domain reflectometry. **J Hydrol** 269:194–207, 2002.

JUHÁSZ, C.E.P.; CURSI, P.R.; COOPER, M.; OLIVEIRA, T.C.; RODRIGUES, R.R. Dinâmica físico-hídrica de uma topossequência de solos sob savana florestada (cerradão) em Assis, SP. **R. Bras. Ci. Solo**. n.30, p.401-412, 2006.

KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL, P., Torrado. **Pedologia**. SBCS: Viçosa, 2009.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, New York, v. 1, p. 277-294, 1985.

LIMA, R. S. **Estudo morfo-anatômico do sistema radicular de cinco espécies arbóreas de uma área de caatinga do município de Alagoinha- PE**. (1994) Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife 1994.

MARMIROLI, N.; GULLI, M.; MAESTRI, E.; CALESTANI, C.; MALCEVSCHI, A.; PERROTTA, C.; QUARRIE, S. A.; DEVOS, K. M.; RAHO, G.; HARTINGS, H.; LUPOTTO, E., Specific and general gene induction in limiting environmental conditions, In: GRILLO, S.; LEONE, A., 1996. **Physical stresses in plants: Genes and their products for tolerance**. Ed. Springer - Verlag Berlin Heidelberg, New York, 276p. 1996.

MARIMON, B.S. e FELFILI, J.M. Distribuição de diâmetros e alturas na floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. na Reserva Indígena Areões, Água Boa-MT, Brasil. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p.143-150, 2005.

MCGUIRE, K. L. Common ectomycorrhizal networks may maintain monodominance in a tropical rain forest. **Ecology** n.88, p. 567–574, 2007.

MEGURO, M.; PIRANI, J.R.; MELLO-SILVA, R.; CORDEIRO, I. Composição florística e estrutura das florestas estacionais decíduas sobre calcário a oeste da cadeia do espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Bol. Bot. Univ. Sao Paulo**. n. 25, v.2, p. 147-171, 2007.

MENDONÇA, B.A.F.; FERNANDES FILHO, E.I.; SCHAEFER, C.E.G.R.; CARVALHO FILHO, A.; VALE JÚNIOR, J.F. Use of geophysical methods for the study of sandy soils in the Campinaranas of the National Park of Viruá, state of Roraima, Brazilian Amazonia. **Journal of Soils and Sediments**. n.14, p. 525-537, 2014.

NASCIMENTO, M. T. e PROCTOR, J. Soil and plant changes across a monodominant rain forest boundary on Marad Island, Roraima, **Brazil. Glob. Ecol. Biogeogr. Lett.** n.6, p. 387-395, 1997.

NOBORIO, K. Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry: a review. **Comput Electron Agr** n.31, p.213–237, 2001.

OLIVEIRA, F. P.; FERNANDES FILHO, E. I.; SOARES, V. P.; SOUZA, A. L. Mapeamento de fragmentos florestais com monodominância de aroeira a partir da classificação supervisionada de imagens Rapideye. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.151-161, 2013.

OLIVEIRA, R.S.; BEZERRA, L.; DAVIDSON, E.A.; PINTO, F.; KLINK, C.A.; NEPSTAD, D.C.; MOREIRA, A. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. **Functional Ecology**, v. 19, p. 574–581, 2005.

PAIM, A.C.B. **Avaliação do efeito do estresse hídrico na estrutura, ecofisiologia e na bioquímica de plântulas Myracrodruon urundeuva Fr. All. (Anacardiaceae)**. Dissertação (Mestrado em Botânica) Universidade Estadual de Feira de Santana. 99p. 2002.

PEH, K. S. H.; LEWIS, S. L.; LLOYD, J. Mechanisms of monodominance in diverse tropical tree-dominated systems. **Journal of Ecology**. n.99, p. 891-898, 2011.

QUEIROZ, C.G.S.; GARCIA, Q.S.; LEMOS FILHO, J.P.L. Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de aroeira-do-sertão sob estresse hídrico e após reidratação. **Brazilian Journal Plant Physiology**. n.14, v.1, p.59-63, 2002.

QUESADA, C.A.; MIRANDA, A.C.; HODNETT, M.G.; SANTOS, A.J.B.; MIRANDA, H.S.; BREYER, L.M. Seasonal and depth variation of soil moisture in a burned open savanna (campo sujo) in central Brazil. **Ecological Applications**. v. 14, n. 4, p. 33-41, 2004.

READ, J.; JAFFRÉ, T.; FERRIS, J.M.; McCOY, S.; HOPE, G.S. Does soil determine the boundaries of monodominant rain forest with adjacent mixed rain forest and maquis on ultramafic soils in New Caledonia? **Journal of Biogeography**. v.33, p.1055-1065, 2006.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Editores) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5 aproximação**. Viçosa: UFV, 1999.

ROPPA C.; VALCARCEL R.; BAYLÃO JUNIOR, H. F. Avaliação da regeneração em ecossistemas perturbados como indicador da restauração em ambientes com marcada estacionalidade, Nova Iguaçu (RJ). **Floresta**. v. 42, n. 2, p. 257-268, 2012.

SALIS, S. M. CRISPIM, S. M. A. **Densidades de Árvores Listadas como Ameaçadas de Extinção na Bacia do Alto Paraguai**. Embrapa: Corumbá, MS, Comunicado 54. 2006.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T.C.; LUCCHESI, L. A.; C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 9, n. 1, 2011.

SANFORD, R.L. e CUEVAS, E. Root growth and rhizosphere interactions in tropical forests, Pp, 268-300, In: S.S. Mulkey; R.L. Chazdon & A.P. Smith (eds.). **Tropical forest plant ecophysiology**. Chapman & Hall, New York. 1996.

SILVA, J.A. et al. **Banco de Germoplasma de Espécies Florestais Nativas do Campo Experimental Sucupira. Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) Anacardiaceae**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006, 46p.

SILVA, L. Á. e SCARIOT, A. Composition and structure of an arboreal community in a deciduous forest on limestone outcrop. **Rev. Árvore** v.28, n.1, 2004.

SIQUEIRA, A. S.; ARAÚJO, G.M.; SCHIAVINI, I. Estrutura do componente arbóreo e características edáficas de dois fragmentos de floresta estacional decidual no vale do rio Araguari, MG, Brasil. **Acta bot. bras.** n.23, v.1, p.10-21. 2009.

STANGL, R.; BUCHANM, G.D.; LOISKANDL, W. Field use and calibration of a TDR-based probe for monitoring water content in a high-clay landslide soil in Austria. **Geoderma** n.150, p.23–31, 2009.

STATSOFT, INC. **Statistica for Windows** (Computer program manual). Statsoft, Tulsa, 2005.

TORTI, S.D., COLEY, P.D., KURSAR, T.A. Causes and consequences of monodominance in Tropical Lowland Forests. **The American Naturalist**. v. 157, n. 2, p.141-153, 2001.

TROVÃO, D. M. B.; FERNANDES, M. P.D.; ANDRADE, L.A.; DANTAS NETO, J.; OLIVEIRA, A. B.; QUEIROZ, J. A. Avaliação do potencial hídrico de espécies da Caatinga sob diferentes níveis de umidade no solo. **Revista de biologia e ciências da Terra**.v. 4, n.2, 2004.

VALENTE, E.L. **Caracterização da intensidade de degradação do solo e da cobertura vegetal de uma área no médio Rio Doce, utilizando imagens IKONOS II**. 2005. 89p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

VAN LIER, Q.J. (Edit.) **Física do Solos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Física do Solo. 298f. 2010.

VENTUROLI, F.; FAGG, C. W.; FELFILI, J. M. Desenvolvimento inicial de *Dipteryx alata* vogel e *Myracrodruon urundeuva* Allemão em plantio de enriquecimento de uma floresta estacional semidecídua secundária. **Biosci. J.** v. 27, n. 3, p. 482-493, 2011.

VIANNA, V. M.; MAURICIO, R. M.; MATTA-MACHADO, R. & PIMENTA, I. A. Manejo de la regeneracion natural de especies arboreas nativas para la formacion de sistemas silvopastoriles em las zonas de bosques secos del sureste de Brasil. **Agroforesteria em las Americas** v. 9 n.33-34, p.48-52, 2002.

VIEIRA, J. L. **Relação entre atributos do solo e ocorrência da aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Freire Allemão) na RPPN fazenda Bulcão, médio Rio Doce, MG.** 2008. 75p. Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário de Caratinga.

VILELLA, D.M.; PROCTOR J. Litterfall mass, chemistry, and nutrient translocation in a monodominant forest on Marad Island, Roraima, Brazil. **Biotropica** n.31, p. 198-211, 1999.

VILELLA, D.M.; PROCTOR J. Leaf litter decomposition and monodominance in the *Peltogyne* Forest of Maracá Island, Brazil. **Biotropica**. n.34, v.3, p. 334-347, 2002.

WALL, A.; HEISKANEN, J. Water-retention characteristics and related physical properties of soil on afforested agricultural land in Finland. **Forest Ecology and Management**, v. 186, p. 21-32, 2003.

Artigo 4

Modelo Conceitual da monodominância de *Myracrodruon urundeuva*

Introdução

As florestas tropicais são reconhecidas por apresentarem elevada riqueza florística (Gross et al., 2000), sendo que em alguns trechos podem ocorrer mais de 1.100 espécies diferentes (Amorim et al., 2009), comparado a 20-30 espécies em florestas temperadas (Torti et al., 2001). Muitos estudos investigam as causas da biodiversidade em florestas tropicais (Chapin et al. 2000), em contraste, poucos são os estudos que avaliam o fenômeno da monodominância em contextos tropicais (Peh et al., 2011), e, segundo Fonty et al. (2011) e Richards (1996), compreender os processos que mantêm a monodominância pode ser útil na busca de explicações sobre a riqueza e diversidade de espécies em florestas mistas tropicais.

Os relatos a respeito de florestas tropicais monodominadas iniciaram na década de 1950 (Richards, 1996). Hart et al. (1989), difundiram o termo monodominante, que caracteriza formações florestais onde mais de 50% do número de indivíduos pertencem a uma única espécie, e, segundo Connel e Lowman (1989), a área basal ou cobertura do dossel, podem também ser utilizados para caracterizar tais formações.

A monodominância foi registrada em toda a faixa tropical do globo (Hart et al. 1989, Read et al. 2006, Marimon, 2005) e algumas teorias foram propostas para explicar a monodominância de espécies florestais em contextos tropicais (Peh et al., 2011; Torti et al., 2001). As teorias normalmente sugerem que a monodominância se manifesta a partir de características ecológicas de determinadas espécies, que lhes conferem vantagens para sobreviver e reproduzir (Marimon, 2005). Como vantagens ecológicas de espécies monodominantes são descritas: menor susceptibilidade a herbivoria e ataques de patógenos (Gross et al. 2000; Hart et al., 1989); simbiose micorrízica (Torti et al. 1997, Hart et al. 1989, McGuire, 2008) e frutificação massiva (masting) (Fonty et al., 2011; Ithoh, 1995; Torti et al. 2001; Green e Newbery, 2002).

A ocorrência de espécies monodominantes em florestas mistas indica que características intrínsecas às espécies não podem de forma exclusiva condicionar a monodominância. Assim, associado às vantagens ecológicas, condições do meio físico podem determinar a seleção de plantas adaptadas e criar mecanismos particulares na relação solo-planta que resultam na monodominância. Tais mecanismos podem

condicionar a taxa de sobrevivência de plântulas (ingresso, mortalidade e sobrevivência), a velocidade de decomposição de serrapilheira (McGuire et al. 2008), ou mediar pulsos tóxicos de Mg no solo (Villela e Proctor, 2002; Marimon, 2005). Connel e Lowman (1989) destacam que florestas monodominadas podem surgir em situação de distúrbio ou podem se formar a partir do ingresso gradual de muitos indivíduos da mesma espécie sob um dossel já constituído.

Como condições de distúrbio são citados na literatura, estações secas prolongadas (Connel e Lowman, 1989 e Hart et al., 1989), alagamentos sazonais (Arieira, 2006), condições desfavoráveis de solo (Villela e Proctor, 2002), desenvolvimento sucessional seguido de distúrbio, sempre associada a hipótese do condicionamento espacial (*spatially-based hypotheses*) (Connel e Lowman, 1989), onde a monodominância aparece como um estágio de sucessão inicial de espécies de rápido crescimento em sítios condicionantes.

Conclusão comum a muitos pesquisadores é de que mecanismos individuais não são suficientes para explicar a monodominância em florestas tropicais, sendo sugerido como causa provável da monodominância um conjunto de características peculiares à espécie monodominante combinada a fatores exógenos e/ou físicos (Peh et al., 2011).

É observada certa recorrência entre alguns mecanismos citados como responsáveis pela dominância em florestas tropicais, contudo, os fatores que determinam a monodominância são incertos e podem variar entre florestas (Fonty et al., 2011). As causas e consequências da monodominância de *M. urundeuva* foram ainda pouco estudadas, sendo encontrados estudos que citam a associação da monodominância de *M. urundeuva* a processos de degradação física do solo (Vieira, 2008, Valente, 2005). Além do aspecto ecológico, a monodominância de *M. urundeuva* apresenta implicações sócio-econômicas, esteve na lista de espécies brasileiras ameaçadas de extinção até dez/2014, e ainda é tida como limite produtivo aos agroecossistemas regionais (Murta et al. 2012).

A compreensão de florestas tropicais monodominadas pode emergir a partir da comparação de estudos de casos de forma a integrar mecanismos já conhecidos com novos mecanismos elucidados (Marimon, 2005). Este trabalho tem por objetivo estudar alguns mecanismos e seus efeitos na relação solo-planta em sistemas monodominados por *M. urundeuva*, à luz de mecanismos frequentemente citados

como responsáveis pela monodominância em florestas tropicais (Torti et al., (2001) e Peh, 2009).

Metodologia

Descrição da área de estudo e base de dados

Os fragmentos florestais monodominadas por *Myracrodruon urundeuva* estão distribuídos entre as regiões norte, centro-oeste, e em especial, em alguns municípios do centro-leste do estado de Minas Gerais (Comunicação pessoal EMATER/MG). A monodominância aqui estudada foi observada nos municípios de Aimorés e Tumiritinga, ambos localizados na região conhecida como médio rio Doce, centro-leste de Minas Gerais. As formações de floresta tropical estacional ocorriam de forma contínua ao longo de diferentes toposequências do médio rio Doce (Dean, 2004). Atualmente, após ciclos de desmatamento e pecuária intensiva, da vegetação original resta em torno de 5% (IBGE, 2006). Em mapeamento por classificação supervisionada de imagens de satélite, Oliveira (2011), observou que florestas monodominadas por *M. urundeuva* ocupavam 22% do município de Tumiritinga, ao passo que a vegetação nativa ocupava 2%.

As florestas monodominadas podem formar grandes manchas mas são ordinariamente observadas em pequenos fragmentos de não mais de 3 ha, sempre com transição abrupta entre o uso do solo adjacente, normalmente pastagens. O clima da região é o tropical úmido mega térmico, com precipitação média anual de 1.000 mm, podendo ser irregular entre anos consecutivos. A estação seca é notada entre os meses de Abril a Outubro com ocorrência de déficit hídrico frequente. As florestas monodominadas ocorrem normalmente em solos eutróficos, em especial Argissolos, Nitossolos e Cambissolos, notadamente com superfície exposta e microrelevo característico em processos de erosão laminar, expondo muitas vezes a elevada biomassa radicular de *M. urundeuva*. Nestes sistemas *M. urundeuva* pode apresentar dominância relativa igual a 96% e densidade absoluta de até 1.050 ind/ha (Oliveira, 2011).

A revisão de algumas das principais hipóteses utilizadas para explicar a monodominância em florestas tropicais orientou a seleção daquelas aparentemente melhor relacionadas à monodominância de *M. urundeuva*, as quais foram testadas em

experimentos de campo e laboratório. Os mecanismos estudados foram adaptados e agrupados em um modelo que buscou ilustrar a interação de diversos mecanismos ecológicos e condições de sítio, que de forma integrada possam ser responsáveis pela monodominância de *M. urundeuva*.

Tabela 1. Mecanismos e respectivos efeitos verificados em monodominância tropical.

Mecanismos	Efeitos
Associação micorrízica	Permite a transferência de recursos do meio (água, C, nutrientes) entre plantas adultas e jovens ¹ ; protege contra doenças e patógenos ¹ ; altera composição e concentração de metabólitos secundários no solo ² .
Resistência a herbivoria	Baixo nível de dano em sementes pode aumentar o ingresso de plantas, e baixos níveis de dano foliar pode aumentar a sobrevivência de plântulas ⁷ . É também associado à resistência a patógenos ³ .
Cobertura de dossel	Copa densa, elevado índice de área foliar e cobertura persistente de dossel cria ambiente sombreado, fotolimitante para a sobrevivência de várias espécies ⁴ ; mortalidade de plântulas de espécies não adaptadas a sombra ¹ .
Serrapilheira profunda	Baixa qualidade química de serrapilheira, que se acumula e cria barreira física ao estabelecimento de outras espécies ⁸ ; A decomposição lenta reduz a disponibilidade de nutrientes para outras plantas ou cria pulsos tóxicos ⁶ .
Alelopatia	Produção e liberação no ambiente de metabólitos secundários de potencial fitotóxico a outras espécies e inócuo à espécie monodominante. Proteção a patologias e herbivoria; pode ser relacionada a atividade de FMA's ^{6,8} .
Masting	É um fenômeno atribuído a produção de sementes maciça de forma sazonal. Pode aumentar a sobrevivência e ingresso de plântulas e cria banco de reserva para repor mortalidade ⁴ .
Ausência de distúrbios	A baixa frequência de distúrbios resulta na redução de clareiras e conseqüentemente na redução de espécies intolerantes a sombra, podendo criar um ambiente favorável para espécies monodominantes ^{3,4,5} .
Ingresso de plântulas	Resistência e adaptação de plântulas, como sombreamento, são atribuídos como favoráveis a ocorrência da monodominância ^{3,4} ; hábito gregário onde a germinação é predominantemente próximo a planta mãe ^{3,4} .

¹McGuire (2008); ²Melquisedec (2013); ³Torti et al. (2001); ⁴Peh et al. (2011); ⁵Hart et al (1989); ⁶Villela e Proctor (2002); ⁷Gross et al. (2000); ⁸Marimon (2005).

Embora sejam raras as referências ao estudo da alelopatia em ecossistemas monodominados (Marimon, 2005; Nascimento, 1994), tal fenômeno foi incluso na base de dados referenciais, visto o potencial de ocorrência da alelopatia em ecossistemas florestais (Mallik, 2008). O comportamento físico-hídrico do solo é

também raramente citado em modelos de florestas monodominadas. Em função das condições climáticas locais a disponibilidade hídrica é um fenômeno que pode ter papel importante no condicionamento monodominante de *M. urundeuva*, sendo analisado no presente estudo.

Estudos de campo

Dinâmica da água no solo

A dinâmica da água no solo em uma floresta monodominada por *M. urundeuva* e em uma área de regeneração natural adjacente foi monitorada por 15 meses. Sistemas *dataloggers* coletaram dados horários de temperatura do ar, temperatura do solo e a umidade do solo nas profundidades de 5, 20 e 100cm. Concomitantemente, dados referentes à precipitação foram obtidos em intervalos mensais a partir de estações meteorológicas próximas à unidade de estudo.

Os teores de umidade gravimétrica foram transformados para umidade volumétrica após calibração dos sensores TDR em laboratório. Gráficos e modelos numéricos que permitem estimar parâmetros termais e de potencial hidráulico dos solos foram produzidos e utilizados na análise da dinâmica físico-hídrica nos solos com monodominância de *M. urundeuva*.

Associação micorrízica, atividade microbiológica e dinâmica de MOS

A diversidade microbiana de solos foi analisada por meio de técnicas combinadas de biologia molecular (PCR-DGGE), avaliando-se em especial os genes rDNA 18S, de solos sob monodominância de *M. urundeuva*, pastagem e mata nativa, nos municípios de Tumiritinga-MG e Aimorés-MG.

A diversidade microbiana de solos foi também verificada através de identificação e classificação morfológica de esporos fúngicos por microscopia, e análise de colonização de fungos micorrízicos arbusculares na rizosfera de *M. urundeuva*. A dinâmica da matéria orgânica foi avaliada em solos de fragmentos florestais com monodominância de *M. urundeuva*, pastagem e mata nativa nos municípios de Tumiritinga-MG e Aimorés-MG.

Foram realizadas análises de carbono orgânico e nitrogênio total, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, respirometria e fracionamento das substâncias húmicas. Dos resultados foram derivados índices de qualidade microbiológica dos solos, quais sejam quociente microbiano (qMic), respiração basal (RB) e quociente metabólico (qCO₂).

Caracterização de solos

Foram analisados atributos químicos de solos de fragmentos florestais monodominados por *Myracrodruon urundeuva* em Tumiritinga-MG e Aimorés-MG (rio Doce) e Coronel Murta-MG (Jequitinhonha). Os atributos químicos de solos em monodominância foram comparados com atributos de solos adjacentes, buscando minimizar as variações intrínsecas aos solos na paisagem. Em Tumiritinga e Coronel Murta, os solos adjacentes à monodominância corresponderam a uma pastagem e um fragmento florestal em estágio médio de regeneração. Em Aimorés, devido a ausência de florestas monodominadas por *M. urundeuva* adjacentes a pastagem e mata nativa, a análise química de solos foi comparada com amostras de solo coletadas em monodominância manejada em 2006.

Em cada sistema estudado, foram coletadas, por amostragem casual simples, cinco amostras de solo deformadas a uma profundidade de 0-20 cm e a hipótese de igualdade entre as médias dos parâmetros químicos foi avaliada pelo teste t a 95% de probabilidade. As determinações químicas foram: pH em H₂O; teores de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, Na⁺ trocáveis; P disponível (Mehlich-1); acidez potencial (H + Al), soma de bases (SB); CTC efetiva (t); CTC total (T) e saturação por bases (V). As análises foram feitas conforme Embrapa (1997) e P remanescente (P-rem), segundo Alvarez et al. (1993).

Alelopatia

O potencial alelopático de *M. urundeuva* foi avaliado por meio de bioensaios de fitotoxicidade com extratos hexânicos e metanólicos de folhas, raízes e sementes de *M. urundeuva* sob o crescimento radicular de *Cucumis sativum*. Os extratos metanólicos de folhas, raízes e sementes foram obtidos pelo método de maceração na proporção de 1:5 m/v (droga-vegetal / solvente). Os bioensaios foram conduzidos em

esquema de delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições e cinco concentrações (50, 100, 250, 500 e 1000 ppm), acrescido de uma solução controle utilizando água destilada (0 ppm). O potencial alelopático dos extratos foi avaliado pelo índice de inibição de crescimento utilizado por Zribi et al. (2014)

Resultados e discussões

Revisão de literatura

A revisão de modelos propostos para explicar a monodominância das principais espécies florestais descritas na literatura (Tabela 2), permitiu observar que características ecológicas de determinadas espécies associadas a determinadas condições do meio físico, são os mecanismos mais utilizados para explicar a monodominância (Peh et al., 2011; Marimon, 2005; Torti et al., 2001).

As relações ou vantagens ecológicas das espécies dominantes estão normalmente relacionadas à sobrevivência da espécie monodominante, enquanto as condições de meio físico, estão aparentemente relacionadas ao impedimento de ingresso de outras espécies no sistema, além de privilegiar a espécie dominante adaptada a determinadas condições ambientais.

Destacam-se como mecanismos ecológicos, a cobertura de dossel (Marimon et al. 2012), a estratégia masting (Hart e Murphy, 1989), associações micorrízicas (McGuire et al. 2008) e proteção contra herbivoria (Peh, 2009). Dentre os mecanismos relacionados ao meio físico ou relação solo planta (SP), destaca-se os relacionados à composição e decomposição de serrapilheira (Marimon, 2005; Martijena e Bullock 1994; Peh, 2009) e à tolerância de espécies a condições edáficas especiais (Arieira, 2006; Villela e Proctor, 2002).

O papel da alelopatia em florestas monodominadas só foi testado (e não comprovado) em dois estudos (Marimon, 2005; Nascimento et al. 2007), e não foi observada relação da monodominância com a adaptação de espécies tolerantes a regimes de estresse hídrico. Por considerar o estresse hídrico e a alelopatia fenômenos importantes na relação solo-planta (Mallik, 2008; Van Lier, 2010), estes foram avaliados e incluídos na discussão do modelo de florestas monodominadas por M. urundeuva.

Tabela 2. Revisão de espécies tropicais monodominantes e seus principais mecanismos condicionadores.

Espécie	FM	CC	RH	SP	DoR	DA	Referência
<i>Brosimum rubescens</i>	S	S	S	S	76	380	Marimon (2005)
<i>Celaenodendron mexicanum</i>	S	S	-	N	-	-	Martijena e Bullock (1994)
<i>Cynometra alexandri</i>	N	N	S	N	-	-	Hart e Murphy (1989)
<i>Dicymbe corymbosa</i>	S	S	-	-	85	-	McGuire et al. (2008)
<i>Dryobalanops aromática</i>	S	S	N	S	-	-	Ithoh (1995)
<i>Eperma falcata</i>	S	S	N	S	-	-	Torti et al. (2001)
<i>Gilbertiodendron dewevrei</i>	S	S	S	S	90	-	Peh (2009)
<i>Julbernardia seretii</i>	S	S	N	N	-	-	Hart e Murphy (1989)
<i>Microberlinia bisulcata</i>	S	S	-	S	60	-	Green e Newbery (2002)
<i>Mora excelsa</i>	N	S	S	S	-	-	Torti, Coley e Janos (1997)
<i>Mora gonggrijpii</i>	N	N	S	S	-	-	Connell e Lowman (1989)
<i>Nothofagus sp.</i>	-	-	-	S	-	-	Read et al. (2006)
<i>Parashorea malaanonan</i>	S	S	-	-	-	-	Richards (1996)
<i>Peltogyne gracilipes</i>	N	S	S	S	53	-	Nascimento et al. (2007)
<i>Shorea curtisii</i>	S	S	N	S	-	-	Torti et al. (2001)
<i>Spirotropis longifolia</i>	S	S	-	N	70	714	Fonty et al. (2011)
<i>Myrciaria tenella</i>	-	S	-	N	65	519	Valente (2007)
<i>Vochysia divergens</i>	-	S	-	S	80	380	Arieira (2006)
/	73	86	60	79	-	-	-

FM= Associações com fungos micorrízicos; CC= cobertura de copa; RH= resistência a herbivoria; SP= relações solo-planta-clima; DoR= dominância relativa (%); DA= Densidade absoluta (ind/ha. N= não observado; S= observado; - = dados não encontrados

Ecologia monodominante de *M. urundeuva*

Em florestas tropicais os processos ecológicos são fortemente marcados pela sazonalidade climática, que pode determinar alterações dinâmicas na vegetação em cada estação (Royo e Carson, 2006). A sazonalidade climática parece influenciar florestas monodominadas por *M. urundeuva*, visto que a espécie é decídua (Carvalho, 2003) e a abertura do dossel altera a luminosidade e umidade do sub-bosque, o que pode afetar a regeneração natural e a microbiota do solo (Richards, 1996).

As fases de germinação e estabelecimento de plântulas são etapas críticas no desenvolvimento da regeneração natural, principalmente para espécies arbóreas, as quais são mais sensíveis às variáveis ambientais (Kozlowski, 1997). As florestas monodominadas por *M. urundeuva* estudadas constituem ecossistema sob estresse (Oliveira 2015), onde não se observa banco de sementes, e, na região de estudo, são raros e distantes os fragmentos florestais mistos que podem atuar como fonte de

propágulos. São também raras as observações que caracterizam a regeneração natural de outras espécies por via assexuada, o que resulta em sub-bosque desflorestado, com ausência de cobertura do solo, onde normalmente só é observada uma única espécie: *Myracrodruon urundeuva*.

M. urundeuva apresenta estratégias reprodutivas (seminal e brotamento) vigorosas, ausência de dormência e alto percentual de germinação de semente com cotilédones fotossintetizantes e persistentes (Scalon et al., 2012). A espécie é hábil em se reproduzir de forma assexuada e apresenta perfilhamentos, normalmente com muitos fustes (Figueiroa et al., 2004). Nas áreas com efeito de clareira, observa-se formação de banco com inúmeras plântulas de *M. urundeuva*, procedentes da frutificação maciça entre setembro e outubro e dispersada por anemocoria (Carvalho, 2003).

Segundo Venturoli (2011a), a reprodução vegetativa é um importante mecanismo de regeneração em florestas tropicais estacionais, visto que a regeneração por rebrotas elimina o estágio de vida mais vulnerável à predação e dessecação, iniciando o processo de sucessão a partir de um estágio mais vigoroso (Kammesheidt, 1999). Após o estabelecimento de plântulas de *M. urundeuva*, o rápido crescimento da raiz principal com presença de tuberosidade (Carvalho, 2003) e alocação de biomassa para as raízes em condições de déficit hídrico (Hsiao 1973), favorece a sobrevivência de grande número de ingressos, que com suas folhas compostas, de elevada densidade estomática abaxial (Figueroa et. al., 2004), garante o estabelecimento da espécie em condição de alta luminosidade ou mesmo sob o dossel da floresta monodominada.

Venturoli et al. (2011) não observaram anormalidades, tais como estiolamento, presença de folhas atrofiadas ou enrugadas, brotação excessiva, galhas, nem sinais de ataques por insetos ou por organismos fitopatogênicos em plântulas de *M. urundeuva* em plantio de enriquecimento. O autor observa também que na fase inicial, plantas de *M. urundeuva* mostraram habilidade para se adaptar ao ambiente. É provável que plântulas de *M. urundeuva* apresentem escape à herbivoria e resista bem ao ataque de patógenos. A espécie *M. urundeuva*, mesmo em condição de estresse, mantém nível de resiliência capaz de promover a sua regeneração (Roppa et al., 2012).

M. urundeuva apresenta características de nicho de persistência (Fonty et al. 2011), como bom recrutamento de plântulas, boa dispersão, sementes de alta viabilidade e reprodução vegetativa. A espécie apresenta períodos de frutificação maciça (Gaino et al. 2011) e a regeneração aparentemente não é limitada pelo

suprimento de sementes e plântulas, nem por fatores atuando no estágio de estabelecimento das plântulas.

Estresse hídrico

O estudo do movimento de água no perfil do solo é de grande importância, visto que a disponibilidade de água é um dos fatores limitantes ao crescimento de plantas (Van Lier, 2010), e está relacionada não só ao volume de água que chega ao sistema, mas também à capacidade do solo em reter água (Van Lier, 2010). Nos solos com monodominância de *M. urundeuva* estudados, foi observada baixa disponibilidade de água em camadas superficiais e subsuperficiais, com oscilações mensais de umidade volumétrica abaixo do ponto de murcha permanente. Foram também observadas temperaturas máximas de superfície do solo prolongadas superior a 40°C (Tabela 3).

Tabela 3. Máximo, média, mínimo e desvio padrão do conteúdo de umidade volumétrica ($m^3 m^{-3}$) em cada profundidade estudada nos sistemas AM e RF, em um ano de monitoramento (2013-2014), utilizando a equação calibrada em laboratório. Temperatura de solo média (Tmed), máxima (Tmax) e mínima (Tmin) nas camadas superficiais estudadas.

Layer	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão	Tmed	Tmax	Tmin	Desvio padrão
	----- $m^3 m^{-3}$ -----				----- °C -----			
1 – Aroeira monodominante (AM)								
AM ₅	0,12	0,24 ^a	0,43	0,06	25,60	51,62	25,62	4,30
AM ₂₀	0,10	0,19 ^a	0,43	0,10	-	-	-	-
AM ₁₀₀	0,18	0,26 ^a	0,45	0,08	-	-	-	-
2 – Regeneração secundária (RF)								
RF ₅	0,24	0,28 ^a	0,59	0,06	24,42	38,62	12,05	3,01
RF ₂₀	0,16	0,26 ^a	0,43	0,03	-	-	-	-
RF ₁₀₀	0,39	0,45 ^a	0,64	0,07	-	-	-	-

Em Média, letras sobrescritas diferentes indicam significância no teste t a 95% de significância.

Trovão et al. (2004), observaram que *M. urundeuva* apresentou sob estresse hídrico, potenciais hídricos menos negativos do que espécies cultivadas em condições semelhantes, e manteve alto teor de água em seus tecidos, o que segundo os autores, provavelmente resulta das suas adaptações a condições de estresse hídrico. Queiroz (2002) observou que a redução da atividade fotossintética de *M. urundeuva*, sob estresse hídrico, ocorre mais em função da limitação de condução estomática do que a

danos irreversíveis no fotossistema II, sendo considerada uma espécie tolerante ao estresse hídrico.

Após interrupção de 7 dias de estresse hídrico, plântulas reidratadas de *M. urundeuva* recuperaram completamente as condições de pre-estresse e apresentaram respostas ecofisiológicas similares as das plântulas regularmente irrigadas (Queiroz 2002). Figueirôa et al. (2004) demonstram que plântulas de *M. urundeuva* (até 3 cm de altura) quando submetidas a diferentes regimes hídricos (25%, 50% e 75% da capacidade de campo) apresentam melhor desenvolvimento a 25% da capacidade de campo.

Segundo Mapfumo (1994), o desenvolvimento de raízes pivotantes ou superficiais é facultativo e dependente de condições ambientais, como a profundidade de lençol freático, sendo que uma mesma planta em um mesmo solo pode apresentar desenvolvimento radicular diferente, tanto em profundidade como em densidade radicular. De toda forma, é sabido que uma planta com sistema radicular menos desenvolvido experimentará a falta d'água em estágio anterior do que uma planta em que o sistema radicular se desenvolveu mais, da mesma forma que se reconhece que plantas podem desenvolver estratégias adaptativas para resistir ao estresse hídrico bem como explorar nichos específicos de água no solo.

Nas florestas monodominadas por *M. urundeuva*, a baixa disponibilidade de água somada às elevadas temperaturas de solo em superfície, pode reduzir ou inibir a germinação de sementes de outras espécies que ocasionalmente cheguem ao solo e trazer limitações para o desenvolvimento de plântulas introduzidas em virtude do estresse hídrico. Já as plântulas de *M. urundeuva* parecem suportar a condição de estresse nestes sistemas, lançando mão de estratégias adaptativas para sobreviver em condições de baixa disponibilidade hídrica. Nos sistemas monodominados por *M. urundeuva*, a baixa disponibilidade hídrica no solo pode estar relacionada ao elevado escoamento superficial, baixa infiltração de água (Oliveira 2015), e alto consumo de água por indivíduos de *M. urundeuva*, em decorrência da elevada biomassa radicular bem distribuída por toda a camada intermediária de solo (20-60 cm).

McGuire et al. (2008) observaram que a intrincada rede de hifas de fungos micorrízicos contribui no suprimento de água e nutrientes para plântulas de *Dyckia corymbosa* em monodominância. Os autores observaram conexões do sistema radicular de plântulas com árvores adultas e concluíram que esta relação é de grande importância para a manutenção da monodominância da espécie.

Simbiose micorrízica

Alguns autores têm sugerido que interações entre fungos micorrízicos e espécies florestais pode estar relacionada à ocorrência da monodominância, sendo contudo uma relação não exclusiva (Connell e Lowman, 1989; Peh et al., 2011; Torti e Coley, 1997; McGuire et al. 2008). Siddiqui et al. (2008) apresentam estudo onde é demonstrado que FMA's podem atenuar o efeito de estresse hídrico sob o crescimento de plantas e atuar como bioprotetor ao ataque de patógenos. De acordo com Cavalcante et al, (2001), a contribuição dos fungos micorrízicos arbusculares é otimizada em condição de deficiência hídrica, atribuindo-se o papel preponderante da relação fungo-planta para a manutenção do crescimento do vegetal nesta condição.

McGuire et al. (2008) demonstram que a associação de *Dycimbia corymbosa* com micorizas é de grande importância para a monodominância da espécie em ecossistemas tropicais. Os autores descrevem mecanismos mediados por FMA's que conferem vantagens a árvores adultas e plântulas de *D. corymbosa* em florestas monodominantes. Nestes sistemas, plântulas de *D. corymbosa* apresentaram aumento de 50% na taxa de germinação e 70% maior sobrevivência em floresta dominante quando comparada a floresta mista. Os autores observaram colonização de micorizas em 100% de plântulas de *D. corymbosa* em floresta monodominada enquanto que em floresta mista a colonização foi de 14%. Nestas florestas também foi observada influência de associações micorrízicas na ciclagem de nutrientes e maior acúmulo de serrapilheira.

Nos fragmentos florestais monodominados por *M. urundeuva* mecanismo análogo pode ocorrer. Foi constatada a associação simbiótica de FMA's com *M. urundeuva* em monodominância utilizando técnicas moleculares e identificação morfológica. Foi observado que a monodominância impacta a estrutura e diversidade microbológica do solo, sendo notada comunidades específicas de FMA's na rizosfera de florestas monodominadas por *M. urundeuva*. Nestes sistemas foi constatada rápida decomposição de serrapilheira sem acúmulo de carbono no solo. Foi também observado menores taxas de atividade microbológica associadas a índices de qualidade microbológica do solo inferiores, quando comparado a solos de usos adjacentes às florestas monodominadas (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros da dinâmica da matéria orgânica e microorganismos, de solos com monodominância de *M. urundeuva* em Tumiritinga, MG.

Site	COT dag kg	CBM $\mu\text{g g}^{-1} \text{ C}^{-1}$	NBM $\mu\text{g g}^{-1} \text{ C}^{-1}$	qCO ₂ mg C-CO ₂	RB mg C kg ⁻¹ de solo	C/N -	NE n
MN	4,7	525,1	31,8	3,04	1,60	21	995
PT	2,8	320,0	27,9	4,83	1,55	15	473
AM	2,3	248,7	8,7	5,07	1,26	13	594

COT=Carbono orgânico total; CBM= Carbono da biomassa microbiana; NBM= nitrogênio da biomassa microbiana; qCO₂= quociente metabólico; RB= respiração microbiana; C/N=relação C/N no solo; NE= número de esporos no solo.

A condição de estresse hídrico associada à elevada temperatura e radiação na superfície do solo podem reduzir a atividade microbiana e criar condição estressante para o desenvolvimento de plantas. Em monodominância, a associação de FMA's com *M. urundeuva* pode disponibilizar recursos da rizosfera (água em especial) e favorecer a sobrevivência de plântulas da espécie dominante. Este mecanismo já foi observado por McGuire et al. (2008), onde plântulas se conectavam a plantas adultas através de uma rede de conexão de hifas. O estímulo à relação simbiótica de plântulas e FMAs pelo estresse hídrico já foi observado (Amorim, 2004), onde somente plântulas simbiotes se recuperaram após interrupção do estresse hídrico. Outro aspecto importante diz respeito à produção e liberação de aleloquímicos mediados por microorganismos (Siddiqui, 2008).

Neste sentido Melquisedc et al. (2013) observaram que a simbiose entre *M. urundeuva* e *Acaulospora longula* inoculada aumentou a produção de metabólitos primários e secundários e alterou a composição bioquímica da fitomassa de *M. urundeuva*. Neste estudo o conteúdo e a concentração de proteínas totais, carboidratos solúveis, fenóis totais e flavonóides totais foliares em mudas de *M. urundeuva* aumentaram em função da inoculação com FMA. Dado a elevada produção de metabólitos secundários de *M. urundeuva* (Queiroz, 2002), e dos potenciais antimicrobianos de alguns metabólitos (Viana, 2003; Mello, 2007), o papel bioquímico de *M. urundeuva* possivelmente exerce influência em sistemas monodominados pela espécie.

Alelopatia

Segundo Mallik (2008), alelopatia é um importante fator a ser considerado em qualquer ecossistema florestal submetido a estresse. Aleloquímicos podem ser liberados por uma árvore de diferentes formas, como volatilização, decomposição de material orgânico ou exsudação radicular. Os aleloquímicos liberados podem ser hidrofílicos ou hidrofóbicos, podem ser absorvidos na superfície do solo, transportado por fenômenos de lixiviação ou persistir em resíduos de plantas (Rice, 1984).

Os aleloquímicos liberados por folhas, raízes, sementes ou outro tecido da planta, por sua vez, podem afetar a germinação de sementes, crescimento radicular, crescimento foliar, relações simbióticas, reprodução e padrão de distribuição de organismos (Reigosa et al., 2013). Kohl (1993), destaca que alelopatia pode influenciar processos de sucessão em comunidades de plantas ocasionando o rápido desaparecimento de espécies pioneiras (Rice, 1994) e desencadeando longa duração de fases intermediárias.

Segundo Li et al. (2015), microorganismos do solo são um dos mais importantes fatores determinantes de efeitos alelopáticos em campo. Segundo os autores, microorganismos do solo podem degradar aleloquímicos, acumulá-los ao longo do tempo, aumentar a degradação e alterar efeitos alelopáticos em invasões biológicas. Segundo Duke (2010), microorganismos do solo podem alterar a fitotoxidez de metabolitos secundários e aleloquímicos podem alterar a composição, estrutura e densidade da flora microbiana em solos. Kohl (1993) observou que há maior exsudação radicular e maior produção de aleloquímicos em ambientes sob estresse hídrico e Reigosa et al., (2013) indicam a radiação UV como condição que pode estimular a produção de aleloquímicos. Ambas as condições foram observadas na floresta monodominada por *M. urundeuva* estudada, bem como foi observada especificidade genética de FMA's em solos da florestas monodominada (Oliveira, 2015).

Foi observado que *M. urundeuva* produz metabólitos secundários com potencial fitotóxico (Tabela 5) e que estes se acumulam preferencialmente nas folhas de indivíduos adultos. Eventuais substâncias alelopáticas produzidas e liberadas em condição de campo podem alterar a rizosfera e eliminar determinadas comunidades microbianas enquanto seleciona organismos especializados.

Tabela 5. Comprimento médio de raízes de *Cucumis sativus* germinadas em solução com extratos metanólicos de *Myracrodruon urundeuva* sob diferentes concentrações.

Tratamento	EMF	EMR	EMS
0 ppm	128,5 ± 4,2 ^a	122,9,1 ± 7,3 ^a	122,6 ± 6,9 ^a
50 ppm	75,2 ± 3,3 ^b	99,1 ± 7,1 ^b	121,1 ± 7,3 ^a
125 ppm	58,7 ± 1,8 ^b	85,0 ± 6,5 ^c	122,6 ± 7,0 ^a
250 ppm	39,6 ± 1,5 ^c	77,3 ± 5,5 ^c	111,2 ± 8,4 ^a
500 ppm	36,1 ± 1,4 ^c	78,5 ± 5,1 ^c	110,0 ± 6,6 ^a
1000ppm	32,4 ± 1,7 ^c	80,2 ± 7,1 ^c	121,1 ± 4,0 ^a

Onde: EMF=Extrato metanólico de folhas; EMR=Extrato metanólico de raízes; EMS=Extrato metanólico de sementes. *Letras sobrescritas diferentes indicam significância do teste Tuckey a 95% de probabilidade.

Parâmetros químicos e físicos de solos

Os solos sob monodominância de *M. urundeuva* estudados são classificados como eutróficos (EMBRAPA, 2006), apresentaram acidez fraca ou média, e embora analisada sem considerar tipo de solo, clima, topografia, entre outros aspectos ambientais, indicam não apresentar restrições quanto à fertilidade química e à nutrição de plantas.

Diferentes autores atribuem comportamento calcícola à *Myracrodruon urundeuva* (Meguro et al. 2007; Pott e Pott 2003; Heringer e Ferreira 1973). Costa Filho (1987) observaram que a espécie é bastante exigente em cálcio (Ca) e ou magnésio (Mg), e Finger e Oestreich (2014), observaram agrupamentos de *M. urundeuva* relacionados positivamente com as variáveis saturação por magnésio, saturação de bases, saturação por cálcio.

Vieira (2008) observou maiores teores de Ca²⁺ nos horizontes A e B de solos em áreas monodominadas por *M. urundeuva*, quando comparados com os teores de Ca²⁺ de solos com baixa densidade de *M. urundeuva*. O autor menciona que a prevalência da ocorrência de *M. urundeuva* em monodominância se dá em solos eutróficos e com alto teor de cálcio. Em ensaio silvicultural com *M. urundeuva*, Melo e Faria (2000) observaram baixo incremento de altura e diâmetro, e concluíram que a qualidade de solos foi o fator determinante para o desenvolvimento da espécie. Tratava-se de Argissolos distróficos.

Villela e Proctor (2002), em estudo de ciclagem de nutrientes, observaram que folhas de *Peltogyne* correspondem a 40% da composição da serrapilheira de florestas dominantes. Os autores chamam a atenção para a elevada concentração de magnésio no material (4,33 – 5,87 mg.g⁻¹), o que revelou um intrincado feedback entre o solo e a

vegetação na disponibilidade do magnésio no solo superficial das florestas de *Peltogyne*. Os autores consideraram a elevada razão Mg/Ca do solo ($2,5 \text{ mg.g}^{-1}$) como importante fator que explica diferenças florísticas entre a floresta de *Peltogyne* e os demais tipos florestais de terra firme em Maracá, sendo que a elevada concentração de Mg pode criar uma barreira tóxica ao estabelecimento de outras espécies e provocar um pulso de entrada de Mg ao solo através da serrapilheira.

Tabela 6. Análises químicas de solos de florestas monodominadas por *Myracrodruon urundeuva* e usos adjacentes em três municípios de Minas Gerais.

Site	pH	P	K	Ca	Mg	SB	t	T	V	P _{rem}
	H ₂ O	mg dm ⁻³				cmol. dm ⁻³			%	mg L ⁻¹
Tumiritinga										
Aroeira	6,2 ^a	1,2 ^a	88,2 ^a	3,1 ^a	2,0 ^a	5,4 ^a	5,4 ^a	9,0 ^a	59,1 ^a	39,3 ^a
Mata Nativa	5,9 ^a	2,0 ^a	101,0 ^a	2,9 ^a	2,0 ^a	5,2 ^a	5,2 ^a	9,8 ^a	52,3 ^a	39,7 ^a
Pastagem	5,8 ^a	1,5 ^a	95,6 ^a	2,3 ^b	1,7 ^b	4,2 ^b	4,2 ^b	7,6 ^b	53,5 ^a	40,0 ^a
Aimorés										
Aroeira	6,6 ^a	5,2 ^a	31,4 ^a	6,2 ^a	1,7 ^a	8,0 ^a	8,0 ^a	9,7 ^a	82,5 ^a	32,1 ^a
Regeneração	6,6 ^a	6,6 ^a	86,2 ^b	6,0 ^a	2,0 ^a	8,3 ^a	7,3 ^a	9,5 ^a	76,3 ^a	32,9 ^a
Coronel Murta										
Aroeira	6,6 ^a	10,3 ^a	503,3 ^a	5,1 ^a	1,0 ^a	7,5 ^a	7,5 ^a	9,9 ^a	75,7 ^a	53,7 ^a
Mata Nativa	6,5 ^a	49,7 ^a	184,3 ^b	4,9 ^a	1,4 ^a	6,8 ^a	6,8 ^a	8,9 ^a	76,2 ^a	59,5 ^a
Pastagem	6,3 ^a	2,9 ^b	236,7 ^c	1,5 ^b	0,9 ^a	3,0 ^b	3,1 ^b	5,5 ^b	54,7 ^b	55,2 ^a

Letras diferentes indica significância do teste t a 95% de probabilidade.

A relação cálcio e magnésio (Ca:Mg) é amplamente discutida no campo agrônomo. A competição entre cálcio e magnésio pelos sítios de adsorção no solo pode afetar o desenvolvimento das plantas e desencadear outros processos (Moreira et al., 1999). Segundo Salvador et al. (2011), as relações Ca:Mg iguais a 3:1 e 1:1, conferem equilíbrio no balanço nutricional quanto aos teores foliares de cálcio e magnésio, favorecendo a manutenção desses nutrientes na planta.

Embora *Myracrodruon urundeuva* não pareça ser uma espécie acumuladora do íon Mg, ($\text{Mg/Ca} = 0,34 \text{ mg.g}^{-1}$), a aparente predileção de *M. urundeuva* por solos eutróficos e com elevados teores de Ca^{2+} , constitui informação importante a ser agregada em modelos que expliquem a monodominância da espécie, e fornecem informação útil para pesquisas de mapeamento e análise de distribuição espacial da espécie na paisagem.

Modelo conceitual da monodominância de *M. urundeuva*

Os dados levantados no presente estudo indicam que como outras monodominâncias descritas na literatura (Hart et al., 1989; Torti et al., 2001), no médio rio doce MG, a monodominância de *M. urundeuva* não pode ser explicada por um único mecanismo, mas sim, pelo conjunto de características ecológicas da espécie, que interage e altera condições físicas e edáficas ecossistêmicas (Figura 1).

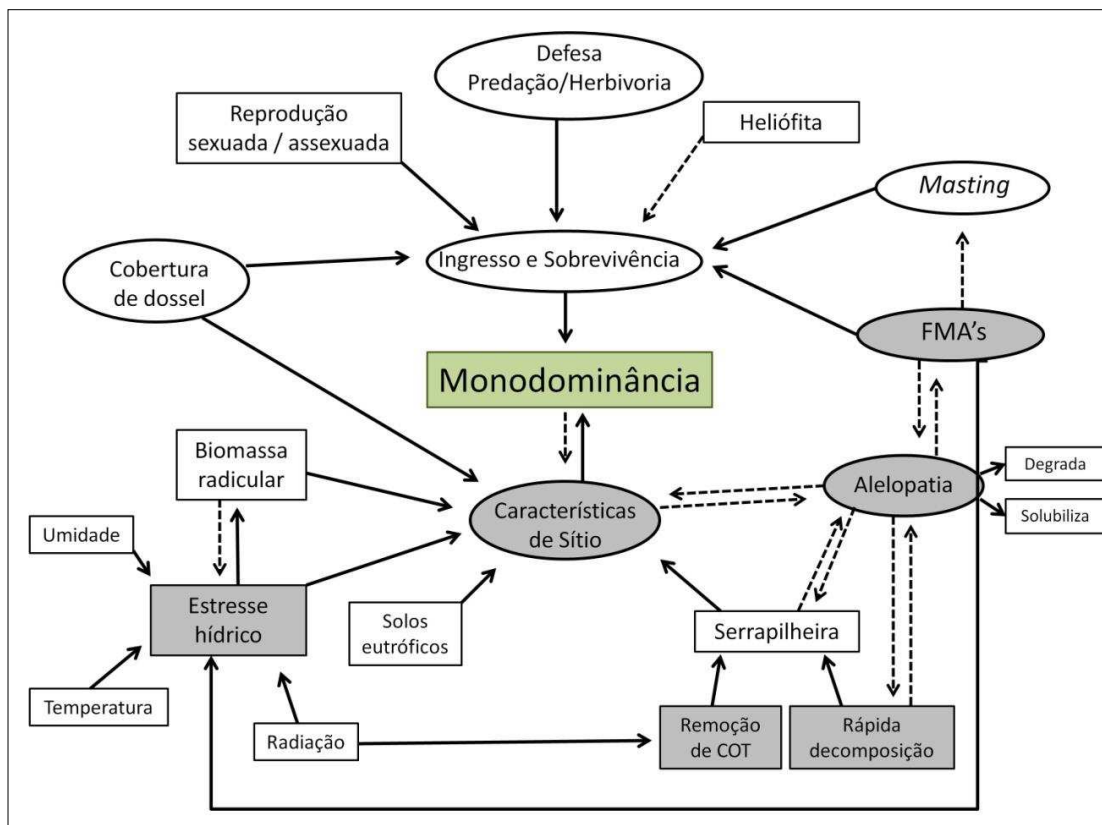


Figura 1. Modelo de causas e efeitos da monodominância de *M. urundeuva*, onde caixas ovais = Mecanismos da monodominância clássica (Peh 2009); Caixas preenchidas = mecanismos e processos estudados; Linhas tracejadas = efeitos prováveis; Linhas sólidas = efeitos observados e relatos científicos.

Características ecológicas de *M. urundeuva* obtidas na literatura e observadas em campo demonstram que a espécie é eficiente na competição por recursos e se torna dominante através da colonização de áreas abertas, em especial pastagens degradadas, com reposição gradual de indivíduos através de intrincadas relações de causas e consequências que resultam na dominância persistente da espécie.

Os mecanismos aparentemente mais relacionados à monodominância de *M. urundeuva* podem ser classificados e divididos em dois grupos. Um relacionado às

estratégias de ingresso e sobrevivência da espécie monodominante e outro relacionado às alterações nas características de sítio que criam condições recalcitrantes e inóspitas ao desenvolvimento de outras plantas (Figura 2).

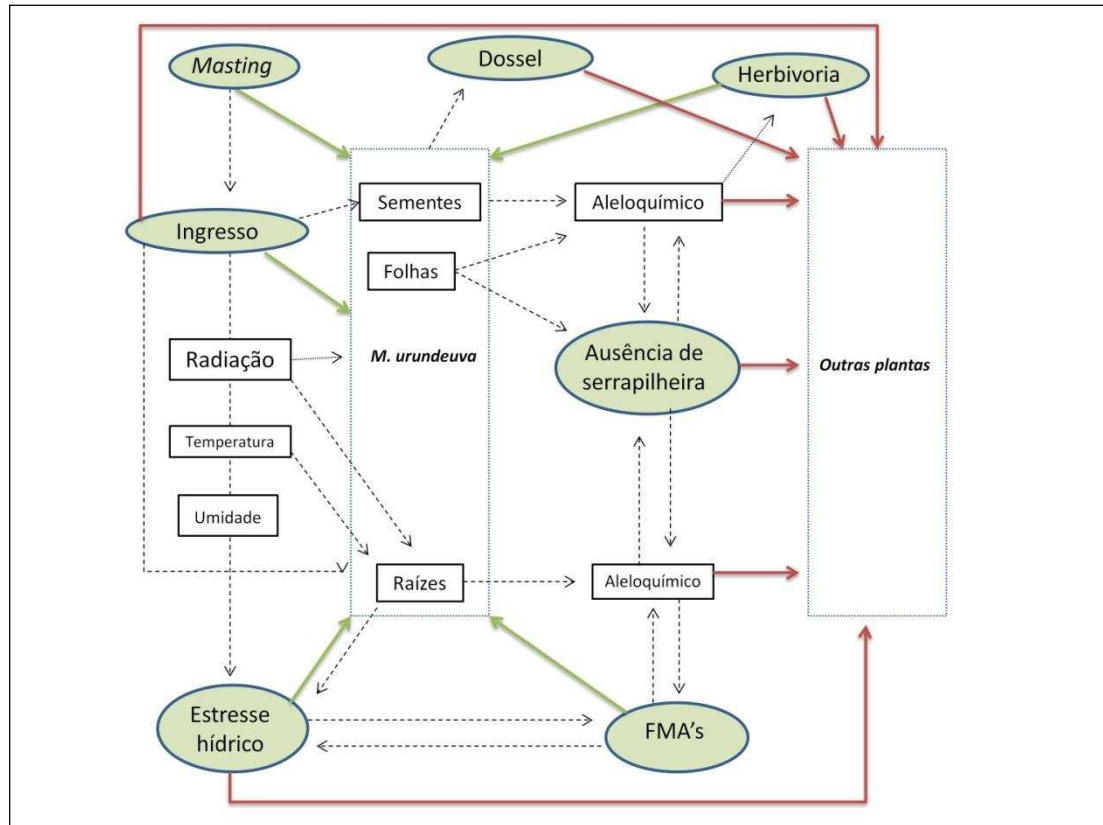


Figura 2. Relações ecológicas e aspectos físicos em florestas monodominadas que, favorecem *M. urundeuva* (setas verdes), e dificultam o ingresso de outras plantas (setas vermelhas).

O escape à herbivoria, a eficiência reprodutiva com elevada sobrevivência de plântulas, a frutificação maciça, além da característica heliófila e de rápido crescimento da espécie (Silva et al., 2006; Queiroz, 2002), são estratégias ecológicas e/ou adaptativas de *M. urundeuva*, que provavelmente determinam o ingresso e sobrevivência da espécie mesmo em ambientes sob estresse e favorecem a monodominância. As associações micorrízicas podem favorecer a eficiência de alguns destes mecanismos, sendo relatada na literatura relações entre simbiose micorrízica e a estratégia masting, escape a herbivoria e eficiência reprodutiva.

As características de sítio peculiares aos fragmentos florestais monodominados por *M. urundeuva*, estão aparentemente inter-relacionadas em fenômenos de causa e efeito e devem influenciar a monodominância da espécie pelo estabelecimento de

condições insalubres ao desenvolvimento de outras plantas, e que por outro lado não reduzem as chances de sobrevivência de *M. urundeuva*.

A dinâmica de dossel nestes sistemas cria sub-bosque sombreado em determinados períodos do ano onde plantas exigentes a luz não conseguem sobreviver. A elevada biomassa radicular de *M. urundeuva*, além de possibilitar a exploração de amplo volume de solo pela espécie, pode estar relacionada a processos de erosão do solo, contribuir para o elevado consumo de água nestes sistemas, e produzir e liberar aleloquímicos. As elevadas temperaturas e radiação na superfície do solo associadas à reduzida infiltração e disponibilidade de água no solo, podem alterar as comunidades microbianas no solo e criam condições de estresse hídrico que eliminam as chances de ingresso de outras plantas no sistema ao passo que *M. urundeuva* é resistente a essas intempéries.

Os processos de perda de matéria orgânica em camadas superficiais do solo alteram a dinâmica de decomposição da serrapilheira, reduzem a atividade microbiológica, e podem desencadear a produção e liberação de metabólitos secundários de potencial alelopático na solução do solo. Conforme observado nas figuras 1 e 2, alguns dos fenômenos descritos estão relacionados em intrincada rede de causas e consequências que propiciam a manifestação persistente da monodominância da espécie florestal *Myracrodruon urundeuva*.

Conclusões

A monodominância de *M. urundeuva* pode ser explicada pelo conjunto de características intrínsecas à espécie associadas a características do meio onde a espécie se desenvolve e modifica. A eficiência reprodutiva, as elevadas taxas de crescimento de plântulas, a resistência à herbivoria e ataque de patógenos, associadas à tolerância ao estresse hídrico e a exploração de nichos específicos através de associações com FMA's, parece conferir elevado ingresso e sobrevivência de plântulas de *M. urundeuva* em sistemas pós-distúrbio e garantir vantagens adaptativas e competitivas frente a outras espécies. Possíveis efeitos alelopáticos, associados à condição de estresse hídrico, solos de horizonte A decapitado, ausência de banco de sementes e ausência de serrapilheira, e elevada biomassa radicular, parecem modificar as condições ambientais no sub-bosque e impedir o ingresso de outras plantas, e, desta forma, manter o status quo monodominante.

Os resultados das análises químicas e físicas dos solos em florestas monodominadas por *M. urundeuva* demonstram papel secundário de tais atributos na monodominância da espécie, contudo, a predileção de *M. urundeuva* por solos eutróficos, em especial com elevados teores de Ca²⁺, constitui informação importante para estudos de mapeamento da monodominância da espécie na paisagem.

A comprovação do fenômeno alelopático requer investigações complementares, em especial estudos *in situ*. Contudo, a gama de metabólitos secundários produzidos pela espécie e a inibição do crescimento radicular da espécie alvo observada no presente estudo indicam que alelopatia é um fenômeno a ser levado em consideração em estudos de ecossistemas monodominados por *M. urundeuva*.

Referencias Bibliográficas

ALVAREZ, V.H.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. **Determinação de fósforo remanescente**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 10p. 1993.

AMORIM, S.M.C.; PAIM, A.C.B.; SILVA, M.G. Efeito do déficit hídrico sobre a colonização endomicorrízica em duas espécies vegetais típicas da região semi-árida do nordeste. **Revista de Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**. v.33, p.23-26, 2004.

AMORIM, A.M. et al. Angiospermas em remanescentes de floresta montana no sul da Bahia. **Brasil Biota Neotrop**. n.9, v.3, p. 313-348, 2009.

ARIEIRA, J.; CUNHA, C.N. Fitossociologia de uma floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), no Pantanal Norte, MT, Brasil. **Acta Botânica Brasil**, n.20, v.3, p.569-580, 2006.

CARVALHO, P.E.R. *Espécies Arbóreas Brasileira*. Brasília: Embrapa Florestas, 2003.

CAVALCANTE, U.M.T.; MAIA, L.C.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; SANTOS, V.F.; Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo inoculadas com fungos micorrizicos arbusculares e submetidas ao estresse hídrico. **Acta Botânica Brasileira**. v.15, p. 379-390, 2001.

CHAPIN, F.S. et al. Consequences of changing biodiversity. **Nature**. v.405, p.234-242, 2000.

CONNELL, J.H. e LOWMAN, M.D. Low-diversty tropical rain forests: some possible mechanisms for their existence. **American Naturalist**, v.134, p.88-119. 1989.

COSTA FILHO, R.T. Crescimento da aroeira em resposta a calagem, fósforo e potássio. 1997. Dissertação (Mestrado) Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 54p. 1997

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira.** São Paulo: Cia. das Letras, 484 p. 2004.

DUKE, S.O. Allelopathy: Current status of research and future of the discipline: a commentary. **Allelopathy Journal.** n.25, v.1, p.17-30, 2010.

EMBRAPA-Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisas em Solos. **Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas em Solos. 212p. 1997.**

FAHN, A. **Plant anatomy.** Oxford, Pergamon Press, 1990.

FIGUEIRÔA, J.M.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, n. 3, p.573-580. 2004.

FINGER, Z. e OESTREICH FILHO, E. Efeitos do solo e da altitude sobre a distribuição de espécies arbóreas em remanescentes de cerrado *sensu stricto*. **Advances in Forestry Science.** v.1, n.1, p.27-33, 2014.

FONTY, É.; MOLINO J.F.; PRÉVOST, M.F.; SABATIER, D. A new case of neotropical monodominant forest: *Spirotropis longifolia* (Leguminosae-Papilionoideae) in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology.** n.27, p.641–644, 2011.

GAINO, A.P.S.C et.al. Mating system in *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae): implications for conservation genetics. **Revista Brasil. Bot.**, v.34, n.4, p.545-551, 2011.

GREEN, J.J. e NEWBERY, D.M. Reproductive investment and seedling survival of the mast-fruited rain forest tree, *Microberlinia bisulcata* A. Chev. **Plant Ecology**, n.162, p.169–183, 2002.

GROSS, N.D.; TORTI, S.D.; FEENER JR, D.H.; COLEY, P.D. Monodominance in an African Rain Forest: Is Reduced Herbivory Important? **Biotropica** n.32, v.3, p. 430-439, 2000.

HART, T.B., HART, J.A.; MURPHY, P.G. Monodominant and species-rich forests in the humid tropics: causes for their co-occurrence. **American Naturalist**, 133, 613–633, 1989.

HERINGER, E.P.; FERREIRA, M.B. Aroeira, Gonçalo e Gibatão: **O gênero *Astronium* e sua importância florestal.** Embrapa Cerado: Brasília, v.5, n.2, p.24-33, 1973.

- HSIAO, T.C. Plant response to water stress, **Annual Review Plant Physiology**. n.24, p. 519-570, 1973.
- KAMMESHEIDT, L. Forest recovery by root suckers and above-ground sprouts after slash-and-burn agriculture, fire and logging in Paraguay and Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**, n.15, p. 143-157. 1999.
- KOHL, K. Allelopathy and water stress of purple nutsedge (*Lyperus rotundus* L.). Master Thesis. University of Hawaii, Honolulu. **Journal of Chemical Ecology** n.28, v.6, p. 1173-1182. 1993.
- KOZLOWSKI, T. T., AND S. G. POLLARDY. **Physiology of woody plants**. Academic Press, San Diego, California. 1997.
- LI, Yang-Ping, FENG, Yu-Long, CHEN, Ya-Jun, TIAN, Yao-Hua. Soil microbes alleviate allelopathy of invasive plants. **Science Bulletin** v.60, n.12, p. 1083-1091, 2015
- ITHOH, A. Effects of forest floor environment on germination and seedling establishment of two Bornean rainforest emergent species. **Journal of Tropical Ecology**. n.11, p.517–527, 1995.
- MALLIK, A. Allelopathy: Advances, Challenges and Opportunities. In.: ZENG, S.R.; MALLIK, A.U.; LUO, S.M. **Allelopathy in sustainable agriculture and forestry**. New York: Springer, 2008. p.25-38.
- MAPFUMO, E.; ASPINALL, D.; HANCOCK, T.W. Growth and development of roots of Grapevine in relation to water uptake from soil. **Annals of Botany**. n.75, p.75-85, 1994.
- MARIMON, B.S. **Dinâmica de uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. e comparação com um floresta mista em Nova Xavantina – MT**. (2005). Tese (Doutorado em Ecologia). Brasília: Universidade Federal de Brasília, 222p. 2005.
- MARIMON, B.S.; FELFILI, J.M.; FAGG, C.W.; MARIMON-JUNIOR, B.H.; UMETSU, R.K.; SANTOS, C.O.; MORANDI, P.S.; LIMA, H.S.; NASCIMENTO, A.R.T. Monodominance in a forest of *Brosimum rubescens* Taub. (Moraceae): structure and dynamics of natural regeneration. **Acta Ecológica**. n.43, p.134-139, 2012.
- MARTIJENA, N. E. e BULLOCK, S. H. Monospecific dominance of a tropical deciduous forest in México. **Journal of Biogeography**, n. 21, p. 63-74, 1994.
- MARTIJENA, N. E. Soil properties and seedling establishment in soil from monodominante and high-diversity stands of the tropical deciduous forest of Mexico. **Journal of Biogeography**. n.25, p. 707-719, 1998.
- MC GUIRE, K. L.; HENKEL, T. W.; CERDA, I. G. VILLA, G.; EDMUND, F.; ANDREW, C. Dual mycorrhizal colonization of forest-dominating tropical trees and

the mycorrhizal status of non-dominant tree and liana species. **Mycorrhiza** n.18, p.217–222, 2008.

MEGURO, M.; PIRANI, J.R.; MELLO-SILVA, R.; CORDEIRO, I. Composição florística e estrutura das florestas estacionais decíduas sobre calcário a oeste da cadeia do espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Bol. Bot. Univ. Sao Paulo** 25(2): 147-171. 2007

MELLO, M.J.R. **Atividade antiinflamatória, cicatrizante e antimicrobiana do extrato aquoso da aroeia-do-sertão a 20% (Myracrodruon urundeuva Fr.All.) aplicado em fraturas expostas induzidas em mandíbula de coelho.** 2007. 67p. Dissertação (Mestrado em Cirurgia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2007.

MELO, A.C.G.; FARIA, H.H. **Três ensaios de crescimento para espécies arbóreas de valor comercial em plantio consorciado a espécie pioneira em Paraguaçu Paulista-SP.** Boletim 24 EMBRAPA, 2000.

MELQUISEDEC, S. O.; CAMPOS, M. A. S.; ALBUQUERQUE, U. P.; SILVA, F. S. B. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) affects biomolecules content in Myracrodruon urundeuva seedlings. **Industrial Crops and Products.** n.50, p. 244–247, 2013.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999.

MURTA, R.O.; MARTINS, R. M.; OLIVEIRA, F. O.; COELHO, F. M. G. Desenvolvimento regional no médio rio Doce/MG: Análise da viabilidade jurídica do manejo sustentável da aroeira. **Revista Direito GV.** São Paulo: v.8, n.2, p.455-484, 2012.

NASCIMENTO, M.T.; BARBOSA, R.I; VILLELA, D.M.; PROCTOR, J. Aboveground live biomass changes over an 11-year period in an Amazon monodominant forest and two other lowland forests. **Plant Ecology**, n.192, p.181-191, 2007.

OLIVEIRA, F. P. **Monodominância de aroeira: Fitossociologia, relações pedológicas e distribuição espacial em Tumiritinga, MG.** 2011. 87p. Dissertação (Mestrado Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2011.

PEH, K.S. **The relationship between species diversity and ecosystem function in low- and high-diversity tropical African forests.** Ph.D. thesis, Universidade de Leeds, Leeds. (2009).

PEH, K.S.; LEWIS, S. L.; LLOYD, J. Mechanisms of monodominance in diverse tropical tree-dominated systems. **Journal of Ecology.** n.99, p. 891-898, 2011.

POTT, A. e POTT, V.J. 2003. Espécies de fragmentos florestais do Mato Grosso do Sul. In **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste** (R.B. Costa, org.). Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, p.27-52. 2003.

QUEIROZ, C.G.S.; GARCIA, Q.S.; LEMOS FILHO, J.P.L. Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de aroeira-do-sertão sob estresse hídrico e após reidratação. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. n.14, v.1, p.59-63, 2002.

READ, J.; JAFFRÉ, T.; FERRIS, J.M.; McCOY, S.; HOPE, G.S. Does soil determine the boundaries of monodominant rain forest with adjacent mixed rain forest and maquis on ultramafic soils in New Caledonia? **Journal of Biogeography**. v.33, p.1055-1065, 2006.

REIGOSA, M.R.; GOMES, A.S.; FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. Allelopathic research in Brazil. **Acta Botanica Brasílica** n.27, v.4, p. 629-646, 2013.

RICE, E.L. **Allelopathy**. 2ª ed.. New York: Academic Press, 1984. 422 p.

RICHARDS, P.W. **The Tropical Rain Forest**. 2 ed. Cambridge, Cambridge University Press. 1996.

ROYO, A.A. e CARSON, W. P. On the formation of dense understory layers in forests worldwide: consequences and implications for forest dynamics, biodiversity, and succession. **Can. J. For. Res.** n.36, p.1345–1362, 2006.

ROPPE C.; VALCARCEL R.; BAYLÃO JUNIOR, H. F. Avaliação da regeneração em ecossistemas perturbados como indicador da restauração em ambientes com marcada estacionalidade, Nova Iguaçu (RJ). **Floresta**. v. 42, n. 2, p. 257-268, 2012.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T.C.; LUCCHESI, L. A.; C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 9, n. 1, 2011

SCALON, S.P.Q.; SCALON FILHO, H.; MASETTO, T. E. Aspectos da germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de aroeira. **Cerne**. v.18, n.4 p. 533-539, 2012.

SIDDIQUI, Z.A.; AKHTAR, M.S.; FUTAI, K. (Edits) **Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry**. Springer: Netherlands, 362p, 2008.

SILVA, J.A. et al. **Banco de Germoplasma de Espécies Florestais Nativas do Campo Experimental Sucupira. Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) Anacardiaceae**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006, 46p.

SILVA, L. Á. e SCARIOT, A. Composition and structure of an arboreal community in a deciduous forest on limestone outcrop. **Rev. Árvore** v.28, n.1, 2004.

TORTI, S.D., COLEY, P.D. e JANOS, D.P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in two tropical monodominant tree species. **Journal of Tropical Ecology**, n.13, p. 623–629, 1997.

TORTI, S. D., COLEY, P. D. e KURSAR, T. A. Causes and consequences of monodominance in tropical lowland forests. **The American Naturalist** n.157, v.2, p. 141-153, 2001.

TROVÃO, D. M. B.; FERNANDES, M. P.D.; ANDRADE, L.A.; DANTAS NETO, J.; OLIVEIRA, A. B.; QUEIROZ, J. A. Avaliação do potencial hídrico de espécies da Caatinga sob diferentes níveis de umidade no solo. **Revista de biologia e ciências da Terra**.v. 4, n.2, 2004.

VALENTE, A.S.M. **Composição, estrutura e similaridade florística do estrato arbóreo de três fragmentos de Floresta Atlântica, na Serra Negra, município de Rio Preto, Minas Gerais, Brasil.** (2007). Mestrado (Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação dos Recursos Naturais). Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 77f. 2007.

VALENTE, E.L. **Caracterização da intensidade de degradação do solo e da cobertura vegetal de uma área no médio Rio Doce, utilizando imagens IKONOS II.** 2005. 89p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. 2005.

VAN LIER, Q.J. (Edit.) **Física do Solos.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Física do Solo. 298f. 2010.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Avaliação temporal da regeneração natural em uma floresta estacional semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás. **Rev. Árvore** v.35 n.3, 2011a.

VENTUROLI, F.; FAGG, C. W.; FELFILI, J. M. Desenvolvimento inicial de *Dipteryx alata* vogel e *Myracrodruon urundeuva* Allemão em plantio de enriquecimento de uma floresta estacional semidecídua secundária. **Biosci. J.** v. 27, n. 3, p. 482-493, 2011.

VIANNA, G.S.B.; BANDEIRA M.A.M.; MATOS F.J.A. Analgesic and antiinflammatory effects of chalcones isolated from *Myracrodruon urundeuva* Allemão. **Phytomedicine**, v. 10, p. 189–195, 2003.

VIEIRA, J. L. **Relação entre atributos do solo e ocorrência da aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Freire Allemão) na RPPN fazenda Bulcão, médio Rio Doce, MG.** 2008. 75p. Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário de Caratinga.

VILLELA, D.M. e PROCTOR, J. Leaf Litter Decomposition and Monodominance in the *Peltogyne* forest of Maracá Island, Brazil. **Biotropica**, n.34, v.3, p. 334- 347. 2002.

ZRIBI, I.; OMEZZINE, F.; HAOUALA, R. Variation in phytochemical constituents and allelopathic potential of *Nigella sativa* with developmental stages. **South African Journal of Botany**. n.94, p. 255-262, 2014.

CONCLUSÕES GERAIS

As informações científicas que constam no presente trabalho de tese indicam que na região do médio rio Doce, MG, a monodominância de *Myracrodruon urundeuva* ocorre em função do sinergismo de eventos associados a fatores edáficos e ecológicos. Os mecanismos aqui identificados corroboram com aqueles citados em investigações sobre monodominância de espécies florestais em regiões temperadas e tropicais.

Os estudos fitossociológicos demonstraram que a monodominância de *Myracrodruon urundeuva* é caracterizada por baixos valores de riqueza e diversidade de espécies e uma das mais elevadas dominâncias registradas na literatura. Estudos diversos de características ecológicas e utilitárias demonstram que *M. urundeuva* é uma espécie nobre da flora brasileira, apresenta múltiplos usos e, assim como outras tantas espécies florestais, potencial de inserção em sistemas produtivos subestimado.

A avaliação do ambiente edáfico onde crescem populações monodominadas demonstrou que os solos em monodominância apresentam níveis avançados de degradação física e biológica, em especial com ausência de serrapilheira, erosão laminar avançada, muito baixa disponibilidade hídrica em camadas superficiais, com notória presença de sistema radicular agressivo e de rápido crescimento de *M. urundeuva*. Neste cenário, um modelo conceitual da monodominância de *Myracrodruon urundeuva* pode ser observado pela figura 1 e descrito da forma que segue:

Após distúrbio, a produção massiva de sementes (Masting) associada a reprodução assexuada eficiente confere elevada resiliência a *M. urundeuva* e garante sua sobrevivência em pastagens degradadas ou regeneração natural sob distúrbio.

Em sítios comuns, o controle antrópico e/ou a competição conduz a sistemas agrícolas ou à regeneração de matas com valores médios de densidade absoluta de *M. urundeuva* próxima a 10 ind/ha. Em sítios favoráveis (solos podzolizados, eutróficos, degradados, em declividade acentuada, afloramentos de rocha), a associação de mecanismos ecológicos da espécie favorece o ingresso e crescimento de populações monodominadas por *M. urundeuva*, ao passo que características de sítio (normalmente associadas a processos de degradação de solos), tornam o ambiente recalcitrante ao desenvolvimento de outras espécies.

Como características ecológicas da espécie destacam-se a eficiência reprodutiva com elevadas taxas de ingresso e sobrevivência, crescimento rápido sob condições de alta radiação solar, escape a herbivoria, e sistema radicular agressivo e de rápido crescimento que permite explorar grande volume de solo, potencializa as funções de assimilação de água e nutrientes através de associações simbióticas com fungos micorrízicos arbusculares, e garante a resistência ao estresse hídrico.

Quanto as condições recalcitrantes de sub-bosque, destaca-se a deteriorização da qualidade física e microbiológica do solo e a cobertura de copa, que ampliam as restrições para o estabelecimento de outros vegetais. Adicionalmente, *M. urundeuva* pode utilizar interferência passiva liberando aleloquímicos que inibem o desenvolvimento de plantas competidoras que originalmente compunham o banco de sementes. Com o passar do tempo, o esgotamento do banco de sementes, a ausência de fragmentos florestais próximos que forneçam diásporos, o elevado grau de degradação do solo, em especial o horizonte A decaptado, contribuem para a manutenção do status quo monodominante com populações de *M. urundeuva* que alcançam até 1.000 ind/ha (Figura 1).

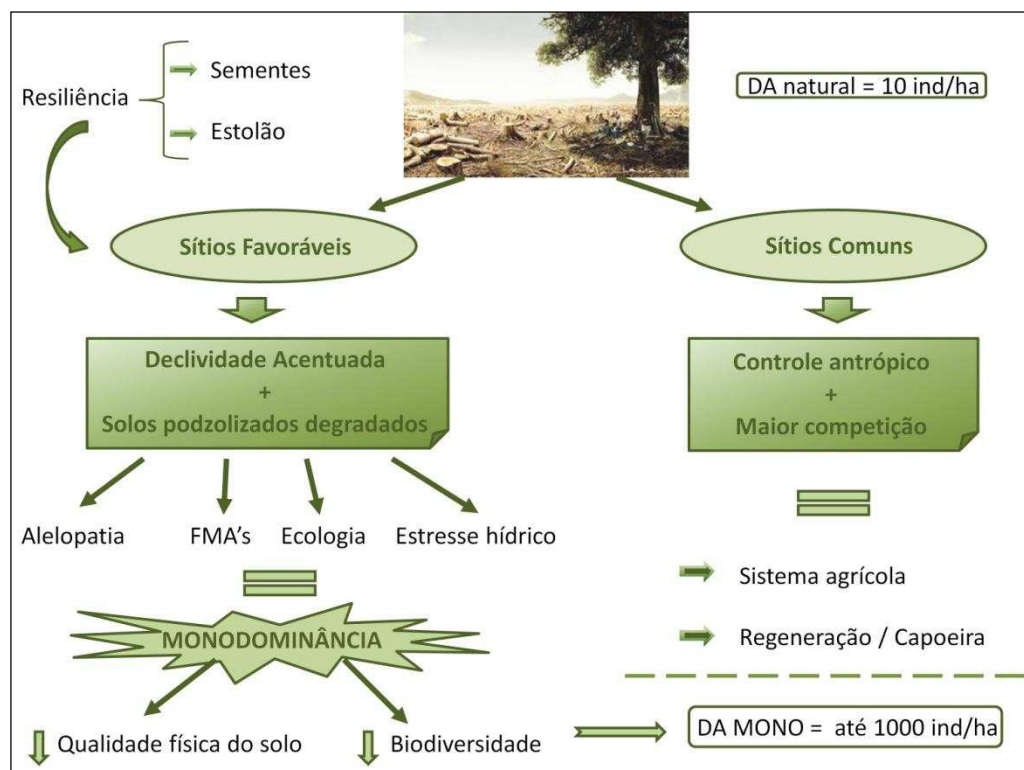


Figura 1. Modelo conceitual para o uso do solo pós-distúrbio na região do médio rio Doce, MG.

Dado a dimensão que os povoamentos monodominados por *M. urundeuva* ocupam na paisagem, as implicações que a monodominância impõe sobre a biodiversidade, sob a conservação dos solos, e sob a sustentabilidade dos agroecossistemas locais, fazem-se necessários estudos complementares que busquem regulamentar sistemas de manejo para a espécie em contextos monodominantes. Os mecanismos e processos aqui sugeridos podem subsidiar a elaboração de planos de manejo florestal sustentável que, conciliando a produção madeireira e não madeireira sejam capazes de aumentar a produtividade e a renda do produtor rural. Neste sentido, sistemas silvipastoris e agroflorestais devem ser considerados como estratégias eficientes para o caso descrito.

Contudo, permanecem ainda questionamentos quanto aos mecanismos relacionados as fases iniciais da monodominância de *M. urundeuva*. Neste sentido pode-se refletir: *M. urundeuva* deve ser utilizada em plantios de enriquecimento e projetos de recuperação de áreas degradadas em solos eutróficos nos domínios das florestas estacionais decíduais e semidecíduais?

ANEXO FOTOGRAFICO



Foto 1 – Transição abrupta entre os sistemas Monodominância de aroeira e Pastagem.



Foto 2 – Estratégias reprodutivas de aroeira, reprodução sexuada e assexuada.



Foto 3 – Aroeiral no assentamento 1 de Junho, Tumiritinga, MG.

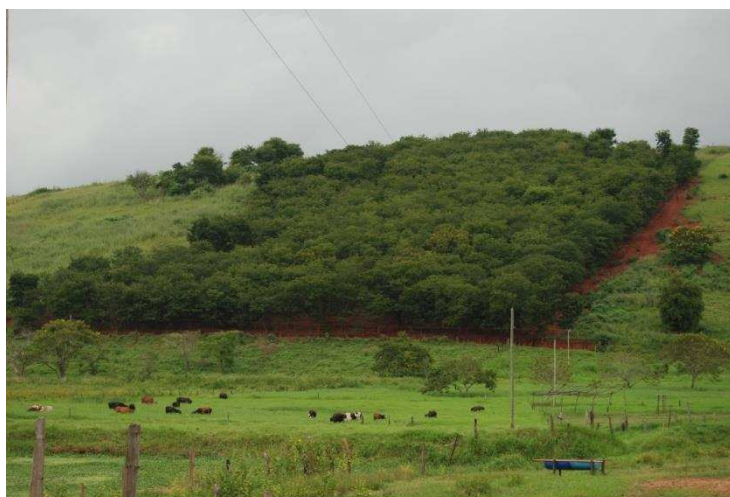


Foto 4 – Uso do solo predominante em Tumiritinga: Pastagem e aroeira monodominante



Foto 5 – Susceptibilidade à erosão dos solos nos aroeirais



Foto 6 – Desbaste seletivo em aroeiral em Tumiritinga, MG.