

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURÍ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA FLORESTAL**

**XAVIER DOMINIQUE MARIE CHAUVET**

**USO DE SISTEMA AGROFLORESTAL NA IMPLANTAÇÃO DE RESERVA LEGAL**

**DIAMANTINA**

**2017**

**XAVIER DOMINIQUE MARIE CHAUVET**

**USO DE SISTEMA AGROFLORESTAL NA IMPLANTAÇÃO DE RESERVA LEGAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucurí como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência Florestal.

Orientador: prof. Dr. Israel Marinho Pereira

**DIAMANTINA**

**2017**

Ficha Catalográfica – Sistema de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecária: Jullyele Hubner Costa CRB-6/2972

C511u Chauvet, Xavier Dominique Marie.  
    Uso de sistema agroflorestal na implantação de reserva legal /  
Xavier Dominique Marie Chauvet – Diamantina, 2017.  
    78 p. : il.

Orientador: Israel Marinho Pereira

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Florestal) –Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha  
e Mucuri.

1. Aroeira. 2. Controle de invasoras. 3. Regeneração natural. 4.  
*Urochloa decumbens*. I. Pereira, Israel Marinho. II. Título.

**CDD 634.9**

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

XAVIER DOMINIQUE MARIE CHAUVET

**USO DE SISTEMA AGROFLORESTAL NA IMPLANTAÇÃO DE RESERVA  
LEGAL**

Dissertação apresentada ao  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM CIÊNCIA FLORESTAL - STRICTO  
SENSU, nível de MESTRADO como  
parte dos requisitos para obtenção do  
título de MAGISTER SCIENTIAE EM  
CIÊNCIA FLORESTAL

Orientador : Prof. Dr. Israel Marinho  
Pereira

Data da aprovação : 01/08/2017



Prof. Dr. JOÃO CARLOS COSTA GUIMARÃES - UFSJ



Prof. Dr. JOSE BARBOSA DOS SANTOS - UFVJM



Prof.ª Dr.ª MIRANDA TITON - UFVJM



Prof. Dr. ISRAEL MARINHO PEREIRA - UFVJM

DIAMANTINA

A Deus, seu amor incondicional e por ele, a todas as almas que se fizeram presente durante esta longa travessia que me levou a finalizar esta etapa.

Aos meus pais, Gabriel e Marie, pelo amor, pelos ensinamentos e abertura ao mundo.

A minha esposa Maria pelo amor, paciência, atenção e apoio.

A Amélia, René, Aline, Renildo e Angélica pelo carinho, paciência e apoio.

A Sofia e Bernardo pela esperança sempre renovada.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Israel, pela orientação, disponibilidade, confiança, amizade e pelos ensinamentos que permitiram a realização deste trabalho.

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e ao Departamento de Engenharia Florestal da UFVJM que incentivaram e ajudaram para que tivesse acesso ao mestrado.

Aos professores Miranda, José Barbosa e João, membros da banca examinadora, pela ajuda e pelas correções e sugestões.

Aos colegas professores Márcio, Evandro, Cristiano, Éric; técnicos, Andreza, Múcio, Paulo, Thiago e servidores Alvino e José Roberto pela disposição em ajudar nos trabalhos, na solução de dúvidas e pelas sugestões desde o planejamento até a conclusão desta pesquisa.

A todos, o meu muito obrigado!

## RESUMO

CHAUVET, Xavier Dominique Marie. **Uso de sistema agroflorestal na de implantação de Reserva Legal**, UFVJM, 2017. 75p. (Dissertação – Mestrado em Ciência Florestal)

Estimativas indicam que 33% das terras agrícolas no mundo se encontram em algum estágio de degradação, afetando principalmente a qualidade dos solos, a biodiversidade e a disponibilidade de água. O Brasil concentra 140 milhões de hectares de áreas degradadas, dos quais 30 milhões são pastagens com baixíssima produtividade de alimento para os animais. A degradação do solo e dos ecossistemas nativos, bem como a dispersão de espécies exóticas são as maiores e mais amplas ameaças à biodiversidade. Em grande parte do país o proprietário de um imóvel rural tem a obrigação de registrar 20% da sua superfície como área de Reserva Legal. Apesar da obrigatoriedade, em muitas propriedades ainda se verifica a sua inexistência. Dentro do contexto da necessidade de implementação de Reserva Legal e da indisponibilidade de áreas preservadas com vegetação nativa foi realizado um experimento em uma área de pastagem degradada na qual se comparou o plantio isolado da aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) com dois arranjos de sistema agroflorestal onde além da aroeira utilizaram-se como culturas anuais ou semi-perenes o feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Hunth) e a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). O experimento foi implantado em área de domínio do Bioma Cerrado. O delineamento estatístico obedeceu ao modelo “tipo leque” proposto por Nelder, (1962), onde analisou-se três arranjos de plantio (aroeira a pleno sol, aroeira + feijão guandu e aroeira + feijão guandu + mandioca) em dez espaçamentos (555 a 3333 plantas de aroeira ha<sup>-1</sup>) completando 30 tratamentos. Após 26 meses de implantação do experimento a sobrevivência da aroeira foi de 100%, o crescimento da aroeira em altura, diâmetro e cobertura de copa não foi influenciado pelos tratamentos e demonstrou o caráter calcífila da espécie. A regeneração arbórea-arbustiva não foi favorecida pelo arranjo que continha aroeira, feijão guandu e mandioca. A grande maioria da regeneração arbórea-arbustiva foi originada de brotações de raízes pré-existentes à implantação do experimento. A regeneração herbácea foi influenciada pelo tipo de arranjo. O arranjo da aroeira a pleno sol permitiu a invasão de *Urochloa decumbens*. O arranjo da aroeira, do feijão guandu e da mandioca permitiu um excelente controle de herbáceas invasoras, porém limitou nesta fase inicial o desenvolvimento da regeneração arbustiva-arbórea. O arranjo com aroeira e feijão guandu controlou a invasão de *Urochloa decumbens*.

**Palavras chave:** Aroeira, Controle de invasoras, Regeneração natural, *Urochloa decumbens*.

## ABSTRACT

CHAUVET, Xavier Dominique Marie. **Use of an agroforestry system for establishing Legal Reserve**, UFVJM, 2017. 75p. (Thesis – Master in Forest Science)

Estimates indicate that 33% of the world's agricultural land is in some stage of degradation, mainly affecting soil quality, biodiversity, and water availability. Brazil concentrates 140 million hectares of degraded areas, of which 30 million hectares are pastures with very low feed productivity. Degradation of native soil and ecosystems, and the dispersal of alien species are major and broader threats to biodiversity. The owner of a rural property has the obligation to register 20% of the area as a Legal Reserve area. Despite this obligation, in many ownerships the Legal reserve is non still existing. Within the context of the demand to recover degraded agricultural areas for the final implementation of Legal Reserve was carried out an experiment in an area of degraded pasture, in which an agroforestry system was compared with the isolated planting of an arboreal species. The arboreal species was *Myracrodruon urundeuva* Allemão and the annual or semi-perennial crops were Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and Pigeon pea (*Cajanus cajan* (L) Hunth). The experiment was inserted in a typical Cerrado phytophysiognomy. The statistical design was based on Nelder's model (1962), where 3 plant arrangements (Aroeira, Aroeira + Pigeon pea and Aroeira + Pigeon pea + Cassava) were analyzed in 10 spacings (555 to 3333 Plants of aroeira.ha-1) completing 30 treatments. After 26 months of implantation, the survival rate of aroeira was 100%, the growth of the aroeira in height, diameter and crown cover was not influenced by treatments and expressed the calcific character of the species. The arboreal-shrub regeneration was not favored by the arrangement that contained Aroeira, Pigeon pea and Cassava. A great majority of the tree-shrub regeneration originated from rootstocks pre-existing to the implantation of the experiment. Herbaceous regeneration was influenced by the type of arrangement. The arrangement of the aroeira in full sun allowed the invasion of *Urochloa decumbens*. The arrangement of aroeira, pigeon pea and cassava allowed an excellent control of invasive herbaceous plants, but limited at this initial phase the development of tree-shrub regeneration. The arrangement with Aroeira and pigeon pea controlled an invasion of *Urochloa decumbens*.

Keywords: Aroeira, Alien species control, Natural regeneration, *Urochloa decumbens*.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - a) Mapa de localização de Couto de Magalhães de Minas (MG); b) Representação da área do experimento na Fazenda Experimental do Rio Manso / UFVJM; c) Representação da área do experimento no contexto do entorno .....	25
Figura 2 - a) Croqui do experimento representando a distribuição dos espaçamentos (parcelas de 3 a 18m <sup>2</sup> ) em função dos arranjos A (Aroeira a pleno sol), A+G (Aroeira + Guandu) e A+G+M (Aroeira + Guandu + Mandioca); b) Valores do raio inicial (r0), raio dos tratamentos (r1 a rn), ângulo entre os raios e área associada a cada planta (A1 a An) no delineamento sistemático em leque .....	27
Figura 3 - Raio representativo da metodologia de amostragem para a avaliação da regeneração herbácea, com a representação do posicionamento do gabarito de 1m <sup>2</sup> nas diferentes parcelas analisadas .....	31
Figura 4 - Análise de Componente Principal (PCA) representada com os agrupamentos dos arranjos de plantio segundo os componentes da textura nos perfis de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade .....	36
Figura 5 - Análise de Componente Principal (PCA) com representação vetorial dos componentes da textura nos perfis de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade .....	37
Figura 6 - Análise de Componente Principal (PCA) representada com os agrupamentos dos arranjos de plantio segundo os elementos químicos nas faixas do solo de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade .....	39
Figura 7 - Análise de Componente Principal (PCA) representada com os autovetores dos elementos químicos nas faixas do solo de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60cm de profundidade ....	40
Figura 8 - Análise de Componente Principal (PCA) representada com os agrupamentos dos arranjos segundo os componentes do ambiente físico .....	42
Figura 9 - Análise de Componente Principal (PCA) com os autovetores dos componentes do ambiente físico .....	42
Figura 10 - Representação do agrupamento dos arranjos de plantio segundo a Análise de Componentes Principais (CCA) para o incremento em altura e cobertura de copa da aroeira	44

Figura 11 - Representação da Análise de Componentes Principais (CCA) para o incremento em altura e cobertura de copa da aroeira com os autovetores das variáveis ambientais .....	45
Figura 12 - Semivariograma ajustado com os resíduos do incremento em altura da aroeira	46
Figura 13 - Semivariograma ajustado com os resíduos do incremento da cobertura de copa da aroeira .....	46
Figura 14 - Semivariograma ajustado com os resíduos do incremento em diâmetro da aroeira .....	47
Figura 15 - Perfil de diversidade dos arranjos segundo a série de Rényi para a regeneração arbustiva-arbórea no tempo 2 .....	51
Figura 16 - Diagrama de Venn para as espécies da regeneração natural nos tempos 1 e 2 .	53
Figura 17 - Importância (%) das espécies em comum relativa ao total das espécies em cada arranjo no tempo 2 .....	53
Figura 18 - Importância em número de indivíduos por hectare ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) das espécies em comum relativa ao total das espécies em cada arranjo no tempo 2 .....	54
Figura 19 - Diagrama de importância das espécies (Whittaker) para os arranjos A, A+G e A+G+M .....	54
Figura 20 - Análise de redundância da regeneração arbustiva-arbórea no tempo 2 em relação ao ambiente físico e espacial do experimento .....	55
Figura 21 - Gráfico representativo da CCA da regeneração herbácea onde: Guandu é a produção do feijão guandu, SB 0-20 é a saturação por base no horizonte de 0 a 20 cm, $q\text{CO}^2$ é o quociente metabólico da biomassa microbiana, e Luz é a luminosidade .....	59
Figura 22 - Perfil de diversidade dos arranjos segundo a série de Rényi para a regeneração arbustiva-arbórea no tempo 2 para as parcelas da regeneração herbácea (fonte: PAST) .....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distância radial, área disponível por planta e densidade de plantio por hectare (plantas.ha <sup>-1</sup> ) para os tratamentos de espaçamentos .....	25
Tabela 2 - Valores médios e respectivos desvios padrões (Desv.pad.) da textura do solo para os arranjos de: Aroeira (A), Aroeira + Feijão Guandu (A+G) e Aroeira +Feijão Guandu + Mandioca (A+G+M) .....	35
Tabela 3 - Valores dos eixos da Análise de Componente Principal (PCA) para os componentes da textura nos perfis de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade .....	36
Tabela 4 - Valores médios dos componentes químicos do solo nas faixas de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60cm de profundidade para os arranjos de: Aroeira (A), Aroeira + Feijão Guandu (A+G) e Aroeira +Feijão Guandu + Mandioca (A+G+M) .....	37
Tabela 5 - Valores dos eixos da PCA dos componentes químicos nas faixas de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60cm de profundidade .....	38
Tabela 6 - Eixos significativos para a Análise de Componente Principal (PCA) na definição das características do ambiente físico do experimento .....	41
Tabela 7 - Variáveis ambientais ordenadas pelo comprimento de seu 1º autovetor na Análise de Componente Principal (PCA) do experimento .....	41
Tabela 8 - Autovalores dos eixos da Análise de Componentes Principais (CCA) entre o incremento em altura e cobertura de copa da aroeira e as variáveis ambientais .....	43
Tabela 9 - Correlações de Pearson entre as variáveis de incremento em altura (lnialt), diâmetro (idiam), cobertura de copa (icopa) e as características evidenciadas na análise de correspondência canônicas: Respiração basal (resp_basal), teor de cálcio no horizonte de 0 a 20 cm (Ca_0_20), teor de cálcio no horizonte de 20 a 40 cm (Ca_20_40) e teor de areia grossa no horizonte de 40 a 60 cm (A.G_40_60) .....	45
Tabela 10 - Resultados de sobrevivência, da significância (p valor) das análises de variância, de coeficiente de variação (CV) e teste de média (Tukey) para os incrementos em altura, diâmetro e cobertura de copa; (*) demonstra significância >95% para ANOVA; (a) letras iguais remetem a médias estatisticamente iguais a 95 % pelo teste de Tukey .....	47

Tabela 11 - Densidade da Regeneração Natural de espécies arbustivas-arbóreas aos 14 meses após o plantio (tempo 1) e 26 meses (tempo 2) nos diferentes arranjos de plantio na adequação ambiental de uma área de agricultura degradada. Em que: A (aroeira), A+G (Aroeira +Guandu) e A+G+M (Aroeira + Guandu + Mandioca) .....	49
Tabela 12 - Mortalidade (Mort.) e ingresso (Ingr.) de indivíduos.ha <sup>-1</sup> entre os tempos 1 e 2. Em que: A (aroeira), A+G (Aroeira +Guandu) e A+G+M (Aroeira + Guandu + Mandioca)	50
Tabela 13 - Riqueza, Abundância, Dominância, Diversidade e Equabilidade no tempo 2 para a Regeneração Natural das espécies arbóreas em uma área em recuperação por meio do uso de um Sistema Agroflorestal. Em que: A (aroeira), A+G (Aroeira +Guandu) e A+G+M (Aroeira + Guandu + Mandioca) (A+G+M) .....	51
Tabela 14 - Índice de correlação entre área basal e área de copa e ordenamento pelos valores de cobertura das espécies mais abundantes na regeneração no tempo 2, VC.AB = valor de cobertura com área basal, VC.AC = valor de cobertura com área de copa .....	52
Tabela 15 - Análise de correspondência canônicas (CCA) da regeneração arbustiva-arbórea no tempo 2 em relação ao ambiente físico do experimento .....	55
Tabela 16 - Características das espécies arbustivo-arbóreas da regeneração natural no tempo 2 classificadas segundo a abundância em ordem decrescente; Anemo = anemocórica, Auto. = autocórica, Zoo. = zoocórica, Exig. = exigência .....	56
Tabela 17 - Importância absolutas (I.Abs) e relativas (I.Rel) da cobertura total e por espécies da regeneração herbácea nos arranjos A, A+G e A+G+M .....	58
Tabela 18 - Autovalores dos eixos da CCA da regeneração herbácea .....	58
Tabela 19 - Peso das espécies da regeneração herbácea em relação aos eixos 1 e 2 .....	60
Tabela 20 - Valores médios por arranjo de soma de base (SBem Cmolc/dm <sup>3</sup> ), Luminosidade (KLux), Produção de Guandu (Guandu em Kg.ha <sup>-1</sup> ) e Quociente metabólico (qCO <sup>2</sup> em ug. C-CO <sub>2</sub> . g <sup>-1</sup> .mg de C-Biomassa.h <sup>-1</sup> ) .....	60

Tabela 21 - Coeficiente de correlações entre as variáveis do ambiente físico da CCA da regeneração herbácea onde: Guandu é a produção do feijão guandu( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ), SB é a saturação por base no horizonte de 0 a 20 cm( $\text{Cmolc/dm}^3$ ), $q\text{CO}_2$  é o quociente metabólico da biomassa microbiana ( $\text{ug. C-CO}_2. \text{g}^{-1}.\text{mg de C-Biomassa.h}^{-1}$ ), e Luz é a luminosidade (KLux) ..... 60

Tabela 22 - Índices de Riqueza, Abundância, Dominância, Diversidade e Equabilidade no tempo 2 para as parcelas da regeneração herbácea e para o conjunto de parcelas menos as parcelas nº10 ..... 61

Tabela 23 - Coeficientes de correlações entre valores da Cobertura total de herbácea (Cob\_T), da cobertura absoluta de *Waltheria indica* (W.abs), *Richardia grandiflora* (R.Abs), *Urochloa decumbens* (U.Abs) e os valores de densidade absoluta da regeneração arbustivo-arbórea (D.Abs) ..... 62

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>16</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1 Reserva legal</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2 Sistemas Agroflorestais</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3 Aroeira do sertão</b> .....	<b>20</b>
<b>3.4 Feijão Guandu</b> .....	<b>21</b>
<b>3.5 Mandioca</b> .....	<b>22</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1 Localização e caracterização da área do experimento</b> .....	<b>24</b>
<b>4.2 Instalação do experimento</b> .....	<b>25</b>
<b>4.3 Variáveis mensuradas</b> .....	<b>29</b>
4.3.1 <i>Análises químicas e texturais do solo</i> .....	29
4.3.2 <i>Compactação do solo</i> .....	29
4.3.3 <i>Atividade microbiana do solo</i> .....	29
4.3.4 <i>Luminosidade</i> .....	30
4.3.5 <i>Sobrevivência e crescimento</i> .....	30
4.3.6 <i>Comunidade arbustiva-arbórea regenerante</i> .....	30
4.3.7 <i>Cobertura do solo pelo estrato herbáceo</i> .....	31
<b>4.4 Análise estatística</b> .....	<b>31</b>
4.4.1 <i>Análises químicas e texturais</i> .....	31
4.4.2 <i>Análise em conjunto do ambiente físico do experimento</i> .....	32
4.4.3 <i>Sobrevivência e crescimento</i> .....	32
4.4.4 <i>Análise da regeneração arbustiva-arbórea nos tempos 1 e 2</i> .....	33
4.4.5 <i>Análise da cobertura do solo pelo estrato herbáceo e da regeneração arbustiva-arbórea do tempo 2</i> .....	34

<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1 Análise do ambiente físico do experimento .....</b>	<b>34</b>
5.1.1 <i>Análise da textura do solo .....</i>	34
5.1.2 <i>Análise dos componentes químicos do solo .....</i>	37
5.1.3 <i>Análise em conjunto do ambiente físico do experimento .....</i>	40
<b>5.2 Efeitos dos tratamentos na sobrevivência e no crescimento da aroeira do sertão ...</b>	<b>42</b>
5.2.1 <i>Análise do comportamento da aroeira em relação ao ambiente físico do experimento</i>	42
5.2.2 <i>Análise da dependência espacial da sobrevivência e do crescimento da aroeira .....</i>	46
5.2.3 <i>Sobrevivência da aroeira .....</i>	47
5.2.4 <i>Incremento em altura da aroeira .....</i>	48
5.2.5 <i>Incremento em diâmetro da altura .....</i>	48
5.2.6 <i>Incremento da cobertura de copa da aroeira .....</i>	48
<b>5.3 Composição da comunidade arbustivo-arbórea regenerante .....</b>	<b>48</b>
<b>5.4 Composição da regeneração da cobertura vegetal herbácea .....</b>	<b>58</b>
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>6.1 Sobrevivência e crescimento da aroeira do sertão .....</b>	<b>62</b>
<b>6.2 Composição da comunidade arbustivo-arbórea regenerante .....</b>	<b>64</b>
<b>6.3 Composição da regeneração da cobertura vegetal herbácea .....</b>	<b>66</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>68</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a FAO (2015) 33% das terras agrícolas no mundo se encontram em estágio moderado ou avançado de degradação, afetando principalmente a qualidade dos solos, a biodiversidade e a disponibilidade de água. Todos os continentes estão atingidos, porém a falta de renda é um fator agravante às consequências deste grave problema que assola a humanidade.

O Brasil concentra 140 milhões de hectares de áreas degradadas, dos quais 30 milhões são pastagens com baixíssima produtividade de alimento para os animais (MAPA, 2014). Práticas agrícolas inadequadas promovem parte da degradação desses solos, gerando erosão eólica e/ou hídrica, perda de matéria orgânica, compactação superficial, salinização, lixiviação de nutrientes e poluição dos solos. A degradação do solo, dos ecossistemas nativos e a dispersão de espécies exóticas são as maiores e mais amplas ameaças à biodiversidade mundial (KLINK; MACHADO, 2005).

De acordo com a FAO (2009) é necessário aumentar os investimentos em prol da manutenção e da restauração dos ecossistemas degradados, bem como promover o uso sustentável dos recursos naturais; sem o qual o potencial produtivo dos solos, da água e dos recursos genéticos continuaram decaindo rapidamente. Segundo dados do Ministério da Agricultura (MAPA, 2014) pretende-se recuperar 15 milhões de hectares até 2020 utilizando entre outras técnicas, também sugeridas pela FAO (2009), agricultura orgânica, sistemas de produção integrada, integração lavoura-pecuária-floresta plantada (ILPF), plantio direto e sistemas agroflorestais (SAF).

Com a aprovação do novo código florestal brasileiro e com base no cadastramento ambiental rural (CAR), os proprietários de imóveis rurais terão que averbar suas áreas de reserva legal (BRASIL, 2012). Porém, em muitas propriedades as áreas com vegetação nativa estão exauridas, o que necessita de ajuste para conseguirem se adequar à regulamentação. No entanto, para se conseguir a aplicação da lei pelos proprietários rurais e pelos agricultores familiares em particular, soluções práticas e motivadoras precisam ser desenvolvidas e divulgadas. Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) representam uma das possibilidades a ser promovida (RODRIGUES et al., 2007).

O Código Florestal brasileiro recomenda a exploração agroflorestal sustentável praticada na pequena propriedade ou posse rural familiar ou por povos e comunidades tradicionais, desde que não descaracterize a cobertura vegetal existente e não prejudique a função ambiental da área (BRASIL, 2012).



O sucesso da implantação de uma Reserva Legal que responda às exigências da Lei em termos de vegetação nativa, biodiversidade e equilíbrio ecológico pode esbarrar em vários fatores como a disponibilidade de propágulos, a compactação do solo, a proteção contra o pastoreio ou ainda a colonização da área por gramíneas invasoras (SOUZA, 2015).

A restauração ecológica de áreas com elevada presença de gramíneas, geralmente, exóticas, pode ser comprometida devida à dificuldade da condução da regeneração natural (SOUZA, 2015). Seja por introdução acidental no caso do capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa* Nees Stanf.) e capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) (DURIGAN et al., 1998; MARTINS, 2011), seja pelas necessidades econômicas da pecuária brasileira no que diz respeito à *Urochloa* ssp. e em particular à *Urochloa decumbens* (DURIGAN et al., 1998), a introdução dessas gramíneas exóticas criou uma situação crítica em relação à manutenção da biodiversidade (ZILLER, 2001). Estas gramíneas exóticas são geralmente agressivas e competitivas (MARTINS, 2011), capazes de invadir as áreas de cerrado (DURIGAN et al., 1998, PIVELLO et al., 1999).

Dentro do contexto da necessidade de implementação de Reserva Legal e da indisponibilidade de áreas preservadas com vegetação nativa foi realizado um experimento em uma área de pastagem degradada na qual se comparou o plantio puro da aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) com dois arranjos de sistema agroflorestal onde além da aroeira utilizaram-se como culturas anuais ou semi-perenes o feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Hunth) e a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a recuperação de pastagem degradada para implantação de Reserva Legal pela aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em diferentes densidades e arranjos de plantio: plantio puro, SAF com feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Hunth) e SAF com feijão guandu e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar o efeito dos tratamentos propostos sobre a sobrevivência e o crescimento inicial da aroeira em diâmetro, altura e copa;

Avaliar o efeito dos tratamentos propostos sobre a recuperação da diversidade de espécies arbustivo-arbóreas por meio da regeneração natural;

Avaliar o efeito dos tratamentos propostos sobre o controle de herbáceas invasoras.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Reserva legal

A Reserva Legal (RL) originou-se do código florestal de 1934, que estipulou a proibição de cortar mais de 75% das matas nativas de uma propriedade rural (ALVES, 2011; OLIVEIRA, A. L. et al., 2014). A partir da promulgação da Lei 7.803 (BRASIL, 1989), o termo “Reserva Legal” foi instituído e obrigou-se à sua averbação em cartório junto à documentação do imóvel. Após várias alterações e reedições (OLIVEIRA, 2015), a RL chegou a sua definição atual no “novo Código Florestal” sancionado pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, no seu Artigo 3º, inciso III (BRASIL, 2012):

“Área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, [...] com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa”.

A área mínima de RL que uma propriedade rural deve registrar depende da sua localização. Quando é na Amazônia legal representada pelos estados do Acre, Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá e Mato Grosso e pelas regiões situadas ao norte do paralelo 13° S, dos estados de Tocantins e Goiás, e ao oeste do meridiano de 44° W, do Estado do Maranhão a área de RL deve representar: 80% do imóvel situado em área de florestas, 35% em área de cerrado e 20% em área de campos gerais. Para o restante do país a RL deve ser de no mínimo 20% da superfície do imóvel rural (BRASIL, 2012). Apesar da obrigatoriedade, em muitas propriedades ainda se verifica a sua inexistência (OLIVEIRA, A. L. et al., 2014). Vários motivos entre insuficiência de fiscalização, dificuldades técnicas, normativas, e econômicas, além da necessidade de mudança de paradigma por parte dos proprietários dificultaram a sua efetiva implementação (RODRIGUES et al., 2007). Portanto a manutenção e averbação da RL traz importante benefícios à propriedade (OLIVEIRA, A. L. et al., 2014), ajudando na manutenção da biodiversidade (RODRIGUES et al., 2007) e contribuindo para a recuperação de áreas degradadas (OLIVEIRA, A. L. et al., 2014). Como parte da sua definição (BRASIL, 2012), a RL constitui um meio sustentável da prática econômica desde que se respeite a manutenção do equilíbrio ecológico e se evite o corte raso das espécies (RODRIGUES et al., 2007).

O código florestal considera a peculiaridade da agricultura familiar e permite o uso diferenciado da RL. O agricultor familiar e empreendedor familiar rural é aquele que pratica atividades no meio rural, possui área de até quatro módulos fiscais, utilize

predominantemente mão de obra da própria família, tenha renda familiar vinculada ao próprio estabelecimento e gerencia seu estabelecimento ou empreendimento com a própria família (BRASIL 2006). O módulo fiscal foi definido como à área mínima necessária a uma propriedade rural para que sua exploração seja economicamente viável, ele é calculado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) para cada município (BRASIL, 1964, 1979) e pode variar de 5 a 110 ha.

Apesar da necessidade de conservar a RL com cobertura de vegetação nativa, é facultado ao agricultor familiar o computo de áreas com plantios de árvores frutíferas, ornamentais ou industriais, compostos por espécies exóticas, desde que sejam cultivadas em sistemas agroflorestais e não representam mais do que 50% da área a ser recuperada (BRASIL, 2012).

É permitido o uso dos recursos florestais da RL para benefício próprio ou para comercialização mediante a aprovação de um plano de manejo. Para o agricultor familiar, quando é de uso comercial a administração é obrigada a promover a simplificação dos processos de exploração e a dispensar a autorização quando os recursos florestais têm fim doméstico, nos limites de  $2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  e  $15 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$  sem exceder 15% da biomassa da RL. (BRASIL, 2012). Em todos os casos o manejo das áreas de RL deve atentar a não descaracterizar a cobertura vegetal e favorecer a regeneração da vegetação nativa de modo a privilegiar a diversidade das espécies.

Para se conseguir a aplicação da lei pelos proprietários rurais e pelos agricultores familiares em particular, soluções práticas e motivadoras precisam ser desenvolvidas e divulgadas. Os Sistemas Agroflorestais (SAF) representam uma das possibilidades a ser promovida (RODRIGUES et al., 2007). O código florestal recomenda a exploração agroflorestal sustentável praticada na pequena propriedade ou posse rural familiar ou por povos e comunidades tradicionais, desde que não descaracterize a cobertura vegetal existente e não prejudique a função ambiental da área (BRASIL, 2012).

### **3.2 Sistemas Agroflorestais**

Para definir um sistema agroflorestal, Sommariba (1992) inspirou-se de conceitos de vários autores:

“O Sistema Agroflorestal é uma forma de uso da terra onde espécies florestais interagem biologicamente e / ou economicamente sobre a mesma área com cultivos anuais e / ou animais. Esses elementos podem estar associados simultaneamente ou sequencialmente em faixas ou misturados.”

Para Santos (2000) a associação de espécies pode ter um caráter temporário ou permanente. Abdo et al. (2008) ampliaram o conceito de “espécies florestais” para “espécies lenhosas perenes” afim de abranger além de árvores, arbustos e palmeiras. Esses mesmos autores comentam ainda a importância de um grande número de espécies e da necessidade de interação ecológicas entre elas.

Smith et al. (1996) comentam que apesar de certos autores considerarem a presença de culturais anuais indispensáveis para definir um SAF, eles argumentam que a exploração de várias espécies florestais pode ser realizada com ou sem a presença de culturais anuais e fundamentam com experiências na Amazônia, onde agricultores preferem reforçar o plantio de espécies florestais para constituir um patrimônio, do que plantar culturais anuais para gerar alimento para o próprio consumo.

A prática dos SAFs é reconhecida há séculos na Índia e na América Latina, porém, estudos são mais intensos desde as décadas de 1980-90. Sommariba (1992) ressalta a sua versatilidade podendo ser instalados mesmo em ecossistemas frágeis ou estáveis, e as grandes possibilidades de estratégias de implantação que seja a nível de parcela, de propriedade ou regional.

Para Sommariba (1992) os objetivos de um SAF são de diversificar e praticar a rotação de culturas, aumentar o nível de matéria orgânica do solo, fixar o nitrogênio da atmosfera, promover a ciclagem de nutrientes, modificar o microclima e otimizar o sistema de produção dentro do conceito de sustentabilidade.

Por ser um sistema de cultivo mais complexo do que as práticas tradicionais na sua diversidade, nas suas dimensões espaciais (escalamento dos estratos aéreos e radiculares das plantas), e temporais (ciclos de produção anuais e plurianuais) as funções desenvolvidas pelo SAF são abrangentes.

As funções podem ser classificadas com alcance local, regional e global (KREMEN, 2005; JOSE, 2009). Além de funções econômicas, desenvolve funções sociais, ecológicas e paisagísticas. Jose (2009) identifica como funções permitidas pelos SAFS: a produção de matéria prima, o controle de pragas, a capacidade de polinização e de dispersão de sementes, a melhoria da fertilidade, o controle da erosão, a proteção dos recursos hídricos, o controle de enchentes, a proteção da atmosfera (limpeza do ar), o sequestro de carbono, a manutenção da biodiversidade, da paisagem e da cultura. Beltrame (2006) reconhece ao SAF grande capacidade de auxiliar no reflorestamento conservacionista, na geração de renda (RODRIGUES et al., 2007) e na manutenção alimentar das famílias rurais. Segundo

Somarriba (1992) os SAFS devem ser compatíveis com os costumes e a cultura local e contribuir para melhorar as condições de vida da população.

No entanto, limitações técnicas foram apontadas para implantação de SAFs. Abdo et al. (2008) e Amador e Viana (1998) ressaltam as demandas específicas das culturas agrícolas em função essencialmente do melhoramento genético orientado para a monocultura e por consequência a pequena disponibilidade de germoplasma apropriado. Abdo et al. (2008) citam ainda a deficiência de estudos sobre as interações biofísicas dentro do sistema e sobre as combinações e o manejo das espécies. Rodrigues et al. (2007) ao descrever o resultado econômico de uma área de recuperação de Reserva Legal por meio de sistema agroflorestal concluíram que SAFs podem ser adotados na recuperação de áreas de Reserva Legal em propriedades rurais, podendo gerar renda ao produtor graças ao consórcio agrícola.

### 3.3 Aroeira do sertão

A aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) pertence à família Anacardiaceae. Sua distribuição geográfica é ampla, encontra-se do México à Bolívia (OLIVEIRA, F. 2014), na Argentina e Paraguai (FLORSHEIM, 1992; CARVALHO, 2003; NUNES et al., 2008), no Brasil está presente nos cerrados e caatingas no Nordeste, no centro-oeste e sudeste (CARVALHO, 2003; LUZ, 2011), ocorrendo em regiões com climas diversos cujas pluviometrias variam de 300 a 2000 mm.ano<sup>-1</sup> (CARVALHO, 2003).

A aroeira é classificada como secundária inicial a secundária tardia, decídua, heliófila, e seletiva xerófila (LORENZI, 2002a), sua altura varia de 5 a 20 metros (CARVALHO, 2003). Trata-se de uma espécie calcífila (LORENZI, 2002a; CARVALHO, 2003; OLIVEIRA, 2011), que ocorre em solos secos e rasos (CARVALHO, 2003), nas florestais estacionais semi-decíduais e decíduais calcárias (CARVALHO, 2003; NUNES et al., 2008) e na caatinga (NUNES et al., 2008). Monodominância de aroeira foi encontrada em áreas de argissolos vermelhos eutróficos e neossolos flúvicos eutróficos com textura variando de muito argilosa a franco arenosa em Tumiritinga, MG (OLIVEIRA, 2011), estes solos apresentavam elevada densidade de partículas, baixa porosidade e condutividade hidráulica, bem como processos erosivos avançados.

A espécie tem capacidade de rebrota, resistência ao fogo e de invadir pastagens, podendo chegar a formações quase puras (CARVALHO, 2003). Num experimento de plantio consorciado em solo Podzólico Vermelho – Amarelo Álico no município de Paraguaú - SP, o crescimento da aroeira aos 5 anos (30 cm.ano<sup>-1</sup>) foi muito inferior ao que consta na literatura,

sugerindo aos autores (MELO; FARIA, 2004) que as condições edáficas devem ser examinadas antes de implantar a espécie.

Pelas suas propriedades físicas e químicas, ela foi muito explorada e chegou a ser incluída na Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção em 1992, em dezembro de 2014 foi retirada desta (BRASIL, 2014). Após pesquisa sobre o uso da aroeira junto a duas comunidades rurais da Paraíba, Gomes et al (2016) concluíram que as populações de *Myracrodruon urundeuva* estão ameaçadas na região e que estudos são necessários sobre sua capacidade de resiliência.

De densidade muito elevada, podendo chegar a 1,21 g.cm<sup>3</sup>, a aroeira foi muito utilizada para o estabelecimento de cercas ou obras externas (BERTONI.; DICKFELDT, 2007). Além da sua densidade elevada, compostos inseticidas lhe confere alta capacidade de resistência a cupins (SÁ et al. 2009), ela é considerada a madeira mais resistente do Brasil (CARVALHO, 2003). Pesquisas junto a comunidades nordestinas (LUCENA et al., 2011; GOMES et al., 2016) descreveram o uso dessa espécie para forragem, combustível (lenha, carvão), construção (estaca, linha, mourão), medicinal, veterinário, tecnológico (torno de parede, canga, ferramentas, móveis, etc.).

Oliveira et al. (2014) ressaltaram a importância econômica e ecológica da espécie. Já Cambuim (2013) apresenta a espécie como uma opção interessante para integrar um SAF.

### **3.4 Feijão Guandu**

O feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Hant) pertence à família Fabaceae, é uma espécie fixadora de nitrogênio, de porte arbustivo com ciclo anual ou semi perene (BELTRAME, 2006; AZEVEDO et al., 2007). De origem africana e, ou indiana (AZEVEDO et al., 2007). Especula-se que a espécie tenha sido introduzida no Brasil pela rota dos escravos (AZEVEDO et al., 2007; SOUTO MAIOR Jr et al., 2009).

O guandu é adaptado às condições tropicais e subtropicais, sendo amplamente difundido em pequenas propriedades rurais nas quais é utilizada como fonte de alimento para humanos e animais (GIOMO et al., 2001; ALVES et al. 2004; SOUTO MAIOR Jr et al., 2009). Pelo seu alto valor nutritivo (16 a 20% de proteína em folhas e ramos finos) e seu elevado potencial de produção (AZEVEDO et al., 2007), é considerado uma valiosa opção de forragem para os ruminantes.

Colhido na forma de grãos, sua farinha atende a alimentação concentrada tanto de ruminantes quanto de monogástricos (AZEVEDO et al., 2007). A sua integração à culinária

tradicional possibilita a procura da população local pelo produto, proporcionando assim uma fonte de renda potencial para o produtor rural (ALVES et al., 2004).

O feijão guandu é tolerante à seca e adaptado às condições de solos poucos férteis (GIOMO et al., 2001). Por ter forte potencial de fixação de nitrogênio atmosférico (280 kg de N.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) (ALVES et al. 2004; AZEVEDO et al., 2007) e produção de fitomassa (11 toneladas de matéria seca.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) (GIOMO et al., 2001; ALVES et al. 2004; AZEVEDO et al., 2007; SOUTO MAIOR Jr. et al., 2009), é utilizado amplamente na produção de adubo verde (ALVES et al., 2004; BELTRAME, 2006; AZEVEDO et al., 2007). A sua capacidade de rápido crescimento e cobertura do solo são susceptíveis de favorecer o controle de espécies invasoras (BELTRAME; RODRIGUES, 2007). Essas características ecológicas e funcionais fazem da espécie uma opção de pesquisa para a recuperação de áreas degradadas (AZEVEDO et al., 2007) e de uso na implantação da Reserva Legal (BELTRAME; RODRIGUES, 2007).

### 3.5 Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta*) é um arbusto perene pertencente à família Euphorbiaceae (VIEIRA et al., 2011) que exerce um papel socioeconômico importante para o planeta. Podendo ser cultivada essencialmente nas regiões tropicais (CARVALHO, 1994; PERREIRA, 2008; SOUSA et al., 2011; VIEIRA et al., 2011), está presente principalmente nos países em desenvolvimento (SOUSA et al., 2011, VIEIRA et al. 2011).

Ela é considerada importante para a segurança alimentar das populações (VIEIRA et al., 2011), sendo a maior fonte de alimento para 600 milhões de pessoas (KLINK E MACHADO, 2005). Rica em carboidratos pela concentração de amido nas suas raízes tuberosas, em 2014 era a quarta fonte de energia alimentar no mundo depois do milho, do arroz e do trigo (FAO, 2017). Contribuindo por meio do consumo *in natura* ou dos seus derivados (farinha, polvilho, etc.) para a alimentação cotidiana de aproximadamente 1 bilhão de pessoas em 105 países (SOUSA et al., 2011; FAO, 2017).

A produção mundial de mandioca em 2014 foi de 268 milhões de toneladas (10<sup>6</sup>ton.) (FAO, 2017), na África produziu-se 145 10<sup>6</sup>ton., na Ásia 90 10<sup>6</sup>ton. e nas Américas 32 10<sup>6</sup>ton. O Brasil com uma média de 14 toneladas.ha<sup>-1</sup> produziu 23,2 10<sup>6</sup>ton em 2014. e foi o quarto maior produtor atrás da Nigéria (55 10<sup>6</sup>ton.), Tailândia (30 10<sup>6</sup>ton.) e da Indonésia (23,4 10<sup>6</sup>ton.) o que representa 8,6% da produção mundial e 71% da produção das Américas (FAO, 2017).

Além da sua importância para a alimentação humana, a mandioca é utilizada na alimentação animal (CARVALHO, 1994; FERREIRA et al., 2009; SOUSA et al., 2011)



principalmente para bovinos e suínos, e secundariamente para aves, caprinos, ovinos e peixes (CARVALHO, 1994). A parte aérea da planta pode ser ofertada aos animais em forma de feno, silagem ou farinha (CARVALHO, 1994; FERREIRA et al., 2009; SOUSA et al., 2011). A farinha de folhas contém entre 22 e 32% de proteína bruta além de minerais, de vitaminas C, B1, B2 e carotenos (HISANO et al., 2013; TROMBINI e LEONEL, 2014). Os derivados da raiz da mandioca são utilizados para a agroindústria (CARDOZO, 2003; PEREIRA, 2008) principalmente a farinha e a fécula (CARDOZO, 2003). A mandioca pode ser utilizada como matéria prima para produção de bioetanol ou de energia elétrica com potencial de geração de 16970 kW.ha<sup>-1</sup> (FASINMIRIN; RICHERT, 2011).

A mandioca tem uma grande plasticidade ecológica (PEREIRA, 2008), mesmo apresentando melhor desempenho em condições climáticas com chuva bem distribuída de 1000 a 1500 mm.ano<sup>-1</sup>, temperaturas de 20 a 27°C e altitude de 600 a 800 m (FIALHO; VIEIRA 2011a); pode ser cultivada em climas tipo savanas com pluviometria inferior a 800 mm.ano<sup>-1</sup> até em zona de mata com 4000 mm.ano<sup>-1</sup> de chuva (SOUZA et al., 2013). É considerada uma planta rústica que se adapta a condições de solos variados com preferência para solos arenosos ou de textura média, sendo tolerante a solos ácidos e de baixa fertilidade (FERREIRA et al., 2009; FIALHO; VIEIRA 2011a). Consegue produzir grandes quantidades de tubérculos em condições que outras plantas teriam dificuldade em sobreviver (VIEIRA et al., 2011). Apesar da sua capacidade de se sustentar em solos de baixo potencial produtivo, a mandioca é exigente em nutrientes como K, N, Ca, P, Mg nesta ordem, e pode provocar o empobrecimento dos solos se não houver reposição desses elementos (FIALHO; VIEIRA 2011a).

O cultivo da mandioca se adapta bem ao cultivo em consórcio com outras culturas agrícolas (FIALHO; VIEIRA, 2011a). O fato da sua brotação e do seu crescimento inicial serem lentos, em condição de monocultivo o solo desprotegido fica à mercê da invasão de plantas daninhas que podem prejudicar o desenvolvimento da cultura, podendo requerer uma intervenção antrópica para seu controle. Essa condição de solo exposto, além de favorecer a evaporação da água, oferece risco maior à degradação pelos processos erosivos (FIALHO; VIEIRA 2011b). Ainda de acordo com esses autores, a associação com plantas de ciclo mais curto permite melhor proteção e aproveitamento do solo. Além do uso consorciado com outras culturas agrícolas, a mandioca pode ser integrada a Sistemas Agroflorestais.

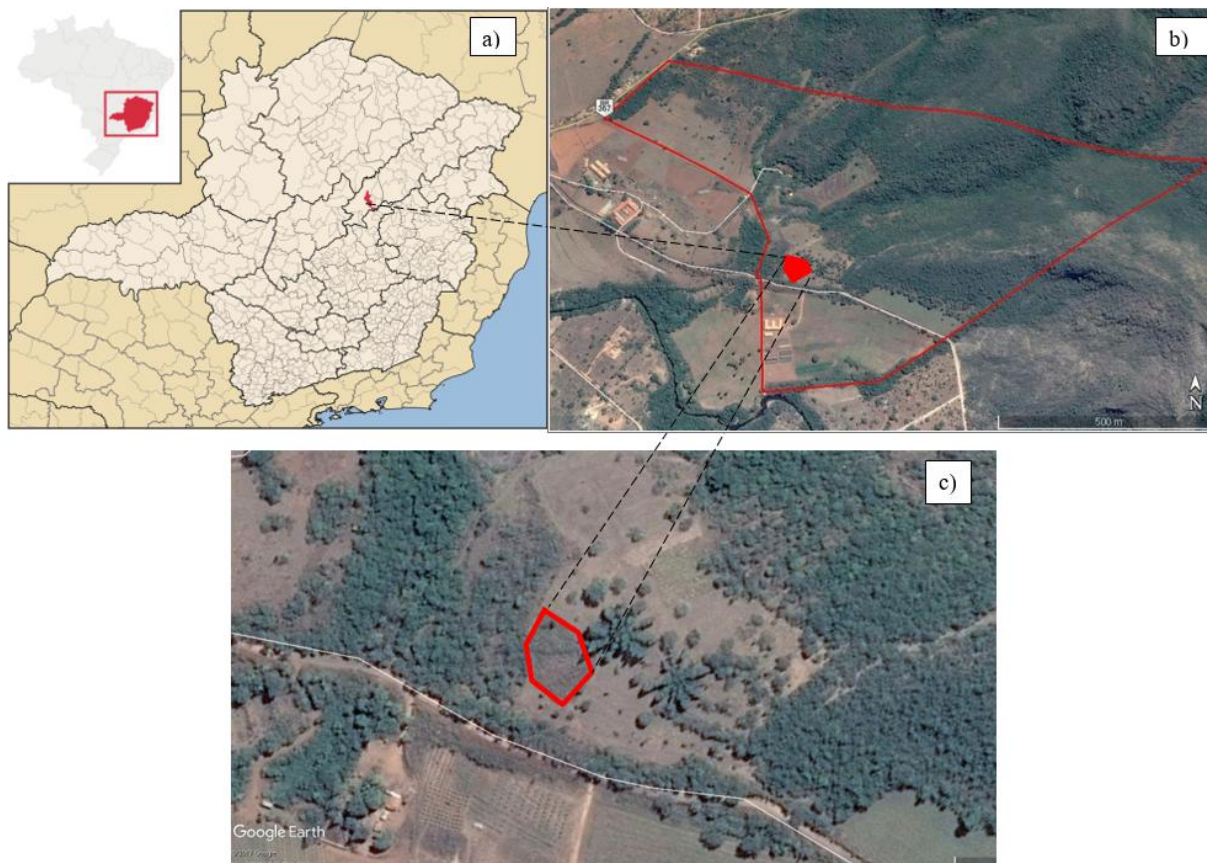
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização e caracterização da área do experimento

O experimento foi implantado na Fazenda Experimental do Rio Manso (FERM) (Figura 1b) pertencente à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) no município de Couto de Magalhães de Minas, MG na microrregião de Diamantina e na mesorregião “Vales do Jequitinhonha e Mucuri” (Figura 1a). O município é inserido na Serra do Espinhaço, na chamada “Depressão de Couto de Magalhães”, no limiar dos planaltos meridional ao sul e septentrional ao norte, as suas águas versem na bacia do Alto Rio Jequitinhonha (Saadi, 1995). Considerado como área de transição entre os Biomas Cerrado e Mata Atlântica, seu clima de acordo com a classificação de Köppen é descrito como Cwa (SÁ JÚNIOR, 2009; REBOITA, 2015): Clima subtropical de inverno seco (com temperaturas inferiores a 18°C) e verão quente (com temperaturas superiores a 22°C), a temperatura média é de 21.5°C e a pluviosidade média anual de 1246 mm.

O experimento foi instalado numa área que serviu como pastagem até o ano de 2008 e que desde então considera-se abandonada (Figura 2b). A declividade da área é plana a suave-ondulada, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. Existe pequenos fragmentos de Cerrado típico contíguo ou próximos ao experimento (Figura 1 b e c).

**Figura 1** - a) Mapa de localização de Couto de Magalhães de Minas (MG); b) Representação da área do experimento na Fazenda Experimental do Rio Manso / UFVJM; c) Representação da área do experimento no contexto do entorno.



Fonte: a) Wikipédia, b e c) Google Earth

## 4.2 Instalação do experimento

O experimento avaliou em delineamento sistemático “tipo leque” a aroeira do sertão em diferentes espaçamentos e arranjos de plantio. Os arranjos foram: aroeira em plantio puro (A), em SAF com feijão guandu (A + G) e em SAF com feijão guandu e mandioca (A+G+M). Foram avaliadas 10 densidades de plantio de aroeira entre 555 e 3333 indivíduos por hectare ( $\text{ind.}\text{ha}^{-1}$ ) (Tabela 1).

**Tabela 1** - Distância radial, área disponível por planta e densidade de plantio por hectare ( $\text{plantas.}\text{ha}^{-1}$ ) para os tratamentos de espaçamento.

Espaçamento	Distância radial (m)	Área / planta ( $\text{m}^2$ )	Densidade ( $\text{plantas.}\text{ha}^{-1}$ )
1	18,04	3,00	3333
2	19,93	3,66	2731
3	22,02	4,47	2238
4	24,32	5,45	1834

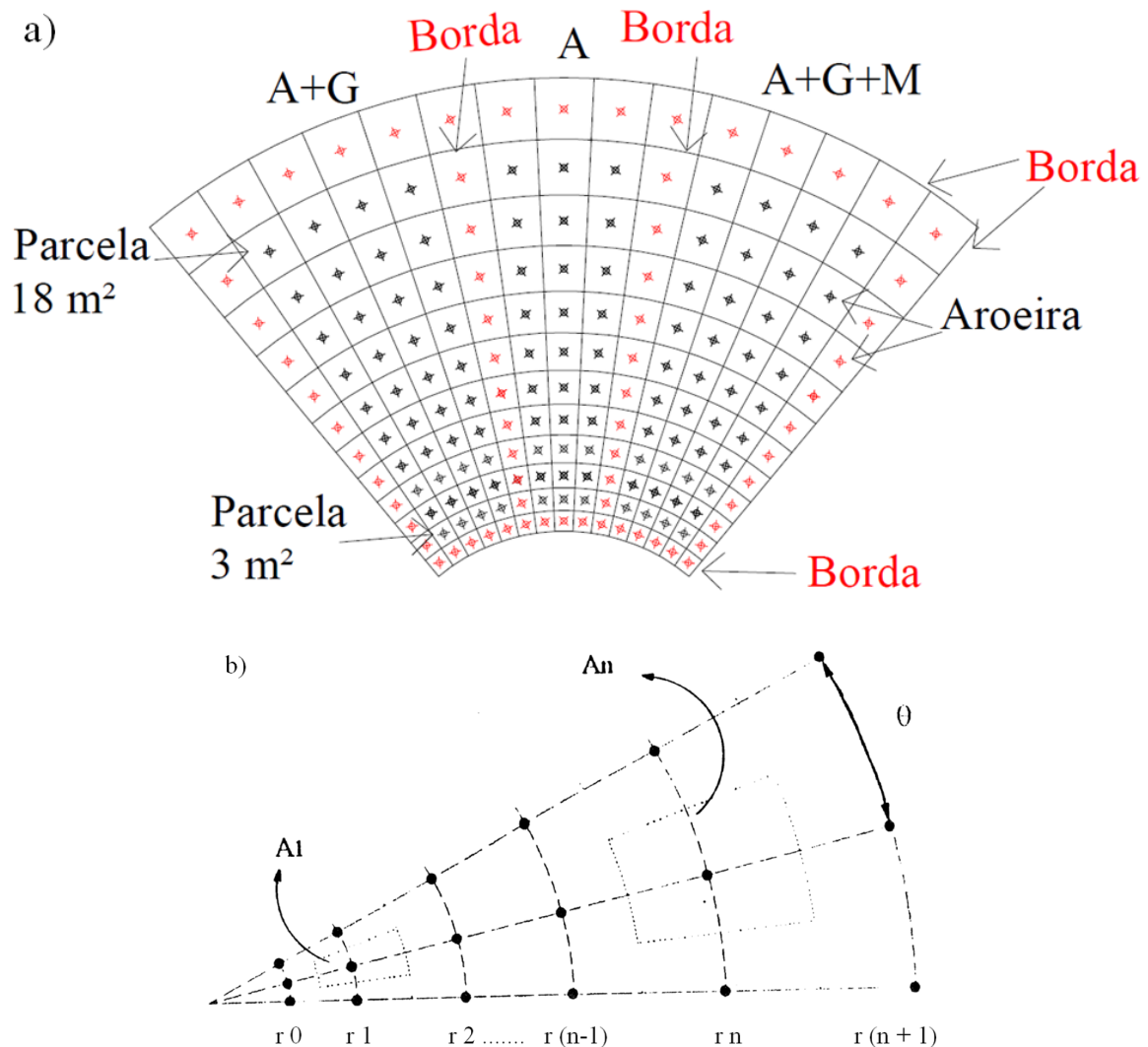
Espaçamento	Distância radial (m)	Área / planta (m <sup>2</sup> )	Densidade (plantas.ha <sup>-1</sup> )
5	26,87	6,66	1503
6	29,68	8,12	1231
7	32,79	9,91	1009
8	36,23	12,10	827
9	40,02	14,76	677
10	44,21	18,02	555

O experimento foi instalado observando os princípios propostos por Nelder (1962). Seguindo os passos escritos por Oda, (2005) foram desenhados dentro de um setor circular e a partir da primeira distância radial ( $r_0$ ) 15 raios e 12 arcos concêntricos (Figuras 2a).

Na intercessão dos raios e dos arcos marcaram-se os pontos para o plantio de 180 mudas de aroeira. A distância entre os pontos cresceu à medida que se distanciou do ponto inicial, obtendo assim densidades de plantio variando entre 3.333 ind.ha<sup>-1</sup> na linha “r 1” e 555 ind.ha<sup>-1</sup> na linha “r n” (Tabela 1, Figura 2b).

O fator de progressão da distância entre os pontos foi de 1.104 e obedeceu à recomendação de manter essa relação inferior ou igual a 1.111 (NELDER, 1962). Esse critério permite a eliminação das bordaduras entre espaçamento pelo efeito compensatório (STAPE, 1995). A partir dos pontos de plantio da aroeira foram desenhadas as parcelas associadas a cada planta (Figura 2a e 2b).

**Figura 2** - a) Croqui do experimento representando a distribuição dos espaçamentos (parcelas de 3 a 18m<sup>2</sup>) em função dos arranjos A (Aroeira a pleno sol), A+G (Aroeira + Guandu) e A+G+M (Aroeira + Guandu + Mandioca); b) Valores do raio inicial (r0), raio dos tratamentos (r1 a rn), ângulo entre os raios e área associada a cada planta (A1 a An) no delineamento sistemático em leque.



Fonte: a) Autor; b) Oda, 2005; Araújo, 2016

Uma parcela é formada pela interseção das bissetrizes dos raios adjacentes com os arcos internos e externos calculados a partir do fator de progressão (STAPE, 1995; ODA, 2005; ARAÚJO, 2016). As distâncias entre a planta e o arco interno de um lado e do arco externo do outro lado foram crescentes e respeitaram o fator de progressão definido. A retangularidade das parcelas (relação inter e entrelinhas) foi de 0,92 onde a distância maior estava na entrelinha. O ângulo entre raio foi de 5,29 graus.

Em seguida foram selecionados por sorteio três conjuntos de raios concomitantes para a aplicação dos tipos de arranjos: 3 raios para o arranjo do plantio isolado de aroeira (A), 4 raios para o plantio de aroeira e de feijão guandu (A+G) e 4 raios para o plantio de aroeira, feijão guandu e mandioca (A+G+M), (Figura 2a).

As parcelas dos arcos e dos raios das extremidades assim como dos raios entre cada arranjo foram consideradas como bordaduras (Figura 2a), fazendo que do total de 180 parcelas, 110 fossem efetivamente analisadas para os fins do experimento. Assim formado o experimento (Figura 2a) contou com 30 tratamentos (3 arranjos x 10 espaçamentos).

Em outubro de 2013, foi aplicado na área do experimento (1500 m<sup>2</sup>) um herbicida a base de glyphosate na dose de 1440 g.ha<sup>-1</sup>. Após um mês foi realizada a capina manual e a retirada do material vegetativo dessecado para homogeneizar a condição da serapilheira.

As mudas destinadas ao plantio da aroeira foram cultivadas no Centro Integrado de Propagação de Espécies Florestais (CIPEF), Campus Juscelino Kubitschek da UFVJM. As sementes originadas de várias matrizes foram coletadas em setembro de 2012 na Fazenda Experimental do Moura / UFVJM em Curvelo – MG. A semeadura ocorreu em novembro de 2012 em tubetes de 180 cm<sup>3</sup>, o substrato utilizado foi de 70% de casca de arroz e 30 % de vermiculita com a adição de 6 gramas por litro de um adubo N.P.K (6.30.6). A aroeira foi plantada no mês de dezembro de 2013, em covas de 15 cm de diâmetro por 30 cm de profundidade. Para a adubação de plantio aplicou-se 150 gramas de superfosfato simples 10 cm abaixo do sistema radicular da aroeira, evitando misturar o adubo ao solo para limitar os efeitos da adsorção do fósforo pela argila. A altura média das plantas no plantio era de aproximadamente 36 cm.

O feijão guandu foi plantado em janeiro de 2013 sem preparação do solo e adubação numa distância de 80 cm entre plantas e 1 m entre linhas (12.500 ind.ha<sup>-1</sup>), as sementes são provenientes da produção local e sem registro de cultivar.

A mandioca foi plantada em janeiro de 2013 em covas nas entrelinhas do feijão guandu numa distância de 80 cm entre plantas (12.500 ind.ha<sup>-1</sup>). As ramas foram colhidas na FERM / UFVJM, o cultivar é C12 cuja procedência é da Universidade Federal de Viçosa. As covas tinham 15 cm de profundidade e 30 cm de diâmetro, a adubação de plantio foi de 40 gramas de superfosfato simples por cova. Os plantios de feijão guandu e mandioca foram realizados de maneira que as densidades respectivas sejam constantes independentemente do tamanho da parcela.

Durante o primeiro ano após a instalação do experimento foram realizadas duas capinas mecânicas em todo o experimento para realizar o controle de herbáceas evitando a capina da regeneração arbustiva-arbórea.

### **4.3 Variáveis mensuradas**

#### *4.3.1 Análises químicas e texturais do solo*

As análises texturais e químicas (macronutrientes + M.O) do solo foram realizadas no laboratório de caracterização de substrato do Departamento de Engenharia Florestal (DEF) da UFVJM. Em dezembro de 2013 foram amostrados dois pontos opostos numa distância de 70 cm da planta de aroeira para cada parcela nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Em seguida homogeneizou-se essas amostras por tratamento obtendo assim 90 amostras compostas.

#### *4.3.2 Compactação do solo*

A compactação do solo foi avaliada até 60 cm de profundidade a cada limite entre duas parcelas no sentido do raio. Realizou-se uma avaliação logo antes do plantio do experimento e aos 26 meses de experimento nas mesmas condições de umidade do solo. O material utilizado foi um penetrógrafo com capacidade de carga de 76 kgf.cm<sup>2</sup>, da marca SOILCONTROL, modelo Penetrographer PAT SC-60. A umidade do solo foi mensurada com o aparelho HH2 e a sonda Thetaprobe da marca Delta-T.

#### *4.3.3 Atividade microbiana do solo*

Analisou-se após 13 meses de implantação do experimento a Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C), Respiração Microbiana ou Respiração Basal do solo (RBS) e calculou-se o quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>). Realizou-se na faixa 0-10 cm de profundidade amostras compostas para as parcelas de 1 a 5 e de 6 a 10 de cada raio, obtendo assim, 22 amostras. A metodologia utilizada para avaliar a BMS-C foi adaptada de Silva et al. (2007b), em vez de 3 réplicas de 20 gramas de solo foram analisadas 4 réplicas para cada amostra, e a fumigação foi substituída pela metodologia do micro-ondas proposto por Ferreira et al. (1999). A metodologia para avaliar a RBS foi adaptada de Silva et al. (2007a), a quantidade de solo por réplica foi reduzida a 20 g em vez de 100 g e para a incubação foram utilizados frascos herméticos de 1 litro em vez de 2 litros.

O quociente metabólico do solo ( $qCO_2$ ) é a razão entre a respiração basal do solo por unidade de carbono da biomassa microbiana do solo, e tem sido usado para estimar a eficiência do uso de substratos pelos micro-organismos do solo (SILVA et al., 2007a). Um valor de  $qCO_2$  baixo indica economia na utilização de energia e supostamente reflete um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio (MELO, 2012). O  $qCO_2$  pode ser utilizado como indicador de estresse quando a BMS-C é afetada (SILVA et al. 2007a).

#### 4.3.4 Luminosidade

Verificou-se a incidência de luminosidade sobre a aroeira em função dos arranjos utilizando um medidor de luminância da Marca TES, modelo 1330 A. As medições foram realizadas uma vez por mês as 14 h 00, o captor de luminância foi colocado logo acima da gema apical de cada aroeira.

#### 4.3.5 Sobrevivência e crescimento

Os valores objetos das análises de sobrevivência e crescimento da aroeira correspondem ao intervalo de medição de 21 meses a partir da 1ª medição que ocorreu em junho de 2014.

Para avaliar o crescimento da aroeira, foram realizadas medições dendrométricas do diâmetro ao nível do solo (DNS) com um paquímetro digital, da altura (Alt). e da área da copa (A.C) com uma fita métrica. A cobertura da copa foi calculada utilizando a forma de área da elipse ( $C = \pi \cdot [(L1+L2)/4]^2$ ), onde: C = área da projeção individual da copa; L1 = comprimento da maior linha longitudinal da copa; L2 = comprimento da maior linha perpendicular à da copa.

#### 4.3.6 Comunidade arbustivo-arbórea regenerante

A avaliação da comunidade arbustivo-arbórea regenerante foi realizada aos 14 (tempo 1) e 26 meses após o plantio (tempo 2). Em cada parcela realizou-se o censo de todas as espécies encontradas cuja altura era superior a 30 cm. Para cada planta mediu-se a altura, o diâmetro a 30 cm do solo e a área da copa com uma fita métrica. A cobertura da copa foi calculada utilizando a forma de área da elipse ( $C = \pi \cdot [(L1+L2)/4]^2$ ), onde: C = área da projeção individual da copa; L1 = comprimento da maior linha longitudinal da copa; L2 = comprimento da maior linha perpendicular à da copa. A identificação das espécies foi

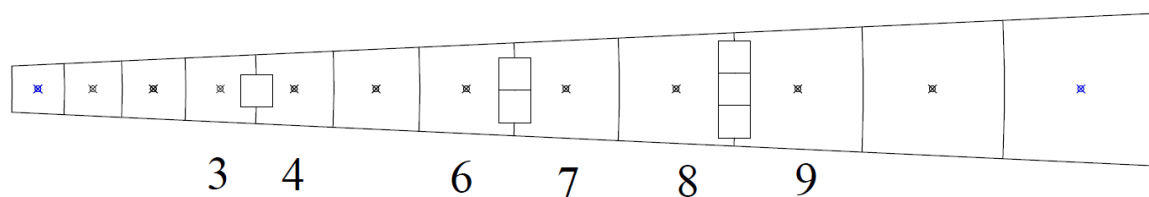


realizada “*in situ*”, para as espécies desconhecidas realizou-se exsicatas que foram entregues ao Herbário Dendrológico Jeanine Felfili da UFVJM para identificação e registro.

#### 4.3.7 Cobertura do solo pelo estrato herbáceo

A cobertura do solo foi avaliada aos 26 meses após o plantio por meio de um gabarito de 1m<sup>2</sup>. Este foi posicionado em cada raio no limiar das parcelas 3 e 4, 6 e 7, e 8 e 9 com as respectivas áreas amostradas de 1, 2, 3 m<sup>2</sup> (Figura 3). O total da área avaliada pelo gabarito representou 10,94% das parcelas amostradas, valor este podendo ser comparado aos 11% de Araújo (2016) quando avaliou a regeneração herbácea, subarbustiva e de liana numa pilha de estéril após aplicação de *topsoil*.

**Figura 3** - Raio representativo da metodologia de amostragem para a avaliação da regeneração herbácea, com a representação do posicionamento do gabarito de 1m<sup>2</sup> nas diferentes parcelas analisadas



Para cada amostra, dividiu-se o quadro em 4 partes iguais, levantou-se a diversidade de espécies presentes, inferiu-se visualmente a proporção da cobertura vegetal total e de cada espécie. Os registros foram compilados por raio (repetição) e arranjos, calculou-se a cobertura total (%), a cobertura absoluta e relativa de cada espécie (%).

A identificação das espécies foi realizada por meio de comparação com exsicatas de herbários, consulta a especialista, ao acervo da biblioteca da UFVJM e registros fotográficos.

## 4.4 Análises estatísticas

### 4.4.1 Análises químicas e texturais do solo

Realizou-se com o auxílio do programa PCORD 6.0 (MCCUNE, MEFFORD; 2011) Análises de Componentes Principais (PCA) independentes para a textura e a fertilidade do solo. Para a textura os valores dos três horizontes foram analisados em conjunto, enquanto para a fertilidade houve um estudo preliminar para cada horizonte. Devido à similaridade de

comportamento, foi realizada uma PCA do conjunto dos horizontes onde foram retiradas das análises os valores de Soma de Base (SB), Capacidade troca de cátions efetiva (t), Capacidade de Troca de Cátions potencial (T), de saturação por alumínio e de saturação por base (V) para evitar redundância de valores.

#### *4.4.2 Análise em conjunto do ambiente físico do experimento*

Para sintetizar o ambiente físico do experimento foi realizada uma PCA que avaliou todas as variáveis mensuradas durante o experimento: análises texturais e químicas de solo de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm na fase inicial do experimento; medições de compactação do solo de 0 a 60 cm na fase de implantação do experimento; incidência de luz sobre a aroeira; quantificação do carbono da biomassa, da respiração microbiana e do quociente metabólico do solo do experimento após treze meses de implantação; números de indivíduos, área basal e área de copa da regeneração arbórea após doze e vinte e oito meses (tempo 1 e tempo 2); produção do feijão guandu para os anos 2015 e 2016; produção de mandioca para o ano de 2016. Foram retiradas das análises os valores de Soma de Base (SB), Capacidade de Troca de Cátions potencial (T) e de saturação por base (V) para evitar redundância de valores e de inserir informações que não explicam a fertilidade do momento, mas o potencial nutricional a ser explorado (T, V).

A Análise de componentes Principais (PCA) foi realizada em três momentos, selecionando após cada etapa os elementos de maior relevância (classificação segundo o comprimento dos autovetores em ordem decrescente). A primeira PCA foi rodada com 63 variáveis, a segunda PCA com 32 e a terceira PCA com 16 variáveis.

#### *4.4.3 Sobrevivência e crescimento*

As 16 variáveis resultantes do melhor ajuste da PCA do ambiente físico foram submetidas com o auxílio do programa PCORD 6.0 (MCCUNE, MEFFORD; 2011) a uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) junto às variáveis de incremento em DNS, Alt. e A.C de aroeira. Várias simulações foram realizadas e o melhor ajuste se deu confrontando os dados de incremento em altura e cobertura de copa com as variáveis texturais de Areia grossa e Areia fina no horizonte de 40 a 60cm, químicas de Cálcio e Capacidade de Troca de Cátions efetiva nos horizontes de 0 a 20 e 20 a 40cm, e microbiológicas de respiração basal e quociente metabólico do solo.

Em seguida realizou-se uma análise de correlação entre os valores de incremento da aroeira e as principais variáveis explicativas da CCA.

O delineamento sistemático tipo “leque” proposto por Nelder (1962), não permite a aleatorização das unidades amostrais, por isso fere este pré-requisito para a análise de variância (ANOVA) e pode comprometer a independência dos erros. Portanto Oda-Souza et al. (2008) propôs uma metodologia para verificar se as variâncias (erros) são dependentes da sua localização, já que plantas mais próximas tendem a um grau de similaridade maior no caso de dependência espacial (ODA-SOUZA et al., 2008).

O princípio consiste no cálculo de um semi-variograma empírico baseado nos dados do experimento no qual tenta se ajustar três modelos teóricos, sendo um modelo exponencial e dois modelos de Matérn ( $K=1$  e  $K=2$ ). Os parâmetros dos modelos ajustados são avaliados pelo método de máxima verossimilhança e o modelo que representa melhor a realidade dos dados é escolhido pelo Critério de Akaike onde o menor valor de AIC designa o melhor modelo. Para isso seguiu-se o passo a passo descrito em Oda (2005) e utilizou-se o programa R (R Core Team, 2017) com os pacotes estatísticos “MASS” (VENABLES, RIPLEY; 2002) e “GeoR” (PAULO et al.; 2016)

Verificada a independência espacial, os dados, foram submetidos aos testes de normalidade de resíduos de Shapiro-Wilk (SHAPIRO, 1965) e homogeneidade de variâncias de Bartlett (BARTLETT, 1937), precisou-se fazer a transformação logarítmica para o incremento em altura e de cobertura da copa para atender a essas exigências. Em seguida realizou-se as análises de variâncias e testes de média de TUKEY. Essas análises foram realizadas com o programa R (R Core Team, 2017) – pacote “ExpDes.pt” (FERREIRA et al., 2013).

#### *4.4.4 Análise da regeneração arbustivo-arbórea nos tempos 1 e 2*

Foram calculados para os tempos 1 e 2, a densidade absoluta de cada espécie em cada arranjo, a densidade absoluta das espécies mortas e dos ingressos. Para materializar a ocorrência de espécies comuns e específicas aos arranjos realizou-se os diagramas de Venn para os tempos 1 e 2. Devido à similaridade de comportamento entre os tempos 1 e 2, as análises seguintes foram realizadas para o tempo 2. Calculou-se com o auxílio do programa PAST (HAMMER et al.; 2001) os índices de Riqueza, Abundância, Dominância, Diversidade e Equabilidade no tempo 2, bem como o perfil de diversidade a partir da série de Rényi e o diagrama de importância das espécies segundo Whittaker para cada arranjo. Realizou-se

gráficos de barras para descrever a importância absoluta e relativas das espécies em comum aos três arranjos.

Na procura de informações que pudessem esclarecer o entendimento dos perfis da regeneração foi realizada uma CCA inicial que comparou no tempo 2, os dados da regeneração por parcela com o ambiente físico (textura, química, biomassa microbiana e compactação do solo, luminosidade) e os dados de produção da aroeira, do feijão guandu e da mandioca. Não houve resultados significativos, assim foram realizadas sucessivas CCAs eliminando a cada uma delas os dados do ambiente e da produção menos expressivos. Da mesma forma realizou-se com o programa R (R Core Team, 2017) uma Análise de Redundância incluindo os dados de localização espaciais de cada parcela aos dados utilizados para a CCA. A seguir realizou-se um levantamento das características ecológicas das espécies bem como dos seus usos potenciais.

#### *4.4.5 Análise da cobertura do solo pelo estrato herbáceo e da regeneração arbustivo-arbórea do tempo 2.*

Os valores de cobertura do solo pelo estrato herbáceo foram submetidos aos testes preliminares da ANOVA. A homogeneidade das variâncias (Bartlett) mesmo após a transformação dos dados não foram conclusivos e com isso encerrou-se as análises. Em seguida, foram realizadas sucessivas CCAs entre a importância absoluta da cobertura das espécies e o ambiente físico, nas quais se tentou ajustar os critérios do ambiente físico que melhor explicaram os resultados de cobertura. Em seguida calculou-se os coeficientes de correlações entre valores do ambiente físico da CCA. Os valores de importância das espécies foram descritos por meio de gráfico de barras.

Calculou-se com o auxílio do programa PAST (HAMMER et al.; 2001) os índices de Riqueza, Abundância, Dominância, Diversidade e Equabilidade no tempo 2, bem como o perfil de diversidade a partir da série de Rényi. Em seguida comparou-se os coeficientes de correlações entre valores da cobertura total e absoluta das espécies, e a densidade absoluta da regeneração.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Análise do ambiente físico do experimento

#### 5.1.1 Análise da textura do solo

Os solos da área de estudo são predominantemente argilo-arenosos, no entanto, verifica-se que existe heterogeneidade entre as parcelas do experimento (Tabelas 2, Figura 4).

**Tabela 2** - Valores médios e respectivos desvios padrões (Desv.pad.) da textura do solo para os arranjos de: Aroeira (A), Aroeira + Feijão Guandu (A+G) e Aroeira +Feijão Guandu + Mandioca (A+G+M).

Horizonte (0 - 20 cm)	A		A + G		A + G + M	
	Média	Desv.pad.	Média	Desv.pad.	Média	Desv.pad.
Areia Grossa (%)	13,5	1,6	14,7	0,7	15,4	2,0
Areia fina (%)	33,3	1,1	35,2	1,7	31,4	1,6
Silte (%)	13,2	0,9	11,9	1,1	15,4	1,8
Argila (%)	40,1	0,9	38,2	1,3	37,9	2,1
Classe Textural	Argiloarenosa		Argiloarenosa		Argiloarenosa	
Horizonte (20 - 40 cm)	A		A + G		A + G + M	
	Média	Desv.pad.	Média	Desv.pad.	Média	Desv.pad.
Areia Grossa (%)	14,0	3,7	12,5	0,8	27,5	9,8
Areia fina (%)	29,5	2,2	33,1	1,9	24,4	3,8
Silte (%)	12,9	0,8	11,8	1,2	14,6	1,9
Argila (%)	43,7	2,1	42,6	1,8	33,5	6,2
Classe Textural	Argilosa		Argiloarenosa		Franco-argiloarenosa	
Horizonte (40 - 60 cm)	A		A + G		A + G + M	
	Média	Desv.pad.	Média	Desv.pad.	Média	Desv.pad.
Areia Grossa (%)	23,1	13,8	11,9	1,3	39,8	12,4
Areia fina (%)	25,7	4,6	32,9	2,6	21,9	3,6
Silte (%)	12,8	2,2	12,5	1,5	12,3	2,0
Argila (%)	38,4	7,0	42,7	2,6	25,9	7,7
Classe Textural	Argiloarenosa		Argilosa		Franco-argiloarenosa	

Fonte: Laboratório de caracterização de substratos DEF/UFVJM

A análise de componentes principais (PCA) mostrou que (Tabela 3; Figura 5) os elementos de diferenciação são: a areia grossa, areia fina e o teor de argila. Constata-se um gradiente nesta diferenciação que passa de uma homogeneidade relativa na camada de 0 a 20 para uma heterogeneidade mais acentuada nas camadas inferiores (Tabela 2).

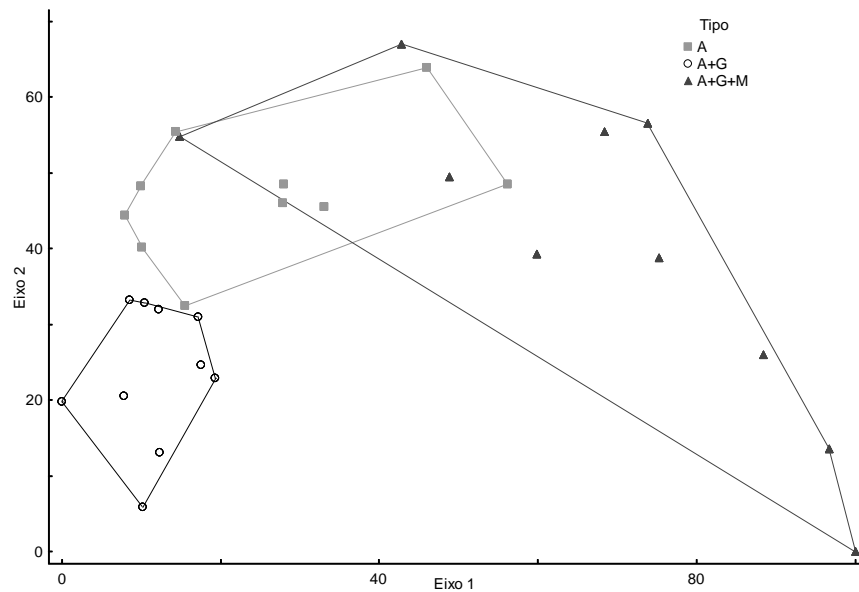
Foi possível distinguir um grupo de parcelas onde prevalece um teor maior de areia fina (33 – 35%) e uma homogeneidade de composição textural ao longo do perfil. (Tabela 2, Figura 5). Esse grupo de parcela corresponde ao local onde foi alocado o arranjo de aroeira + feijão guandu (A+G) (Figura 4). Um grupo intermediário se formou contendo as parcelas onde foi alocado o arranjo da aroeira em pleno sol (A) (Figura 4), esse grupo se

diferencia do primeiro por ter valores de areia grossa maior e areia fina menor no horizonte de 40 a 60 cm (Tabela 2). O terceiro grupo que recebeu o arranjo de aroeira + feijão guandu + mandioca (A+G+M) é mais heterogêneo do que os outros (Figura 4), mostra teores de areia total e areia grossa superiores nos perfis abaixo de 20 cm com média de 60% de areia total e 40% de areia grossa no horizonte inferior (Tabela 2, Figura 5).

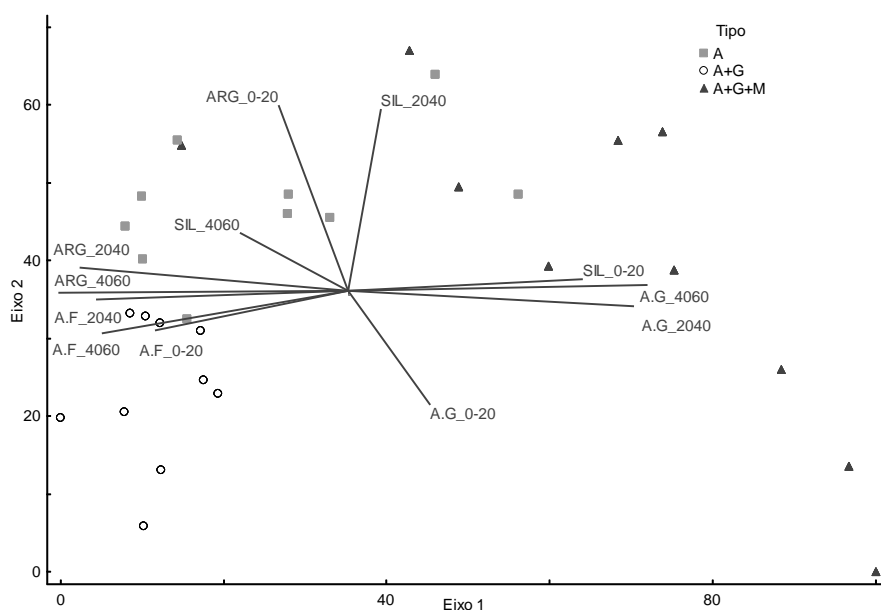
**Tabela 3** - Valores dos eixos da Análise de Componente Principal (PCA) para os componentes da textura nos perfis de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade

Eixo	Autovalor	% da Variância	Variância cumulativa	Significância (p)
1	7,267	60,560	60,560	0,001
2	2,119	17,661	78,221	0,001

**Figura 4** - Análise de Componente Principal (PCA) representada com os agrupamentos dos arranjos de plantio segundo os componentes da textura nos perfis de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade



**Figura 5** - Análise de Componente Principal (PCA) com representação vetorial dos componentes da textura nos perfis de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade



### 5.1.2 Análise dos componentes químicos do solo

Os resultados das análises químicas mostram que mesmo tendo uma acidez média, a fertilidade dos solos do experimento é considerada baixa a muito baixa (ALVARES et al., 1999). A acidez é homogênea em todo o experimento e tende a diminuir quando desce no perfil, o que pode ser sinal de calagem pretérita realizada na área com uma migração lenta do calcário aplicado para as camadas mais profundas. Verificou-se com base nestas análises que existe heterogeneidade de fertilidade entre as parcelas do experimento (Tabela 4).

**Tabela 4** - Valores médios dos componentes químicos do solo nas faixas de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade para os arranjos de: Aroeira (A), Aroeira + Feijão Guandu (A+G) e Aroeira +Feijão Guandu + Mandioca (A+G+M)

	0 a 20 cm			20 a 40 cm			40 a 60cm		
	A	A+G	A+G+M	A	A+G	A+G+M	A	A+G	A+G+M
pH (água)	5,1	5,2	5,2	5,3	5,4	5,4	5,6	5,7	5,7
P (mg/dm <sup>3</sup> )	5,4	4,6	5,8	2,3	2,0	2,8	1,8	1,6	2,1
K (mg/dm <sup>3</sup> )	33,0	30,3	41,0	15,0	15,3	27,2	13,7	14,1	23,5
Ca (Cmoc/dm <sup>3</sup> )	0,9	0,4	1,1	1,0	0,5	1,1	1,0	0,5	0,9
Mg (Cmoc/dm <sup>3</sup> )	0,3	0,2	0,2	0,5	0,2	0,3	0,5	0,3	0,3
Al (Cmoc/dm <sup>3</sup> )	0,7	0,3	0,5	0,5	0,2	0,4	0,3	0,1	0,2
H + Al (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	3,4	2,9	3,4	2,6	2,3	2,4	1,9	1,9	1,7
SB (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	1,3	0,6	1,4	1,6	0,7	1,5	1,5	0,8	1,3

	0 a 20 cm			20 a 40 cm			40 a 60cm		
	A	A+G	A+G+M	A	A+G	A+G+M	A	A+G	A+G+M
t (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	2,0	1,0	1,9	2,1	0,9	1,9	1,8	1,0	1,5
T (Cmolc/dm <sup>3</sup> )	4,8	3,5	4,8	4,2	3,1	3,9	3,5	2,7	3,0
m (%)	33,7	34,0	28,6	23,6	22,0	20,9	15,4	13,0	15,2
V (%)	27,9	18,4	29,2	37,7	23,7	38,4	43,9	30,9	43,7
M.O. (dag/Kg)	1,6	1,5	1,9	1,0	1,2	1,1	0,7	0,9	0,6

Fonte: Laboratório de caracterização de substratos DEF/UFVJM

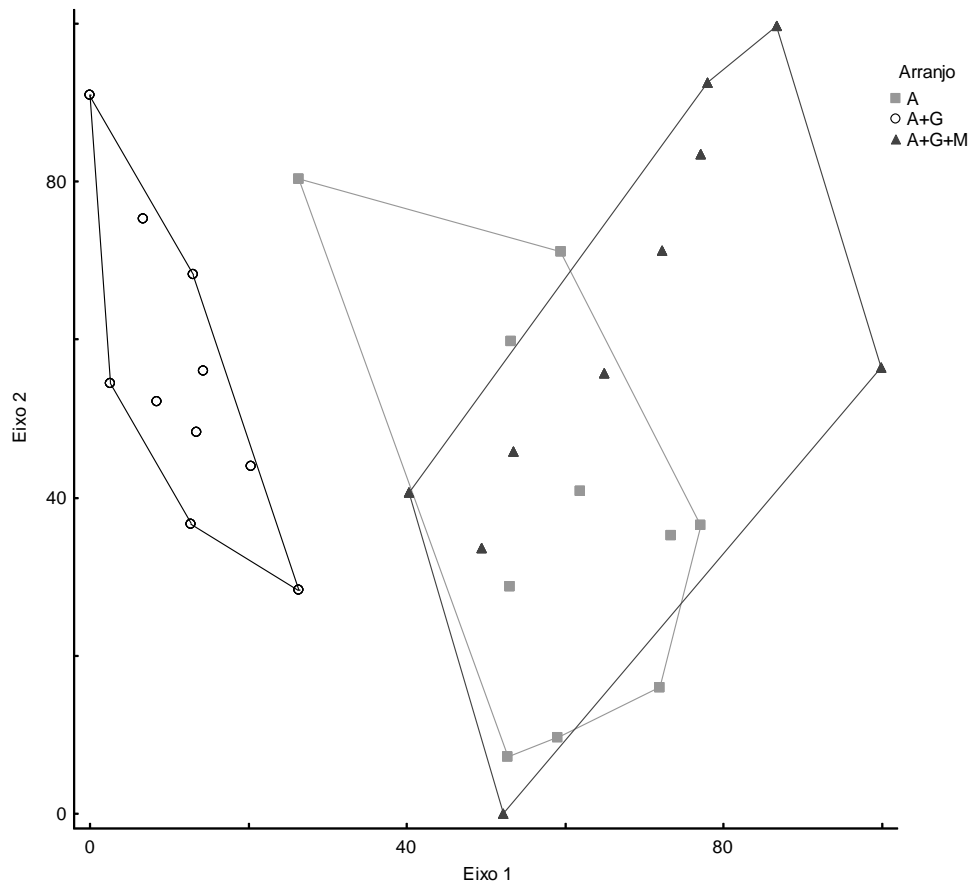
A PCA dos componentes químicos nos três horizontes analisados concluiu que 5 eixos explicaram 78% da variância (Tabela 5). Formaram-se dois grupos (Figura 6), diferenciados principalmente pelos teores de cálcio nos três perfis estudados (Tabela 4, Figura 7): o grupo das parcelas onde foi alocado o arranjo da A+ G tem um teor de cálcio 50% inferior ao grupo formado pelos arranjos A e A+G+M (0,5 contra 1Cmolc/dm<sup>3</sup>). Esta diferença influenciou diretamente a Capacidade de Troca de Cátions efetiva (t) bem como a saturação por base (V). Dentro do segundo grupo manifestaram-se teores de potássio (K) superiores para as parcelas onde foi alocado o arranjo A+G+M sem influenciar significativamente a saturação por base.

**Tabela 5** – Valores dos eixos da PCA dos componentes químicos nas faixas de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade

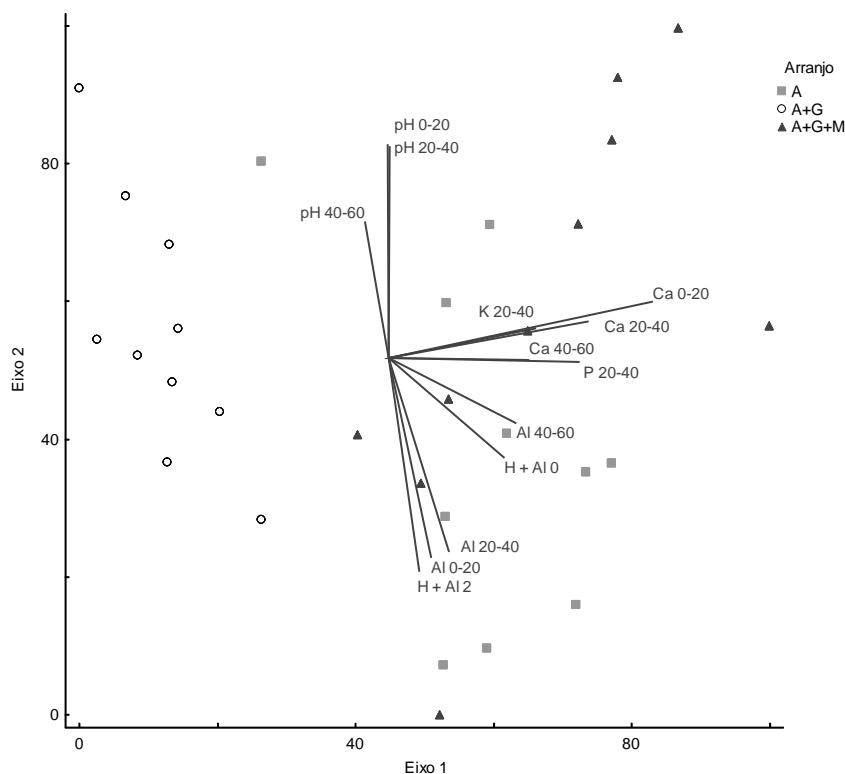
Eixo	Autovalor	% da Variância	Variância cumulativa	Significância (p)
1	6,796	28,317	28,317	0,001
2	5,199	21,662	49,979	0,001
3	2,875	11,977	61,957	0,001
4	2,288	9,535	71,492	0,001
5	1,704	7,1	78,592	0,002



**Figura 6** - Análise de Componente Principal (PCA) representada com os agrupamentos dos arranjos de plantio segundo os elementos químicos nas faixas do solo de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade



**Figura 7** - Análise de Componente Principal (PCA) representada com os autovetores dos elementos químicos nas faixas do solo de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60cm de profundidade



### 5.1.3 Análise em conjunto do ambiente físico do experimento

Os resultados das 3 PCAs mostraram que a metodologia proposta foi conclusiva em termo de precisão pois: na primeira, sete eixos explicaram 73% da variância, na segunda, quatro eixos explicaram 75% e na terceira, dois eixos foram responsáveis por 78% da variância (Tabela 6), concentrando a explicação sobre 16 variáveis (Tabela 7). Anota-se que as variáveis explicativas da terceira PCA já se encontravam em destaque e praticamente na mesma ordem de importância nas primeira e segunda PCA. A realização de uma quarta PCA retirando as variáveis menos expressivas da terceira PCA diminuiu o poder de explicação. As variáveis que mais interferiram na definição dos ambientes físicos são essencialmente ligadas à textura e composição química do solo, com ênfase para os teores de areia fina e areia grossa e o teor de cálcio. Componentes como matéria orgânica no horizonte de 0 a 20 cm (M.O. 0-20), respiração microbiana (resp\_basal) e compactação do solo na faixa de 7,5 a 15 cm (Comp\_15) foram as únicas variáveis a aparecer entre as 16 em destaque, porém sem manifestar influência importante para a definição dos ambientes (Tabela 9).

O primeiro eixo da PCA (Tabela 6) foi responsável por 68% do total da variância explicada e evidenciou um grupo formado pelas parcelas do arranjo A+G (Figura 8). Este grupo se distancia dos outros pelo seu menor teor de cálcio nos horizontes de 0 a 20 e 20 a 40cm, além de apresentar uma textura com mais areia fina nos horizontes inferiores. Ao oposto o distanciamento de um padrão homogêneo das parcelas se deu pelo aumento do teor de cálcio e do teor de areia grossa bem como da diminuição do teor de argila nos mesmos horizontes (Figura 9). Confirma-se a maior heterogeneidade entre as parcelas do arranjo A+G+M principalmente para os teores de cálcio e de areia grossa (Tabela 7, Figura 9). Constata-se que a capacidade de troca de cátion efetiva (t) foi influenciada principalmente pelos valores de cálcio nos horizontes de 0 a 20 e de 20 a 40 cm.

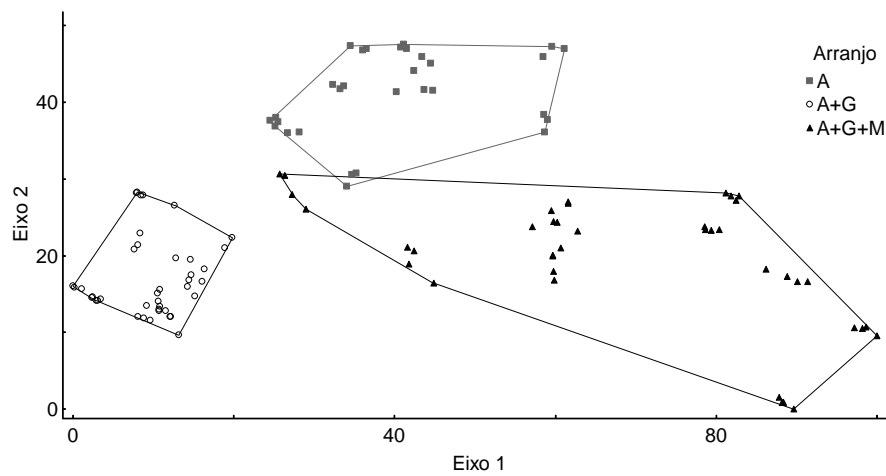
**Tabela 6** - Eixos significativos para a Análise de Componente Principal (PCA) na definição das características do ambiente físico do experimento.

Eixo	Autovalor	% da variância	% da variância cumulativa	p valor
1	10,811	68	68	0,001
2	1,692	11	78	0,022

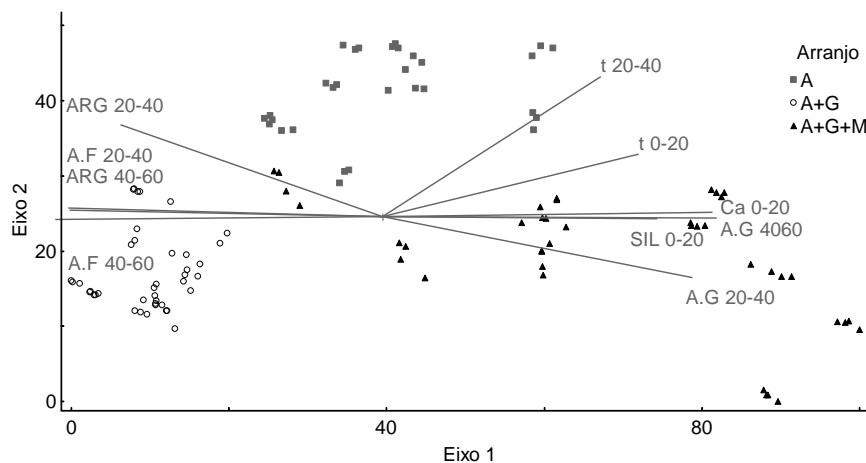
**Tabela 7** - Variáveis ambientais ordenadas pelo comprimento de seu 1º autovetor na Análise de Componente Principal (PCA) do experimento

Variável	Autovetor		Variável	Autovetor	
	1	2		1	2
A.G 4060	0,2801	-0,0407	t 0-20	0,2454	0,3063
Ca 0-20	0,2784	0,0832	A.F 0-20	-0,237	-0,0426
A.F 4060	-0,2772	-0,0692	Ca 2040	0,237	0,3622
A.F 2040	-0,2717	0,1128	Resp_basal	0,2277	0,3502
ARG 4060	-0,2709	0,0992	t 2040	0,2263	0,4579
A.G 2040	0,2697	-0,3025	K 2040	0,2239	-0,3645
SIL 0-20	0,254	-0,053	Comp_15	0,2237	-0,098
ARG 2040	-0,2481	0,3706	M.O. 0-20	0,2128	-0,1755

**Figura 8** - Análise de Componente Principal (PCA) representada com os agrupamentos dos arranjos segundo os componentes do ambiente físico



**Figura 9** - Análise de Componente Principal (PCA) com os autovetores dos componentes do ambiente físico



## 5.2 Efeitos dos tratamentos na sobrevivência e no crescimento da aroeira do sertão

### 5.2.1 Análise do comportamento da aroeira em relação ao ambiente físico do experimento

A CCA avaliando o comportamento da aroeira em relação aos componentes do ambiente físico evidenciou que houve influência deste ambiente sobre o crescimento da aroeira. As variáveis de maior relevância foram características químicas (cálcio de 0 a 20 e 20 a 40 cm) e microbiológicas (respiração basal) (Figura 11).

O primeiro eixo da CCA explicou 28,4% da variância, o segundo eixo não foi considerado como canônico, portanto não tem poder de explicação (Tabela 8).

**Tabela 8** - Autovalores dos eixos da Análise de Componentes Principais (CCA) entre o incremento em altura e cobertura de copa da aroeira e as variáveis ambientais

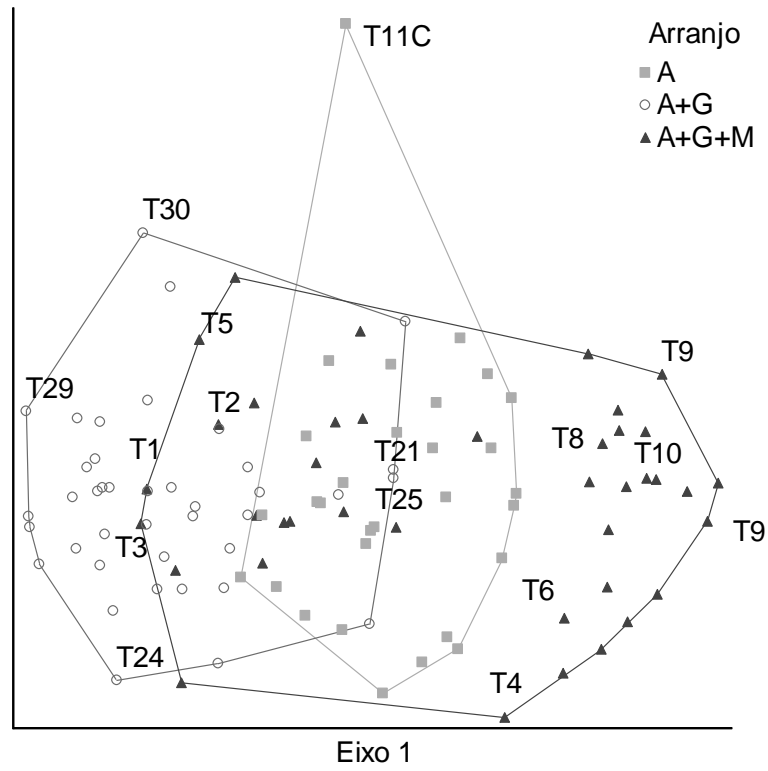
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Autovalor	0,003	0,014	0,000
% da variância explicada	28,4*	71,6	0,0
% da variância cumulativa	28,4	100,0	100,0
Correlação de Pearson, Incremento - ambiente	0,420	0,000	0,000

(\*) significativo a 0,1%

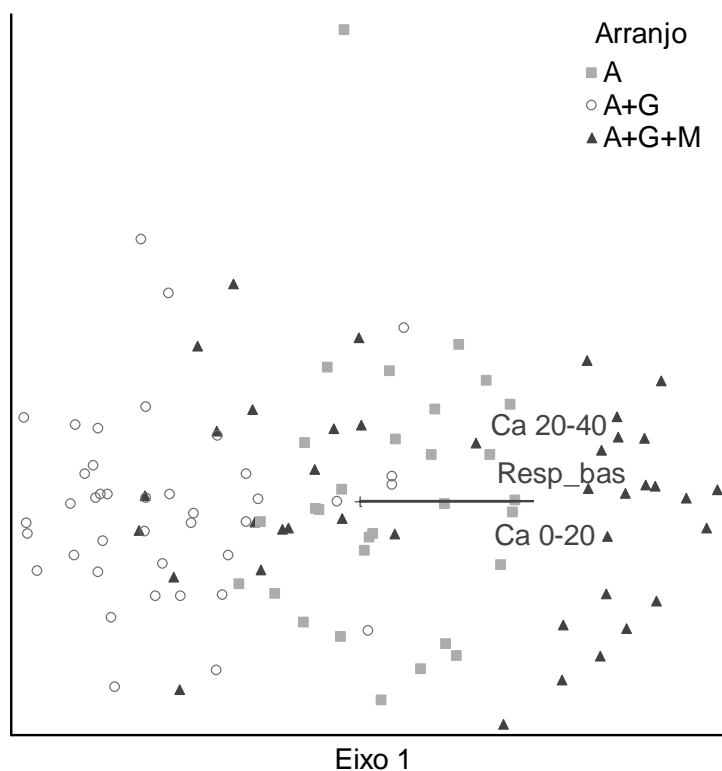
Observa-se na Figura 10, que os arranjos A e A+G apesar de distintos nas suas características, apresentam homogeneidade entre as suas respectivas parcelas, pois apenas 15% das parcelas do arranjo A se encontram com características semelhantes ao arranjo A+G. O arranjo de A+G+M apresenta maior heterogeneidade, tendo 20% de suas parcelas semelhantes às do arranjo A e 27,5% semelhantes às do arranjo A+G.

A representação vetorial mostra (Figura 11) que o incremento da aroeira foi mais expressivo nas parcelas onde tinha valores superiores de respiração basal e de cálcio nos horizontes de 0 a 20 e de 20 a 40 cm; esta relação mostrou haver um gradiente entre os arranjos na forma:  $A < A+G \leq A+G+M$ .

**Figura 10** - Representação do agrupamento dos arranjos de plantio segundo a Análise de Componentes Principais (CCA) para o incremento em altura e cobertura de copa da aroeira.



**Figura 11** - Representação da Análise de Componentes Principais (CCA) para o incremento em altura e cobertura de copa da aroeira com os autovetores das variáveis do ambiente físico: Cálcio de 0 a 20 e 20 a 40 cm (Ca 0-20, Ca 20-40) e Respiração basal (Resp\_bas).



Após a Análise de Componentes Canônicos, a etapa seguinte na busca pelo melhor entendimento do crescimento da aroeira foi de verificar os níveis de correlação entre os incrementos em altura, diâmetro e cobertura de copa junto às principais variáveis definidas pela CCA. Na Tabela 9 observa-se que entre variáveis explicadas e explicativas, a correlação mais elevada (0,63) ocorreu entre os valores logarítmicos do crescimento em altura e o teor de cálcio no horizonte 0 a 20 cm. A Respiração basal tida como vetor canônico importante na CCA não mostrou correlações com o incremento da aroeira (Tabela 9).

**Tabela 9** - Correlações de Pearson entre as variáveis de incremento em altura (lnialt), diâmetro (idiam), cobertura de copa (icopa) e as características evidenciadas na análise de correspondência canônicas: Respiração basal (resp\_basal), teor de cálcio no horizonte de 0 a 20 cm (Ca\_0\_20), teor de cálcio no horizonte de 20 a 40 cm (Ca\_20\_40)

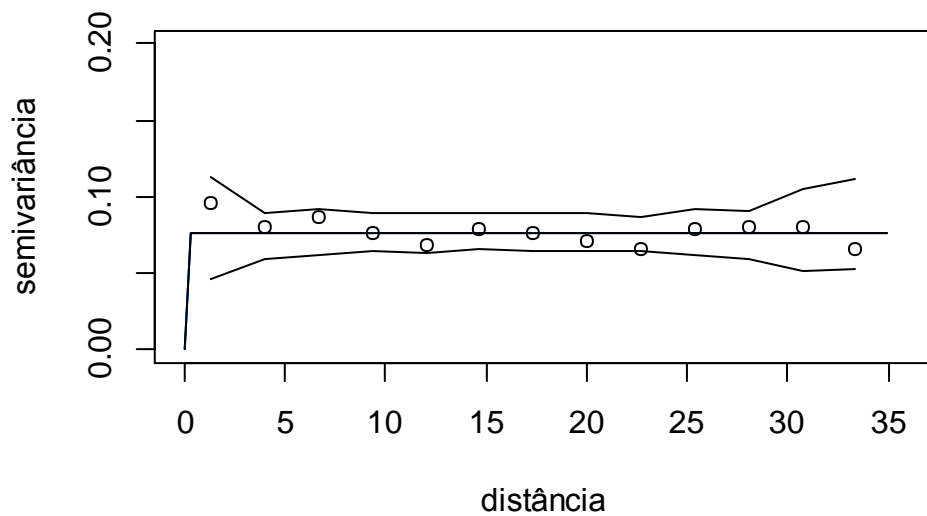
	lnialt	idiam	icopa	resp_basal	Ca_0_20	Ca_20_40
lnialt	1					
idiam	0,50	1				

	lnialt	idiam	icopa	resp_basal	Ca_0_20	Ca_20_40
icopa	0,68	0,67	1			
resp_basal	0,01	0,02	0,03	1		
Ca_0_20	0,63	0,28	0,45	0,08	1	
Ca_20_40	0,51	0,23	0,35	0,07	0,83	1

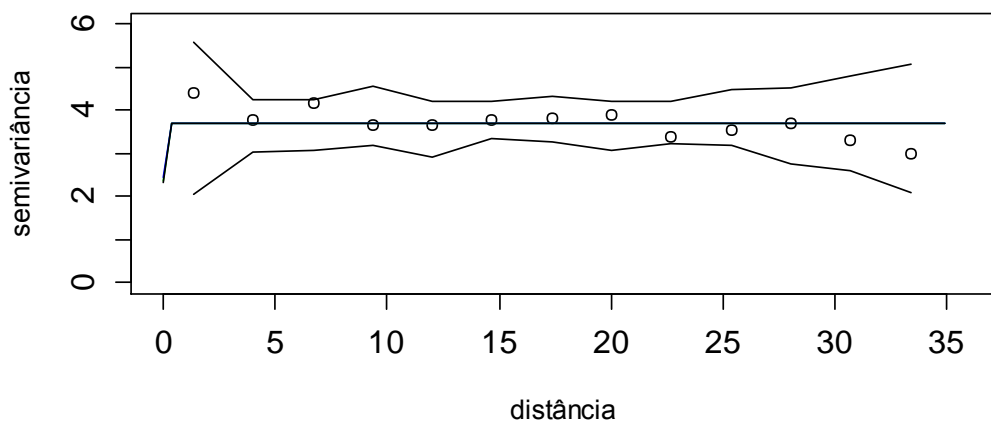
### 5.2.2 Análise da dependência espacial da sobrevivência e do crescimento da aroeira

Verificou-se nas Figuras 12, 13 e 14 que o comportamento da variância foi semelhante independentemente da sua posição, portanto a distância entre parcelas não influenciou sobre o comportamento da aroeira no que diz respeito ao seu crescimento. O ajuste dos modelos teóricos propostos por Oda-Souza et al. (2008) mostrou a linearidade das variâncias, nota-se que para os incrementos testados, os três modelos propostos, exponencial e matern com  $\kappa = 1$  e  $\kappa = 2$ , resultaram nos mesmos valores e se sobrepuseram nos gráficos.

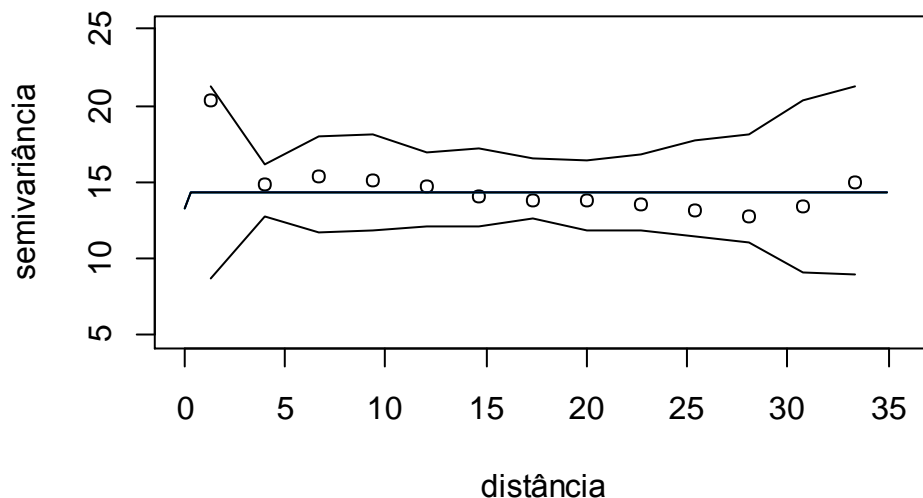
**Figura 12** - Semivariograma ajustado com os resíduos do incremento em altura da aroeira



**Figura 13** - Semivariograma com os resíduos do incremento da cobertura de copa da aroeira





**Figura 14** - Semivariograma ajustado com os resíduos do incremento em diâmetro da aroeira

Obedecida à prerrogativa de independência espacial optou-se pela análise de variância (ANOVA) para avaliar os efeitos dos tratamentos sobre a sobrevivência e o crescimento da aroeira.

**Tabela 10** - Resultados de sobrevivência, da significância (p valor) das análises de variância, de coeficiente de variação (CV) e teste de média (Tukey) para os incrementos em altura, diâmetro e cobertura de copa; (\*) demonstra significância >95% para ANOVA; (a) letras iguais remetem a médias estatisticamente iguais a 95% pelo teste de Tukey.

Variável	ANOVA				Teste de médias (Tukey)		
	Arranjo	Espaç.	Arranjo * Espaç.	CV (%)	A	A+G	A+G+M
Sobrevivência (%)					100	100	100
Altura (cm)	p=0,0003*	p=0,12	p=0,53	36,07	118 (a)	81 (b)	139 (a)
Diâmetro (cm)	Anova preliminar	p=0,077		33,05	1,5 (a)	1,1 (a)	1,3(a)
Copa (m <sup>2</sup> )	p=0,001*	p= 0,16	p = 0,29	25,8	1,36 (a)	1,00 (b)	1,47 (a)

### 5.2.3 Sobrevivência da aroeira

Os valores objeto das análises de sobrevivência e crescimento da aroeira correspondem ao intervalo de medição de 21 meses a partir da medição inicial. A sobrevivência foi de 100% para os arranjos (Tabela 10), permitindo assim que todas as plantas da aroeira fossem avaliadas, obedecendo a uma das premissas relativas ao delineamento sistemático onde a perda de uma planta (parcela) interfere diretamente sobre a área disponível das plantas (parcelas) vizinhas (NELDER, 1962; ODA-SOUZA et al., 2008).

#### *5.2.4 Incremento em altura da aroeira*

Garantidos a normalidade de resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO, 1965) e a homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett (BARTLETT, 1937), A ANOVA dos dados transformados mostrou (Tabela 10) que pelo menos um tratamento se diferenciava dos demais, portanto realizou-se o desdobramento dos fatores do experimento no modelo de parcelas subdivididas. O fator “Arranjo” foi considerado como parcela e o fator “Espaçamento” como sub-parcela. O resultado da análise verificou (Tabela 10) que o incremento em altura foi dependente do fator “Arranjo” e que não foi influenciado pelo fator “Espaçamento” bem como pela interação dos fatores “Arranjo” e “Espaçamento”. O resultado do teste de média (Tukey, Tabela 10) define como iguais os tratamentos A (118 cm) e A+G+M (139 cm), e diferente o tratamento A (81 cm).

#### *5.2.5 Incremento em diâmetro da aroeira*

Os dados apresentaram normalidade de resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO, 1965) e homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett (BARTLETT, 1937). A ANOVA não detectou diferenças entre os tratamentos (Tabela 10), portanto são considerados estatisticamente iguais.

#### *5.2.6 Incremento da cobertura de copa da aroeira*

Os dados apresentaram normalidade de resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO, 1965) e homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett (BARTLETT, 1937).

A ANOVA dos dados transformados mostrou que pelo menos um tratamento diferenciava-se dos demais (Tabela 10), portanto realizou-se o desdobramento dos fatores do experimento no modelo de parcelas subdivididas. O fator “Arranjo” foi considerado como parcela e o fator “Espaçamento” como parcela subdividida. O resultado da análise verificou (Tabela 10) que o incremento em altura foi dependente do fator “Arranjo” e que não foi influenciado pelo fator “Espaçamento” bem como pela interação dos fatores “Arranjo” e “Espaçamento”. O resultado do teste de média (Tukey, Tabela 10) definiu como iguais os tratamentos A (1,36 m<sup>2</sup>) e A+G+M (1,47 m<sup>2</sup>), e diferente o tratamento A+G (1,00 m<sup>2</sup>).

### **5.3 Composição da comunidade arbustivo-arbórea regenerante**

Verifica-se na Tabela 11 que após o tempo 1, encontrava-se as 13 famílias e 21 das 22 espécies presentes no tempo 2.

As densidades absolutas no tempo 1 foram próximas nos arranjos A e A+G, com valores de 1.703 e 1.866 indivíduos por hectare ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) e significativamente superior ao arranjo A+G+M que contou 899  $\text{ind.ha}^{-1}$  (Tabela 11).

**Tabela 11** - Densidade da Regeneração Natural de espécies arbustivo-arbóreas aos 14 meses após o plantio (tempo 1) e 26 meses (tempo 2) nos diferentes arranjos de plantio na adequação ambiental de uma área de agricultura degradada. Em que: A (aroeira), A+G (Aroeira +Guandu) e A+G+M (Aroeira + Guandu + Mandioca).

Família	Espécie	Tempo 1			Tempo 2		
		Ind. $\text{ha}^{-1}$			Ind. $\text{ha}^{-1}$		
		A	A+G	A+G+M	A	A+G	A+G+M
Annonaceae	<i>Duguetia furfuracea</i>	39			39		
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i>		29			29	
Bignoniaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i>	77			39		
	<i>Zeyheria montana</i>						29
Fabaceae	<i>Calliandra dysantha</i>		29			29	
	<i>Dalbergia miscolobium</i>	39	87		39	87	
	<i>Enterolobium gummiferum</i>	116			116		
	<i>Machaerium opacum</i>	116			116		
	<i>Senegalia polyphylla</i>	774	87	87	890	87	174
Malpighiaceae	<i>Heteropterys coriacea</i>	39			39		
Malvaceae	<i>Eriotheca pubescens</i>		29			29	
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i>	77	871	174	39	842	174
Myrtaceae	<i>Campomanesia adamantium</i>		29			29	
	<i>Eugenia dysenterica</i>	116	58	348	77	58	319
	<i>Psidium australe</i>			58			58
Polygalaceae	<i>Bredemeyera floribunda</i>	271	58	203	193	87	290
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>		290			203	
Solanaceae	<i>Solannum lycocarpum</i>		203			232	
Verbenaceae	<i>Aegiphila sellowiana</i>	39			39		
	<i>Vitex polygama</i>		29			29	
Vochysiaceae	<i>Qualea Grandiflora</i>			29			29
	<i>Qualea multiflora</i>		87			87	
Total:		1703	1886	899	1625	1828	1074

No tempo 2 constatou-se uma ligeira inflexão do número de indivíduos de 5 e 3% para A e A+G, e um aumento de 20% para A+G+M que contavam respectivamente com 1.625, 1.828 e 1.074  $\text{ind.ha}^{-1}$ . As taxas de mortalidade e ingresso (Tabela 12) foram de 11,3 e 6,8% para A, 8 e 3,2% para A+G e 6,4 e 22,8% para A+G+M. Pelo fato de ter poucas diferenças entre as duas mensurações de regeneração, a descrição dos resultados teve um enfoque maior para o tempo 2.

**Tabela 12** - Mortalidade (Mort.) e ingresso (Ingr.) de indivíduos.ha<sup>-1</sup> entre os tempos 1 e 2. Em que: A (aroeira), A+G (Aroeira +Guandu) e A+G+M (Aroeira + Guandu + Mandioca).

Espécie	Arranjos					
	A		AG		AGM	
	Mort.	Ingr.	Mort.	Ingr.	Mort.	Ingr.
<i>Duguetia furfuracea</i>						
<i>Aspidosperma subincanum</i>						
<i>Zeyheria montana</i>						29
<i>Handroanthus ochraceus</i>	39					
<i>Calliandra dysantha</i>						
<i>Dalbergia miscolobium</i>						
<i>Enterolobium gummiferum</i>						
<i>Machaerium opacum</i>						
<i>Senegalia polyphylla</i>		117	29	29		58
<i>Heteropterys coriacea</i>						
<i>Eriotheca pubescens</i>						
<i>Brosimum gaudichaudii</i>	39		29			
<i>Campomanesia adamantium</i>						
<i>Eugenia dysenterica</i>	39				58	29
<i>Psidium australe</i>						
<i>Bredemeyera floribunda</i>	77					88
<i>Casearia sylvestris</i>			88			
<i>Solannum lycocarpum</i>				29		
<i>Aegiphila sellowiana</i>						
<i>Vitex polygama</i>						
<i>Qualea Grandiflora</i>						
<i>Qualea multiflora</i>						
Total de Mort. e Ingr.	193	117	146	58	58	205
Taxa (%)de Mort. e Ingr	11,3	6,8	8	3,2	6,4	22,8

Apesar de uma dinâmica maior de ingresso de indivíduos no tempo 2, o arranjo A+G+M foi nitidamente inferior em termo de riqueza e de abundância, pois representou 60% da densidade de plantas e do número de espécies dos outros arranjos.

Os índices que melhor captaram a realidade dos dados foram o índice de riqueza de Margalef e o índice de diversidade de Fisher (Tabela 13). O índice de Fisher foi muito mais expressivo que os índices de Shannon e de Simpson apesar de não haver distribuição normal da dominância relativa, premissa ao uso da estatística paramétrica.

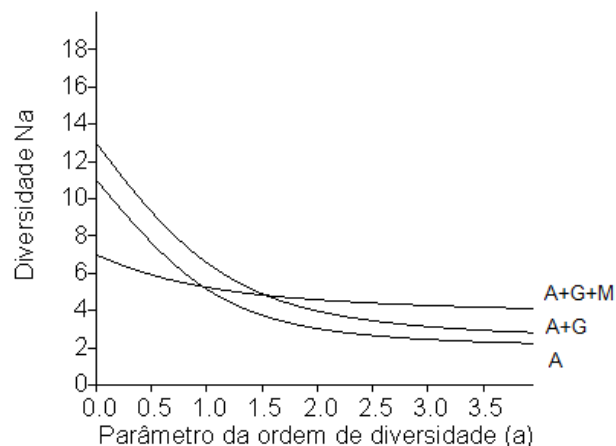
Melo, (2008) relata que alguns autores já contestaram a necessidade de distribuição normal para o cálculo deste índice. Este pesquisador ressalta que os índices variam de acordo com a importância dada as espécies raras, índices de riqueza proporcionam um peso mais importante do que Shannon (peso intermediário) e de Simpson (peso fraco).

Para contornar isso, sugere a utilização do perfil de diversidade que visualiza o comportamento da diversidade de uma população à medida que se modifica o peso das espécies raras. No caso do experimento, este perfil (Figura 15) evidenciou comportamentos similares e próximos para os arranjos A e A+G qual seja o peso dado às espécies raras, e que se distinguem claramente do arranjo A+G+M onde houve menor número de espécie total e menor proporção de espécies raras o que foi confirmado pelo índice de espécies raras “*chão-1*” (Tabela 13).

**Tabela 13** - Riqueza, Abundância, Dominância, Diversidade e Equabilidade no tempo 2 para a Regeneração Natural das espécies arbóreas em uma área em recuperação por meio do uso de um Sistema Agroflorestal. Em que: A (aroeira), A+G (Aroeira +Guandu) e A+G+M (Aroeira + Guandu + Mandioca) (A+G+M)

Variáveis	Arranjo		
	A	A+G	A+G+M
Riqueza	11	13	7
Abundância	42	63	37
Índice de Dominância (1- Simpson)	0,33	0,25	0,22
Índice de riqueza de Menhinick	1,70	1,64	1,15
Índice de riqueza de Margalef	2,68	2,90	1,66
Índice de equabilidade de Pielou	0,68	0,73	0,85
Índice de Equabilidade de Buzas & Gibson	0,47	0,50	0,75
Índice de Diversidade Simpson	0,67	0,75	0,78
Índice de Diversidade Shannon	1,64	1,88	1,66
Índice de Diversidade de Fisher	4,85	4,97	2,56
Índice de Chao-1	19	18	7,5

**Figura 15** - Perfil de diversidade dos arranjos segundo a série de Rényi para a regeneração arbustiva-arbórea no tempo 2



A densidade absoluta da regeneração e o tamanho de parcelas se correlacionaram fortemente com o Arranjo A+G+M (0,80) e de forma fraca ou inexistente nos arranjos A (0,43) e A+G (-0,34).

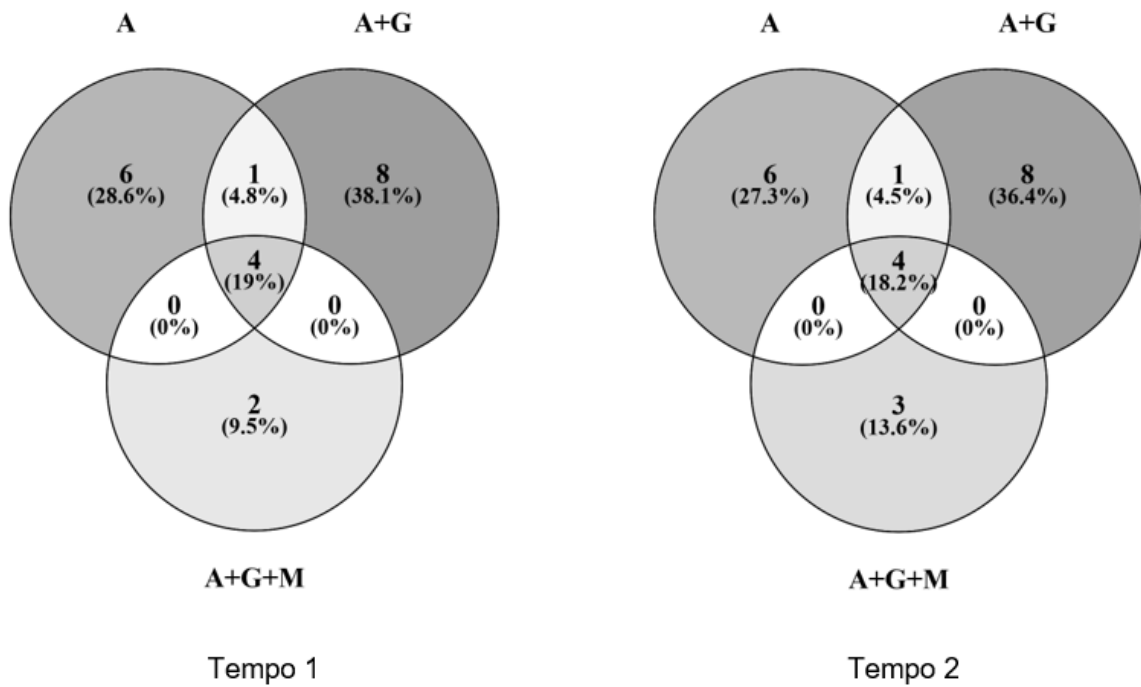
Observou-se que para as espécies mais abundantes após 26 meses não houve diferenças marcantes entre os ordenamentos de Valor de Cobertura em função da Área Basal ou da Área de Copa (Tabela 14). Esses valores foram comparados com a correlação entre área basal e área de copa das espécies (Tabela 14) e mostraram que correlações fracas e moderadas não influenciaram na ordenação das espécies segundo esses dois valores de cobertura.

**Tabela 14** - Índice de correlação entre área basal e área de copa e ordenamento pelos valores de cobertura das espécies mais abundantes na regeneração no tempo 2, VC.AB = valor de cobertura com área basal, VC.AC = valor de cobertura com área de copa

Espécie	Correlação	A		A+G		A+G+M	
		VC.AB	VC.AC	VC.AB	VC.AC	VC.AB	VC.AC
<i>Bredemeyera floribunda</i>	0.89	4	2	5	4	1	1
<i>Brosimum gaudichaudii</i>	0.54	3	3	1	1	3	3
<i>Casearia sylvestris</i>	0.29			4	3		
<i>Eugenia dysenterica</i>	0.4	7	8	7	8	2	2
<i>Senegalia polyphylla</i>	0.59	1	1	8	5	4	4
<i>Solannum lycocarpum</i>	0.92			3	2		

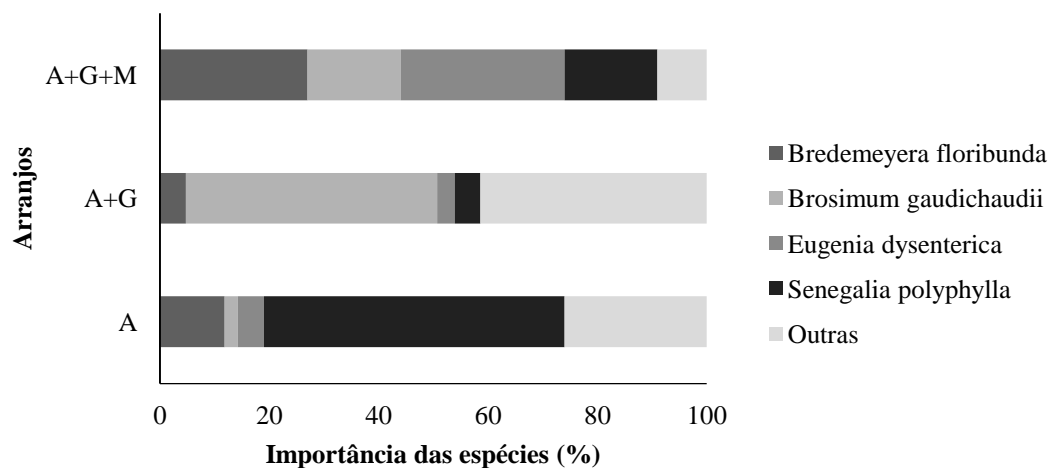
Nota-se que das 21 espécies no tempo 1 e 22 no tempo 2, somente 4 foram comuns aos três arranjos (Figura 16), são elas: *Senegalia polyphylla*, *Brosimum gaudichaudii*, *Eugenia dysenterica* e *Bredemeyera floribunda*; *Dalbergia miscolobium* foi comum à A e A+G.

**Figura 16** - Diagrama de Venn para as espécies da regeneração natural nos tempos 1 e 2

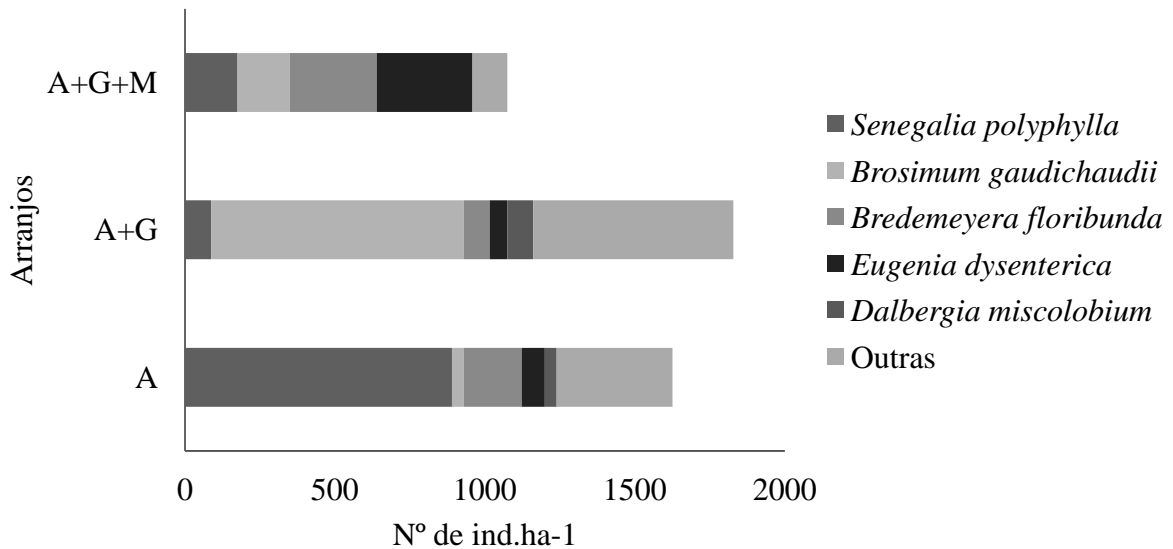


O perfil de importância das espécies nos arranjos A e A+G são similares (Figura 19), porém as espécies dominantes são diferentes (Figura 17), o arranjo A+G+M apresenta menor diversidade, porém maior equabilidade (Figura 19) como mostram os índices de Pielou e de Buzas & Gibson (Tabela 13). Nota-se que os valores de importância das espécies em comum (Figura 18) em cada arranjo foram muito variáveis e confirmaram a heterogeneidade qualitativa da regeneração entre os arranjos.

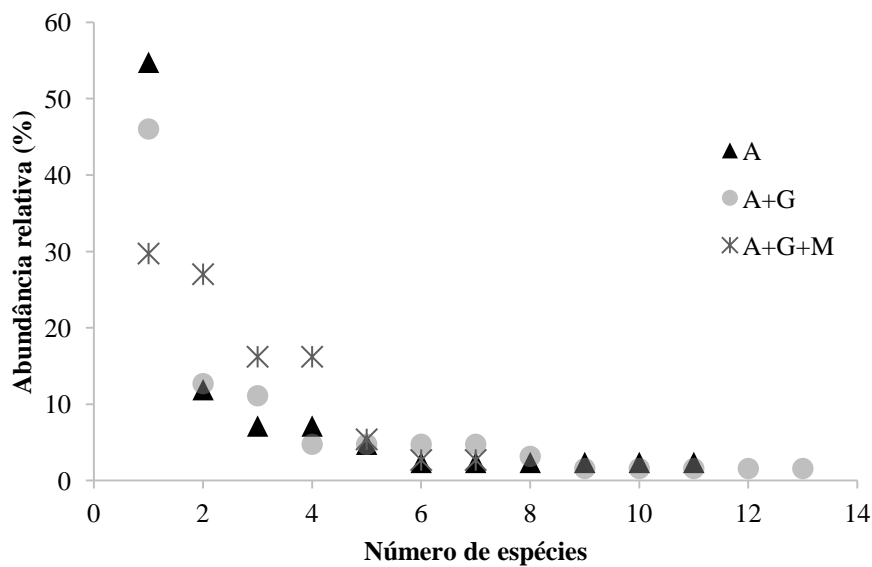
**Figura 17** - Importância (%) das espécies em comum, relativa ao total das espécies em cada arranjo no tempo 2



**Figura 18** - Importância em número de indivíduos por hectare (ind.ha<sup>-1</sup>) das espécies em comum, relativa ao total das espécies em cada arranjo no tempo 2



**Figura 19** - Perfil de importância das espécies (Whittaker) para os arranjos A, A+G e A+G+M no tempo 2



O resultado da CCA foi significativo com três parâmetros (CTC nos horizontes de 0 a 20 e de 20 a 40 cm e o carbono da biomassa), porém o nível de explicação foi muito baixo (Tabela 15), assim não se analisou os resultados obtidos.

Os resultados da análise de redundância mostraram (Figura 20) que os dados ambientais explicam 3% da variação, a interação do ambiente com o espaço, 3% e o espaço não influenciou nos resultados da regeneração.

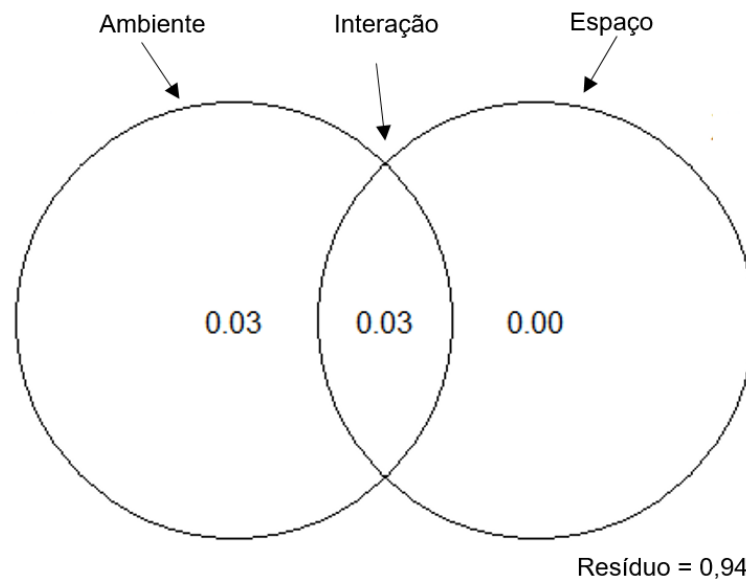


**Tabela 15** - Análise de correspondência canônicas (CCA) da regeneração arbustiva-arbórea no tempo 2 em relação ao ambiente físico do experimento

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Autovalor	0,620	0,346	0,088
% da variância explicada	5,1*	2,8	0,7
% da variância cumulativa	5,1	7,9	8,7
Correlação de Pearson, Incremento-ambiente	0,862	0,676	0,361

(\*) significativo a 0,1%

**Figura 20** - Análise de redundância da regeneração arbustiva-arbórea no tempo 2 em relação ao ambiente físico e espacial do experimento.



Nota-se na Tabela 16 que as síndromes de dispersão das espécies encontradas na regeneração arbustiva-arbórea são principalmente divididas entre a dispersão pelo vento (anemocórica) ou pelos animais (zoocórica), metade das espécies já são reconhecidas com a capacidade de se multiplicar graças à brotação de raiz, chamada raiz gemífera. A polinização das espécies do experimento é essencialmente realizada por insetos e em particular por abelhas melíferas. Os usos potenciais das espécies são dos mais variados, entre madeireiros, medicinais, aromatizantes ou paisagísticos.

**Tabela 16** - Características das espécies arbustivo-arbóreas da regeneração natural no tempo 2 classificadas segundo a abundância em ordem decrescente; An. = Anemocórica, Aut. = Autocórica, Nesp. = Não especializada, Zoo. = Zoocórica, P = Pioneira, NP = Não Pioneira, SC = Sem classificação, Al. = Alimentício, Af. = Alimentício para fauna, Ap. = Apícola, Aro = Aromatizante, Art. = Artesanal, Co. = Corticeiro, En. = Energia, Ma. = Madeireiro, Pais. = Paisagismo, Me. = Medicinal, Tin. = Tintural

Espécie	Dispersão	Polinização	Uso	Semente	Raiz	Exigência de luz	Hábito	Densidade da madeira.	Sucessão
<i>Aegiphila sellowiana</i>	Zoo <sup>8,6,22</sup> /Aut.	Melitofilia <sup>8,22</sup>		Ortodoxa	Gemífera <sup>19</sup>	Heliófito <sup>8</sup>	Arbóreo <sup>1,6,8</sup>	0,42 <sup>14</sup>	P <sup>8,13,20</sup>
<i>Aspidosperma subincanum</i>	An. <sup>6</sup>		Ma. <sup>1,8</sup> , Pais. <sup>8</sup>		Gemífera	Heliófito <sup>8</sup>	Arbóreo <sup>8,6</sup>	0,88 <sup>1</sup> / 0,82 <sup>8</sup> / 0,86 <sup>1</sup>	NP <sup>20</sup>
<i>Bredemeyera floribunda</i>			Me. <sup>10</sup> , Pais. <sup>10</sup>				Arbustivo-escandentes <sup>10,16</sup>		SC <sup>13</sup>
<i>Brosimum gaudichaudii</i>	Zoo. <sup>18,6</sup>	Anemofilia <sup>18</sup>	Al. <sup>2</sup> , Aro. <sup>2</sup> , Me. <sup>2</sup> , Ma. <sup>2</sup> , Af. <sup>9</sup>	Recalcitrante	Gemífera <sup>18</sup>	Heliófito <sup>9</sup>	Árboreo <sup>9,6</sup> Arbustivo <sup>11</sup>	0,88 <sup>9</sup> / 0,72 / 0,58 <sup>14</sup>	P <sup>6</sup>
<i>Calliandra dysantha</i>	Aut.		Pais.				Arbustivo		NP
<i>Campomanesia adamantium</i>	Zoo.						Arbustivo <sup>11</sup>		NP
<i>Casearia sylvestris</i>	Zoo. <sup>5,6,22</sup>	Nesp <sup>5,22</sup>	Af. <sup>2</sup> , Me. <sup>2</sup> , Ma. <sup>2</sup>	Recalcitrante <sup>5</sup>	Gemífera <sup>19</sup>	Esciófito	Arbóreo <sup>6</sup> Arbustivo <sup>11</sup>	0,84 / 0,59 <sup>14</sup>	P <sup>13,6</sup>
<i>Dalbergia miscolobium</i>	An. <sup>6</sup>		Art. <sup>2</sup> , Co. <sup>1</sup> , En. <sup>1</sup> , Ma. <sup>1,2,8</sup> , Tin. <sup>2</sup> , Pais. <sup>2,8</sup>	Ortodoxa	Gemífera <sup>19</sup>	Heliófito <sup>8</sup>	Arbóreo <sup>1,6,8,11</sup>	0,8 <sup>1</sup> / 0,77 <sup>10</sup> / 0,62 <sup>14</sup>	P <sup>8</sup> /NP <sup>6</sup>
<i>Duguetia furfuracea</i>	Zoo <sup>6</sup> . /Aut. <sup>15</sup>	Entomofilia					Arbóreo <sup>6</sup> Arbustivo <sup>15</sup>		NP <sup>6</sup>
<i>Enterolobium gummiferum</i>	Aut. <sup>6</sup>		Co. <sup>2</sup> , Ma. <sup>2,9</sup> , Me. <sup>9</sup> , Tin. <sup>9</sup> , Pais. <sup>9</sup>	Ortodoxa	Gemífera <sup>19</sup>	Heliófito <sup>9</sup>	Arbóreo <sup>6,9</sup>	0,58 <sup>1</sup> / 0,61 <sup>9</sup> / 0,62 <sup>21</sup> / 0,46 <sup>14</sup>	NP <sup>9,6</sup>
<i>Eriotheca pubescens</i>	An. <sup>20,6</sup>		Af. <sup>9</sup> , Pais. <sup>8</sup>		Gemífera <sup>19</sup>		Arbóreo <sup>1,6,8,11</sup>	0,38 <sup>10</sup> / 0,49 <sup>14</sup>	P <sup>6</sup> , NP

Espécie	Dispersão	Polinização	Uso	Semente	Raiz	Exigência de luz	Hábito	Densidade da madeira.	Sucessão
<i>Eugenia dysenterica</i>	Zoo. <sup>9,15,6</sup>	Melitofilia <sup>9</sup>	Al. <sup>9</sup> , Af. <sup>9,15,6</sup> , Ap. <sup>9</sup> , Co. <sup>1</sup> , Me. <sup>9</sup> , Pais. <sup>9</sup>	Recalcitrante		Heliófitas <sup>9</sup>	Arbóreo <sup>1,9,15,6</sup>	0,82 <sup>9</sup> / 0,99 <sup>1</sup> / 0,66 <sup>14</sup>	NP <sup>9,6</sup>
<i>Handroanthus ochraceus</i>	An. <sup>18,6,22</sup>	Melitofilia <sup>18,22</sup>	Ma. <sup>1,2,8</sup> , Me. <sup>2</sup> , Pais. <sup>2,8</sup>	Recalcitrante	Gemífera	Heliófitas <sup>8</sup>	Arbóreo <sup>1,8,11,6</sup>	1,01 <sup>8</sup> / 0,89 <sup>1</sup> / 0,62 / 0,67 <sup>14</sup>	NP <sup>6</sup>
<i>Heteropterys coriacea</i>	An.	Entomofilia					Arbustivo <sup>17</sup>		
<i>Machaerium opacum</i>	An. <sup>6</sup>		En. <sup>9</sup> , Pais. <sup>9</sup>	Ortodoxa	Gemífera <sup>19</sup>	Heliófitas <sup>9</sup>	Arbóreo <sup>9,6</sup>	0,8 <sup>9</sup> / 0,69 <sup>14</sup>	P <sup>9,6</sup>
<i>Psidium australe</i>	Zoo. <sup>7</sup>	Melitofilia <sup>7</sup>	Al. <sup>7</sup> , Me. <sup>7</sup>				Arbustivo <sup>11</sup>		
<i>Qualea grandiflora</i>	An. <sup>15,18,20,6</sup>	Falenofilia, Melitofilia	Me. <sup>2</sup> , Ap. <sup>2</sup> , Ma. <sup>1,2,8</sup> , Art. <sup>2</sup> , Pais. <sup>2,8</sup> , Tin. <sup>2</sup> , En. <sup>1</sup> ,		Gemífera <sup>19</sup>	Heliófitas <sup>8</sup>	Arbóreo <sup>8,11,1,5,6</sup>	0,88 <sup>1</sup> / 0,69 <sup>21</sup> / 0,6 <sup>14</sup>	P <sup>8</sup> , NP <sup>6</sup>
<i>Qualea multiflora</i>	An. <sup>15,18,20,6</sup>	Melitofilia <sup>17</sup>	Ma. <sup>8</sup> , Pais. <sup>8</sup>	Ortodoxa	Gemífera <sup>19</sup>	Heliófitas <sup>9</sup>	Arbóreo <sup>9,11,15,6</sup>	0,77 <sup>9</sup> / 0,66 <sup>21</sup> / 0,6 <sup>14</sup>	P <sup>9</sup> , NP <sup>6</sup>
<i>Senegalia polyphylla</i>	Aut. <sup>22</sup>	Melitofilia <sup>12,22</sup> , Entomofilia <sup>1,2</sup>	En. <sup>5</sup> , celulose <sup>5</sup> , Me <sup>5,12</sup> ,	Ortodoxa <sup>5</sup>		Heliófitas <sup>1,2</sup>	Arbustivo- arbóreo <sup>12</sup>	0,7 <sup>1</sup> / 0,69 <sup>14</sup>	P <sup>4,12</sup>
<i>Solannum lycocarpum</i>	Zoo. <sup>9,15,6</sup>		Al. <sup>9</sup> , Af. <sup>9</sup> , En. <sup>9</sup> , Me <sup>9</sup>		Gemífera <sup>19</sup>	Heliófitas <sup>9</sup>	Arbustivo <sup>15,6</sup> , Arbustivo- arbóreo <sup>9,11</sup> ,		P <sup>9,6</sup>
<i>Vitex polygama</i>	Zoo. <sup>8,6,22</sup>	Melitofilia <sup>22</sup>	Af. <sup>8</sup> , Ma. <sup>8</sup> , Pais. <sup>8</sup>			Heliófitas <sup>8</sup>	Arbóreo <sup>8,6</sup>	0,65 <sup>14</sup>	P <sup>8,6</sup> , NP <sup>13</sup>
<i>Zeyheria montana</i>	An.	Ornitofilia	Me. <sup>3</sup>	Ortodoxa <sup>3</sup>			Arbustivo <sup>3,11</sup>		

Fonte: ALVES; PAULA, 2007<sup>1</sup>; AQUINO et al., 2007<sup>2</sup>; BERTONI, 2003<sup>3</sup>; CARNEVALI et al., 2016<sup>4</sup>; CARVALHO, 2003<sup>5</sup>; EMBRAPA<sup>6</sup>, 2012; FRANZON et al., 2009<sup>7</sup>; LORENZI, 2002a<sup>8</sup>; LORENZI, 2002b<sup>9</sup>; LÜDKTE; SOUZA-CHIES, 2008<sup>10</sup>; MARTINS, C et al., 2011<sup>11</sup>; MAIA-SILVA et al., 2012<sup>12</sup>; MENEZES; ROCHA, 2011<sup>13</sup>; OLIVEIRA, G, 2014<sup>14</sup>; OLIVEIRA, A. K. et al., 2014<sup>15</sup>; PASTORE; SILVEIRA, 2016<sup>16</sup>; PESSOA et al., 2015<sup>17</sup>; REIS et al., 2012<sup>18</sup>; SENA; PINTO, 2008<sup>19</sup>; STEFANELLO et al., 2009<sup>20</sup>; VALE et al., 2002<sup>21</sup>; YAMAMOTO et al., 2007<sup>22</sup>

#### 5.4 Composição da regeneração da cobertura vegetal herbácea

Durante o levantamento da regeneração herbácea foram encontradas apenas cinco espécies: *Waltheria indica* L.(Malvaceae), *Richardia grandiflora* (Cham. & Schltld.) Steud. (Rubiaceae), *Centratherum punctatum* Cass. (Asteraceae), *Setaria parviflora* (Poir.) e *Urochloa decumbens* (Staph) (Poaceae). Dessas *Centratherum punctatum* e *Setaria parviflora* foram representadas por poucos indivíduos e não tiveram influências sobre o nível de cobertura do solo. A cobertura total e a importância de cada espécie em cada um dos arranjos estão descritos na Tabela 17. Os níveis de cobertura foram mais elevados para o arranjo A, intermediários no arranjo A+G e o arranjo A+G+M foi praticamente isento de regeneração herbácea. A espécie *Urochloa decumbens* representou 2/3 da cobertura do arranjo A, enquanto a espécie *Richardia grandiflora* foi a que apresentou maior cobertura no arranjo A+G e a espécie *Waltheria indica* encontrou-se de forma homogênea entre esses dois arranjos. Apesar do fraco nível de cobertura do arranjo A+G+M é interessante ressaltar que a espécie *Urochloa decumbens* obteve a menor representação relativa e com valor abaixo de 20%.

**Tabela 17** - Importância absolutas (I.Abs) e relativas (I.Rel) da cobertura total e por espécies da regeneração herbácea nos arranjos A, A+G e A+G+M

Arranjo	A		A+G		A+G+M	
	I.Abs	I.Rel	I.Abs	I.Rel	I.Abs	I.Rel
Cobertura total	78	100	56	100	13	100
<i>Waltheria indica</i>	14	19	11	20	5	43
<i>Richardia grandiflora</i>	13	19	31	55	6	39
<i>Urochloa decumbens</i>	51	62	14	25	2	18

Os resultados da CCA (Tabela 18) mostraram que o ambiente físico explica 42,9% da variação, o eixo 3 não foi avaliado como canônico, portanto não pode ser considerado.

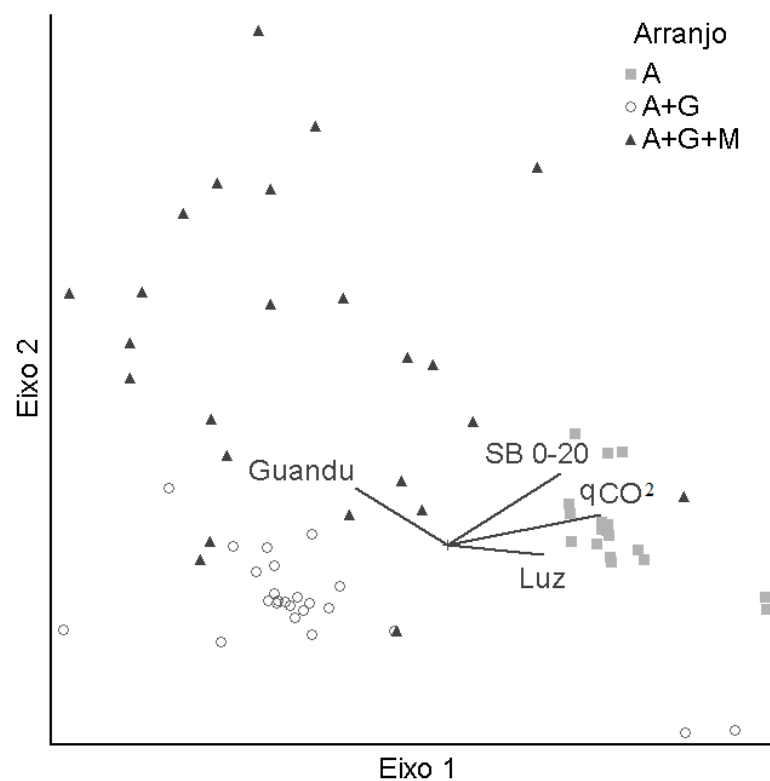
**Tabela 18** - Autovalores dos eixos da CCA da regeneração herbácea

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Autovalor	0,25	0,04	0,28
% da variância explicada	37,5*	5,3	41,8
% da variância cumulativa	37,5	42,9	84,7
Correlação de Pearson, Incremento-ambiente	0,688	0.508	0

(\*) significativo a 0,1%

As variáveis que permitiram definir as tendências são a produção do feijão guandu, a saturação por base no horizonte de 0 a 20 cm (SB), o quociente metabólico do solo ( $qCO_2$ ), e a luminosidade. Na Figura 21, constata-se a formação de grupos relacionados às variáveis de influências cujos valores médios por arranjo encontram-se na tabela 4, sendo que o quadrante Norte-Oeste reuniu as parcelas que tiveram maior produção de guandu, SB e  $qCO_2$  mais elevadas, ele corresponde na sua quase totalidade ao arranjo A+G+M; o quadrante Sul-Oeste foi composto por parcelas que tiveram produção de guandu inferior, fraca SB e  $qCO_2$ , corresponde ao arranjo A+G; e o quadrante Sul-Leste foi marcado pela ausência de Guandu, maior luminosidade, SB e  $qCO_2$ , o grupo formado corresponde ao arranjo A+G.

**Figura 21** - Gráfico representativo da CCA da regeneração herbácea onde: Guandu é a produção do feijão guandu, SB 0-20 é a saturação por base no horizonte de 0 a 20 cm,  $qCO_2$  é o quociente metabólico da biomassa microbiana, e Luz é a luminosidade.



Na tabela 19, observa-se que as espécies *Richardia grandiflora* e *Urochloa decumbens* respectivamente mais importantes nos arranjos A+G e A+G+M estão principal e inversamente explicadas pelo eixo 1, e consequentemente influenciadas pelos fatores físicos descritos acima.

**Tabela 19** - Peso das espécies da regeneração herbácea em relação aos eixos 1 e 2

Espécie	Eixo 1	Eixo 2
<i>Waltheria indica</i>	-0,27	1,93
<i>Richardia grandiflora</i>	-1,12	-0,67
<i>Urochloa decumbens</i>	1,10	-0,36

**Tabela 20** - Valores médios por arranjo de soma de base (SB em Cmolc/dm<sup>3</sup>), Luminosidade (KLux), Produção de Guandu (Guandu em Kg.ha<sup>-1</sup>) e Quociente metabólico (qCO<sup>2</sup> em ug. C-CO<sub>2</sub>. g<sup>-1</sup>.mg de C-Biomassa.h<sup>-1</sup>)

	A	A+G	A+G+M
Soma de bases	1,4	0,6	1,6
Luminosidade	93	86	47
Guandu	0	118	710
qCO <sup>2</sup>	12,3	3,0	12,4

Na análise dos coeficientes de correlações entre as variáveis do ambiente físico (Tabela 21) nota-se que o qCO<sup>2</sup> se relacionou fortemente e positivamente com a fertilidade do solo e que essas duas variáveis tiveram relação forte com a produção de guandu. Os valores de SB e qCO<sup>2</sup> (Tabela 20) mostram que o arranjo A+G teve valores muito inferiores a A e A+G+M e que esses últimos tiveram valores próximos entre eles. A luminosidade teve correlação negativa com a produção de guandu.

**Tabela 21** - Coeficiente de correlações entre as variáveis do ambiente físico da CCA da regeneração herbácea onde: Guandu é a produção do feijão guandu (Kg.ha<sup>-1</sup>), SB é a saturação por base no horizonte de 0 a 20 cm (Cmolc/dm<sup>3</sup>), qCO<sup>2</sup> é o quociente metabólico da biomassa microbiana (ug. C-CO<sub>2</sub>. g<sup>-1</sup>.mg de C-Biomassa.h<sup>-1</sup>), e Luz é a luminosidade (KLux).

	SB	Luz	Guandu	qCO <sup>2</sup>
SB	1		0,7*	0,76
Luz		1	-0,513	
Guandu	0,7*	-0,513	1	0,66*
qCO <sup>2</sup>	0,76		0,66*	1

(\*) Os coeficiente de correlação de SB e qCO<sup>2</sup> com a produção de guandu foram calculados somente com os arranjos que continham a planta.

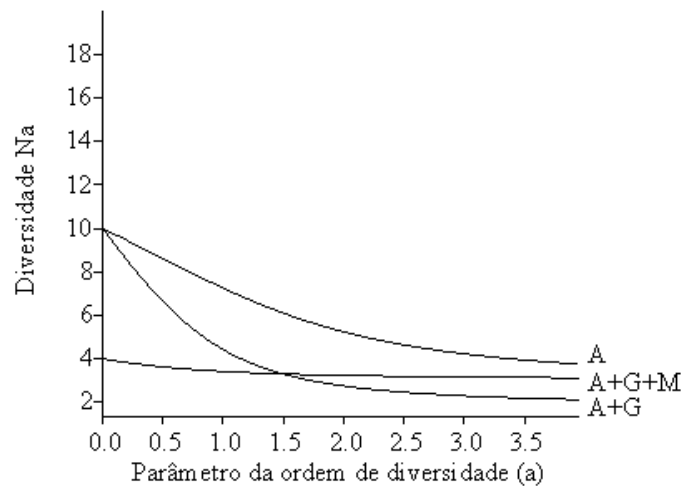
Verificou-se que o perfil da regeneração arbustiva-arbórea realizada para as parcelas objeto da avaliação da regeneração herbácea mostrou similaridade com aquele realizado com o conjunto do experimento (Tabela 22, Figura 22). O nível de correlação entre

a cobertura de herbácea e a densidade absoluta da regeneração foi nulo (Tabela 23), isso independentemente da espécie de herbácea.

**Tabela 22** - Índices de Riqueza, Abundância, Dominância, Diversidade e Equabilidade no tempo 2 para as parcelas da regeneração herbácea e para o conjunto de parcelas menos as parcelas nº10

Índices	A	A+G	A+G+M
Riqueza	10	10	4
Abundância	19	42	22
Índice de Dominância (1- Simpson)	0,19	0,37	0,31
Índice de riqueza de Menhinick	2,29	1,54	0,85
Índice de riqueza de Margalef	3,06	2,41	0,97
Índice de equabilidade de Pielou	0,86	0,65	0,89
Índice de Equabilidade de Buzas & Gibson	0,73	0,44	0,85
Índice de Diversidade Simpson	0,81	0,63	0,69
Índice de Diversidade Shannon	1,98	1,49	1,23
Índice de diversidade de Fisher	8,54	4,15	1,43
Índice de Chao-1	20,5	17,5	4

**Figura 22** - Perfil de diversidade dos arranjos segundo a série de Rényi para a regeneração arbustiva-arbórea no tempo 2 para as parcelas da regeneração herbácea



**Tabela 23** - Coeficientes de correlações entre valores da Cobertura total de herbácea (Cob\_T), da cobertura absoluta de *Waltheria indica* (W.abs), *Richardia grandiflora* (R.Abs), *Urochloa decumbens* (U.Abs) e os valores de densidade absoluta da regeneração arbustivo-arbórea (D.Abs)

	Cob_T	W.Abs	R.Abs	U.Abs
D.Abs	0,06	-0,004	-0,008	0,078

## 6. DISCUSSÃO

### 6.1 Sobrevivência e crescimento da aroeira do sertão

Ao estudar o crescimento da aroeira, procurou-se definir melhor quais eram as condições do experimento, uma vez que se trata de um delineamento sistemático onde as variações ambientais e espaciais não estão controladas pela casualização das unidades amostrais. As características ambientais foram estudadas separadamente através de PCA e em seguida confrontadas aos valores de crescimento da aroeira por meio de uma CCA. No primeiro resultado constatou-se que as condições ambientais não são homogêneas e que um grupo de parcelas correspondentes ao arranjo A+G se distanciou dos demais. Nota-se que em todas essas análises, os valores de cálcio nos horizontes de 0 a 20 e de 20 a 40 cm foram decisivos para mostrar este limiar.

Apesar de uma nítida heterogeneidade ambiental, não se manifestou dependência espacial em relação ao crescimento da aroeira. Isso pode ser explicado pelo fato de que não houve diferenças de crescimento para o fator espaçamento e que a variabilidade do crescimento foi significativa. Os coeficientes de variações foram de 36% para altura, 43% para diâmetro e 26% para a cobertura de copa, valores esses que podem ser comparados à trabalhos como o de CAMBUIM, 2013 que encontrou CV de 35,5% para altura e 51% para o diâmetro a 30 cm. Esse autor sugere que a variabilidade genética da população base seja o motivo de tais discrepâncias; CANUTO et al. (2016) constataram em quatro experimentos CVs de 10 a 19% para altura e de 10 a 27% para diâmetro a nível do peito (DAP).

A sobrevivência da aroeira aos 26 meses neste estudo foi de 100%. Altos valores de sobrevivência para a espécie têm sido relatados em outros estudos. Oliveira et al. (2000) em um teste de progênies realizado no município Silvéria, MS obteve uma sobrevivência de 97,4% aos 23 meses, valores próximos (97%) aos obtidos por Baleroni et al. (2003) aos 10 anos e 83% aos 14 anos para o mesmo plantio. Já Bertoni e Dickfeldt. (2007) em plantio isolado para recuperação de floresta degradada no parque estadual de Porto Ferreira – SP,



obteve 100% de sobrevivência aos dois anos de idade. Carnevali et al. (2016) conduzindo um experimento de recuperação de pastagem degradada em Jateí, MS, em um plantio consorciado com outras 10 espécies, obtiveram 97% de sobrevivência aos 12 meses. Cambuim, (2013), relatou sobrevivência de 89% aos 25 anos para uma população de 1611 indivíduos conduzida em sistema silvipastoril no município de Ilha Solteira -SP. Oliveira (2015), relata que a elevada taxa de sobrevivência desta espécie parece ser atribuída às faculdades de resistência à patógenos, herbivoria, ao estresse hídrico e a capacidade de associação com fungos micorrízicos arbusculares.

As análises de variância foram significativas somente para os incrementos em altura e cobertura de copa quando comparados os arranjos, o fator espaçamento e a interação dos fatores arranjo e espaçamento não foram significativos. Estudando o crescimento de *Myracrodouon urundeuva* em quatro espaçamentos de 1,3 a 8 m<sup>2</sup> aos 6 anos de idade, Barros (1970) não encontrou diferenças no crescimento em altura, porém o diâmetro aumentou conforme o espaçamento. Nessa fase inicial os valores de crescimento alcançados não foram influenciados pela densidade de plantio. Os testes de médias para altura e cobertura de copa mostraram que os arranjos A e A+G+M foram estatisticamente iguais e superiores às do arranjo A+G. Essas diferenças não são relacionadas aos modelos propostos (arranjos), mas às diferenças de fertilidade existentes entre eles, notadamente no que diz respeito ao teor de cálcio.

O teor de cálcio se correlacionou de maneira positiva e forte (0,63) com o incremento em altura da aroeira, o que confirma estudos de vários autores, afirmando que a espécie é calcífila (CARVALHO, 2003; VENTURIN et al., 2000; VIEIRA, 2008). Mendonça et al.(1999) mostraram em estudo sobre a nutrição da aroeira com a técnica do elemento faltante que a ausência dos elementos cálcio e fósforo foram os mais prejudicáveis ao desenvolvimento. Ao estudar os fatores que diferenciam áreas de alta e baixa densidade de aroeira em Aimorés - MG, Vieira (2008) concluiu que as maiores densidades se encontravam em solos com teores de cálcio elevados (4,5 cmolc.dm<sup>3</sup>) e que nos solos com baixo valor de cálcio (0,77 cmolc.dm<sup>3</sup>) ocorriam as menores densidade; Oliveira (2015) notou que as áreas de aroeira monodominantes eram eutróficas com altos teores de cálcio. Faquim (2005) indica o cálcio como elemento necessário para a manutenção da estrutura e o funcionamento normal das membranas celulares, e que íons Ca<sup>++</sup> permitem a absorção de outros elementos nutritivos.

Os valores de incremento em altura e altura total entre parênteses de 139 (175), 118 (154) e 81 (123) cm aos 21 meses de avaliação (79, 67 e 46 cm.ano<sup>-1</sup>) podem ser

comparados a vários trabalhos. Oliveira et al. (2000) mencionaram alturas totais aos 23 meses de 374 cm ( $184 \text{ cm.ano}^{-1}$ ) para plantios consorciados com *Guazuma ulmifolia* e *Anadenathera falcata*, e 352 cm ( $173 \text{ cm.ano}^{-1}$ ) para plantios homogêneos no município de Selvíria – MS, onde o solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro álico de textura argilosa. Em Porto Ferreira – SP, num experimento de recuperação florestal onde foram plantadas cem árvores de aroeira sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), o crescimento total aos dois anos foi de 153 cm. Carvalho (2003) relatou resultados de diversos trabalhos com aroeira nos quais pode-se constatar crescimentos iniciais heterogêneos: Após um ano em Ilha solteira, SP a medição de altura total era de 182cm, de 162 cm aos dois anos em Pederneiras – SP, e aos três anos, de 170 cm em Petrolina -PE (LVA distrófico) e 390 cm em Sobral, CE.

Comparativos de crescimento de copa de aroeira podem ser realizados com o trabalho de Oliveira et al. (2000) que mensurou diâmetros médios de copa em vez de cobertura de copa. Aos 23 meses encontrou 249 cm para plantio heterogêneo e de 309 cm para plantio homogêneo. Para este experimento os diâmetros médios de copa são de 116 cm para A+G, 131cm para A e 138cm para A+G+M, as suas respectivas relações de diâmetro de copa pela altura total mostram valores de 0,78, 0,85 e 0,95. Essas mesmas relações em Oliveira et al. (2000) fornecem valores de 0,66 para plantio heterogêneo e 0,88 para plantio homogêneo.

Os diâmetros a 30 cm do experimento foram aos 21 meses de 2,08 (A+G+M), 2,23 (A) e 2,01 (A+G) cm. Oliveira (2000) encontrou aos 24 meses valores de 3,86 cm em plantio heterogêneo e 4,56 cm em plantio homogêneo.

O experimento confirmou a dependência do crescimento da aroeira ao teor de cálcio no solo, porém a literatura traz informações de crescimento com ampla variabilidade independentemente do tipo de solo de cultivo. Outros fatores como latitude, temperatura, disponibilidade de água no solo, potencial genético e práticas silviculturas precisam de estudos para poder aprimorar o entendimento sobre o comportamento da espécie.

## **6.2 Composição da comunidade arbustivo-arbórea regenerante**

Quando se compara a densidade da regeneração com a densidade média de plantio da aroeira ( $1.160 \text{ ind.ha}^{-1}$ ), constata-se que os arranjos A e A+G se encontram com uma população da regeneração 150 e 170% superior à população da aroeira e que no arranjo A+G+M a população da regeneração se equipara à da aroeira. Para essa fase inicial de implantação, verifica-se que a aroeira não exerceu função de espécie monodominante. A forte

correlação (0,8) entre o tamanho de parcela e a regeneração para o arranjo A+G+M, pode indicar uma maior concorrência por água, nutrientes e espaço nas parcelas menores. Apesar da uniformidade da densidade do feijão guandu e da mandioca em todas as parcelas deste arranjo, o aumento da densidade da aroeira pode ter sido determinante para impedir o desenvolvimento da regeneração nas parcelas com maior densidade de aroeira.

Das 22 espécies encontradas no experimento, houve um número de espécies maior nos arranjos A e A+G (11 e 13) sendo 170 e 185% superior ao arranjo A+G+M (7). Dessas 22, somente quatro espécies foram comuns aos três arranjos, porém foram às mais abundantes, chegando a representar 91% dos indivíduos no arranjo A+G+M, essas espécies são heliófitas e não foram afetadas pelo sombreamento provocado pelo feijão guandu. Em um experimento de restauração florestal, Beltrame e Rodrigues (2007) constataram que o guandu reduziu a mortalidade de pioneiras, aumentou a área basal e a altura de todas as espécies.

Brandão et al. (2007) encontraram no norte de Minas-Gerais, em uma área de 750 m<sup>2</sup> de mata seca desmatada para implantação de pastagem, 27 famílias, 62 espécies e 10.500 ind.ha<sup>-1</sup> cujo diâmetro ao solo era superior a três milímetros. Soares e Nunes (2013) encontraram em um levantamento da regeneração natural no sub-bosque de eucaliptos no domínio Cerrado de 1.800 m<sup>2</sup>, 2.413 indivíduos com altura > a 30 cm (13405 ind.ha<sup>-1</sup>), 93 espécies, sendo 41 em comum e aproximadamente 30 famílias. Sena e Pinto (2008) ao verificar a regeneração em três tipos de áreas degradadas no cerrado registraram densidade de 8825 ind.ha<sup>-1</sup> em uma área pós-fogo e 255 ind.ha<sup>-1</sup> em duas áreas compactadas por depósito de entulho ou por atividades antrópicas. Avaliando a regeneração natural em uma área de 0,97 ha de pastagem abandonada há quatorze anos, no domínio da Mata Atlântica em Minas-Gerais; Souza (2015) encontrou 55 espécies arbustivo-arbóreas distribuídas em 27 famílias, números que considerou pequeno em referência a outros trabalhos sobre o mesmo tema; ele verificou valores de densidade absoluta de 897,22 ind./ha no estrato arbóreo, 1.005,56 ind./ha no estrato juvenil e 144 ind./ha no estrato regenerante (indivíduos entre 0,30 e 1,3m).

Na avaliação das espécies regenerantes no experimento verifica-se que a grande maioria foi identificada com potencial para reprodução vegetativa a partir de raiz (Tabela 19). Isto pode ser o motivo pelo qual a regeneração aconteceu de forma rápida após o plantio. Sena e Pinto (2008) constatou que 90% das espécies tiveram 80% dos seus indivíduos originados pela rebrota de raiz, e que nas áreas com maior estado de degradação a rebrota foi a única via de regeneração. Durigan et al. (1998) apontaram que a distância das parcelas avaliadas em relação à borda de fragmento de cerrado remanescente não influenciou a densidade da regeneração, portanto acreditaram que a chuva de semente não foi o principal elemento

indutor da regeneração. Estes autores estimaram que a rebrota foi responsável por 80% da regeneração de espécies do cerrado em áreas de pastagem. Já Soares e Nunes (2013) constataram o alto poder de resiliência da vegetação do cerrado e indica a regeneração natural como meio sustentável para a recuperação da vegetação nativa deste bioma.

### 6.3 Composição da regeneração da cobertura vegetal herbácea

O arranjo formado pela aroeira a pleno sol permitiu o maior desenvolvimento da regeneração herbácea do experimento, notadamente da espécie *Urochloa decumbens* (braquiária), sendo classificada como invasora exótica típica (FERREIRA et al., 2016) e considerada como grande problema em projetos de restauração ambiental, podendo ocupar com facilidade grande parte da área (PIVELLO et al., 1999; RODRIGUES, 2010; LEÃO et al., 2011; MARTINS, 2011) e comprometer o sucesso da regeneração natural das plantas nativas do local (ZILLER, 2000).

A braquiária forma um denso tapete de vegetação sobre o solo que inibe a entrada de luz, dificultando assim a germinação de outras espécies que podem estar presentes no banco de semente (FERREIRA et al., 2016). Esses autores sinalizam ainda a modificação de processos ecológicos como a ciclagem de nutriente, pois por sua eficiência no uso do nitrogênio (PIVELLO et al., 1999) reduz a sua disponibilidade no solo. Segundo Rodrigues, (2010) a espécie tem efeitos alopatícos que podem inibir e destruir o banco de semente onde ocorre. Os custos envolvidos no controle de *U. decumbens* são altos e procura-se soluções de controle eficazes e mais baratos (RODRIGUES, 2010).

No arranjo A+G, a presença do feijão guandu permitiu controlar *Urochloa decumbens*, porém a cobertura de herbácea foi maior do que no arranjo A+G+M. Num experimento de controle de invasoras, o uso de feijão de porco (*Canavalia ensiformis* DC.) e de feijão guandu permitiu a diminuição da cobertura do solo e da altura da espécie *Urochloa decumbens* (MARTINS, 2011). A espécie dominante foi a *Richardia grandiflora* (Rubiaceae), classificada como planta ruderal (CRUZ; MARTINS, 2015) que tende a cobrir o solo (MAIA-SILVA et al., 2012). O termo ruderal é atribuído às plantas com ciclo anual ou bisanual capazes de ocupar áreas fortemente degradadas permitindo a proteção do solo contra a erosão e dando condições, por meio da melhoria do ambiente, de se iniciar o processo de sucessão ecológica (SOUSA, 2013). Procurada pelas suas virtudes medicinais (DORNELLES, 2015), a *Richardia grandiflora* é uma espécie apreciada das abelhas, principalmente por *Apis mellifera*

e *Trigona spinipes* (SOUSA, 2013; CRUZ; MARTINS, 2015;) podendo fornecer pólen e néctar durante um longo período do ano (SOUSA, 2013).

O fato de *Urochloa decumbens* se desenvolver pouco nesse arranjo pode ser atribuído em parte à diminuição da luminosidade provocada pelo feijão guandu, pois por ser uma planta com rota fotossintética classificada como C<sub>4</sub> (PIVELLO et al., 1999; FERREIRA et al., 2016) a exigência de luz é maior (PIVELLO et al., 1999) que para a espécie *Richardia grandiflora* classificada como C<sub>3</sub> (PILLAR et al., 2002). O menor nível de fertilidade desse arranjo era a princípio favorável à espécie *Urochloa decumbens* pelo fato de ser tolerante à solos pobres e compactados (FERREIRA et al., 2016), mas a espécie *Richardia grandiflora* que também é competitiva nessas condições, provavelmente se sobressaiu graças a sua tolerância a um menor nível de exposição a luz.

A associação da aroeira, do feijão guandu e da mandioca nesta densidade de plantio permitiu o melhor controle da cobertura de plantas herbáceas. O maior nível de sombreamento e a concorrência do feijão guandu e da mandioca por espaço, água e nutriente, não permitiram o desenvolvimento da regeneração herbácea, bem como reduziram a diversidade e a riqueza da regeneração arbórea-arbustiva. O plantio adensado associado à espécies herbáceas leguminosas, entre elas *Cajanus cajan*, num experimento de controle de plantas invasoras em SAF em Rio Branco –AC, permitiu o controle eficiente de plantas invasoras (ROSÁRIO et al., 2010). Por ter área mais intensamente ocupada por espécies cultivadas nos SAFs, os arranjos de culturas podem exercer um controle mais eficiente das plantas invasoras (SOUSA et al., 2003).

A regeneração arbustiva-arbórea não foi afetada até os 26 meses do experimento pela presença da *U. decumbens* pelos seguintes motivos: durante o primeiro ano houve controle da regeneração herbácea através de capina preservando a regeneração arbustiva-arbórea que assim pôde se instalar e estar suficientemente desenvolvida para suportar a pressão da regeneração herbácea durante o segundo ano onde houve somente roçadas.

A presença do feijão guandu foi importante para o controle da regeneração herbácea, em particular de *U. decumbens*, e a sua associação com a mandioca não permitiu expressar até os 26 meses do experimento todo o potencial da regeneração arbustiva-arbórea, porém a colheita da mandioca deve deixar espaço e condições físicas do solo favoráveis para a continuidade do processo de sucessão.

## 7 CONCLUSÃO

A sobrevivência da aroeira foi de 100% aos 26 meses de implantação. Nessa fase o espaçamento não promoveu diferenças de crescimento em altura, diâmetro e cobertura de copa das plantas.

As diferenças de crescimento em altura e cobertura de copa avaliadas entre os arranjos resultam das diferenças de teor de cálcio existentes entre eles.

A regeneração arbustivo-arbórea e herbácea foi influenciada pelo tipo de arranjo.

A maioria das espécies arbustivo-arbóreas regenerantes foram originadas de brotações de raízes pré-existentes à implantação do experimento.

O arranjo com Aroeira e Feijão Guandu controlou a invasão de *Urochloa decumbens* e permitiu a invasão de *Richardia Grandiflora*. Pelo fato de ter realizado o controle das invasoras durante o primeiro ano de implantação do experimento, a presença de herbácea invasoras não prejudicou a regeneração arbórea-arbustiva já instalada neste período.

O arranjo da aroeira a pleno sol permitiu a invasão de *Urochloa decumbens*. Seu aparente sucesso em termo de regeneração arbustiva-arbórea se deve à presença de propágulo pré-existentes à implantação do experimento e do controle da gramínea durante o primeiro ano.

O arranjo da aroeira com o feijão guandu permitiu o controle de *Urochloa decumbens* e facilitou a invasão de *Richardia Grandiflora* que pode ser considerada uma espécie menos agressiva que *Urochloa decumbens*.

O arranjo da aroeira, do feijão guandu e da mandioca permitiu um excelente controle de herbáceas invasoras, porém limitou nesta fase inicial o desenvolvimento da regeneração arbustiva-arbórea.

## REFERÊNCIAS

- ABDO, M.T.V.N.; VALERI, S.V.; MARTINS, A.L.M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v.1, n.2, p.50-59, dezembro de 2008.
- ALVARES, V. V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, C. A.; SOUZA, R. B. de. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.200-201, 1999.
- ALVES, A. L. Reserva Legal: **Limites e perspectivas para a conservação do cerrado**, 2011. 95p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do território), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2011.
- ALVES, J. L. de; PAULA, J. E. de H. **897 madeiras nativas do Brasil: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção, uso**. 438 p. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2007.
- ALVES, S. M. C.; ABBOUD, A. C. de S.; RIBEIRO, R. de L. D.; ALMEIDA, D. L. de. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após a incorporação de biomassa de guandu. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1111-1117, Nov. 2004.
- AMADOR, D.B.; VIANA, M.V. Sistemas agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. **Serie técnica IPEF**, Viçosa, v.12, n. 32, p. 105-110, dez. 1998.
- AQUINO, F. de G.; WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Espécies Vegetais de Uso Múltiplo em Reservas Legais de Cerrado – Balsas - MA, **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 147-149, jul. 2007.
- ARAÚJO, L. C. **Restauração ecológica de campo rupestre ferruginoso em pilha de estéril**, 2015. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucurí, Diamantina – MG, 2016.
- AZEVEDO, R. L.; RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, C. L. L. Feijão guandu: uma planta multiuso. **Revista da FAPES**, v. 3, n. 2, p. 81-86, 2007.
- BALERONI, C.R.S.; ALVES, P.F.; SANTOS, E.B.R.; CAMBUIM, J. ANDRADE, J.A.C.; MORAES, M.L.T. Variação genética em populações naturais de aroeira em dois sistemas de plantio. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.15, n.2, p.125-136, 2003.
- BARROS, D. P. Ensaio de espaçamento inicial para “aroeira”, **Silvicultura em São Paulo**, v. 7, p. 39-41, 1970.
- BARTLETT, M. S. Proceedings of the Royal Society of London. **Series A, Mathematical and Physical Sciences**, v. 160, n. 901, p. 268-282, maio 18, 1937.
- BELTRAME, T. P. **O uso do Feijão Guandu (*Cajanus cajan* (L)) Millsp. Como catalisador da restauração ecológica**, 2006. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, 2006.

BELTRAME, T. P.; RODRIGUES, E. Feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração de florestas tropicais, **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 19-28, jan./mar. 2007.

BERTONI, B. W. **Propagação, Variabilidade genética e química de *Zeyheria montana* Mart.** 2003. 165f. Tese (Doutorado em agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2003.

BERTONI, J. E.; DICKFELDT, E. P. Plantio de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (aroeira) em área alterada de floresta: desenvolvimento das mudas e restauração florestal. **Revista do Instituto Florestal**, v. 19, n. 1, p. 31-38, 2007.

BRANDÃO, D. O.; BORGES, G. R. A.; MARIA DAS DORES MAGALHÃES VELOSO, M. das D. M.; ANGELO, S. d' Neto; NUNES, Y. R. F. Regeneração Natural de Espécies Arbóreas em uma Área de Pastagem Vizinha de um Fragmento de Floresta Estacional Decidual (Mata Seca) no Norte de MG. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 546-548, jul. 2007.

BRASIL. Lei n. 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais; **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 25 de julho 2006. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei n. 4504, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências; **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 30 de novembro 1964. Seção 1, Suplemento, p.49.

BRASIL. Lei n. 6746, de 10 de dezembro de 1979. Altera o disposto nos arts. 49 e 50 da Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964 (Estatuto da Terra), e dá outras providências; **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 11 de dezembro 1979.

BRASIL. Lei n. 7.803 de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei n. 4.771. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 20julho 1989. Seção 1, p. 12025

BRASIL. Lei n.12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 28 maio 2012. Seção 1, p. 1.

CAMBUIM, J. **Sistema silvipastoril com *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. como alternativa de sustentabilidade.** 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira – SP, 2013.

CANUTO, D. S. de O.; SILVA, A. M. da; MORAES, M. L. T. de; RESENDE, M. D. V. de, Estabilidade e adaptabilidade em testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva* sob quatro sistemas de plantio **CERNE**, Lavras, v. 22, n. 2, p. 171-180, junho 2016.

CARNEVALI, N. H. de S.; SANTIAGO, E. F.; DALOSO, D. DE M.; CARNEVALI, T. de O.; OLIVEIRA, M. T. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. **FLORESTA**, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 277-286, junho. 2016.

CARVALHO, J. L. H. de. **A mandioca: raiz e parte aérea na alimentação animal.** Campinas: CATI, 9p., 1994.



CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras – Brasília**: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003

CRUZ, R. M.; MARTINS, C. F. Pollinators of *Richardia grandiflora* (Rubiaceae): an Important Ruderal Species for Bees. **Neotropical Entomology** (Impresso), v. 44, p. 21-29, 2015.

DORNELLES, R. C. **Potencial antiproliferativo, genotóxico, e fitoquímica de *Richardia brasiliensis* Gomes**. 2015. 132p. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2015.

DURIGAN, G.; CONTIEIR, W. A.; FRANCO, G. A. D. C.; GARRIDO, M. A. O. Indução do processo de regeneração da vegetação de cerrado em área de pastagem, Assis, SP, **Acta Botânica Brasilica** Brás, v.12, n.3, p.421-429.1998.

EMBRAPA / EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Revisão da diversidade de famílias e espécies arbustivo-arbóreas nativas encontradas na regeneração natural de plantios de *Eucalyptus* spp e *Pinus* spp, **Avaliação da sustentabilidade e planejamento ambiental em propriedade do setor silvicultural**, 2012 disponível em <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/silvicultura/conteudo/resultados.html>, acesso em 1 de julho 2017.

FAO / FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION; **État des ressources en sols dans le monde - Résumé technique**, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et Groupe technique intergouvernemental sur les sols, Rome, Italie, P.79, 2015.

FAO / FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION; FAOSTAT, <<http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>>, Acesso em 15/7/2017.

FAO / FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION; Forum d'experts de haut niveau; **Comment nourrir le monde en 2050**, Bureau du Directeur, Division de l'économie du développement agricole, Département du Développement Économique et Social, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie, 2009.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. 186p, Universidade Federal de Lavras, Lavras 2005.

FASINMIRIN, J. T.; REICHERT, J. M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production in the tropics. **Soil & Tillage Research**, v. 113, p.1–10, 2011.

FERREIRA, A. L.; SILVA, A. F.; PEREIRA, L. G. R.; BRAGA, L. G. T; MORAES, S. A. de; ARAÚJO, G. G. L. de; Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, América do Norte, v. 10, p. 129-136, 2009.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23,n 4, p. 991-996, 1999.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Experimental Designs pacakge (Portuguese)**. R package version 1.1.2, 2013.

FERREIRA, L. V.; PAROLIN, P.; MATOS, D. C. L.; CUNHAD. A.; P. P. CHAVES; S. O. The effect of exotic grass *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster (Poaceae) in the reduction of species richness and change of floristic composition of natural regeneration in the Floresta Nacional de Carajás, Brazil, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.88, n.1, p. 589-597, 2016.

FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A.; Manejo do solo no cultivo da mandioca, p. 25-35 In: FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A. Mandioca no cerrado: orientações técnicas. **Embrapa Cerrados-Livros técnicos (INFOTECA-E)**, 208 p., 2011a.

FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A.; Manejo e tratos culturais da mandioca, p. 25-35 In: FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A. Mandioca no cerrado: orientações técnicas. **Embrapa Cerrados-Livros técnicos (INFOTECA-E)**, 208 p., 2011b.

FLORSHEIM, S. M. B. Variações da estrutura anatômica e densidade básica da madeira de árvores de Aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F & M.F Allemão (Anacardiaceae).1992. 252p. Dissertação (Mestrado em ciências Florestais), Escola de Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 1992.

FRANZON, R. C.; CAMPOS, L. Z. de O.; PROENÇA, C. E. B.; SOUZA-SILVA, J. C. Araçás do gênero *Psidium*: principais espécies, ocorrências, descrição e uso. **Documentos 266**, 46p. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, 2009.

GIOMO, G.S.; RAZERA, L.F.; NAKAGAWA, J. Espaçamentos para produção de sementes de guandu em semeadura tardia. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p.121-126, 2001.

GOMES, D. S.; RIBEIRO, J. E. S.; LUCENA, R. F. P. Uso e disponibilidade local da aroeira *Myracrodruon urundeuva* (Allemão) Engl. (Magnoliopsida: Anacardiaceae) em uma comunidade rural da Depressão Sertaneja, São José de Piranhas, Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 6, p. 265-276, 2016.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. **PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis**. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9p. 2001. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)

HISANO, H.; PIETRO, P. S.de; BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E. Composição bromatológica e digestibilidade aparente da parte aérea seca da mandioca na alimentação de tilápias-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 1119-1123, 2013.

JOSE, S.; Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, v.76, p.1–10. 2009.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro, Megadiversidade Volume 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

KREMEN, C. Managing Ecosystem Services: What Do We Need to Know about Their Ecology? **Ecology Letters**, n.8, p. 468-479, 2005.

LEÃO, T. C. C.; ALMEIDA, W. R.; DECHOUM, M.; ZILLER, S. R. **Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil**: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas, 99 p. Recife: Cepan, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, v.1, 4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002a, P.384.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, v.1, 2.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002b, P.368.

LUCENA, R. F. P. de; FARIAS, D. C. de; CARVALHO, T. K. N.; LUCENA, C. M. de; VASCONCELOS NETO, C. F. A. de; ALBUQUERQUE, U. P. de. Uso e conhecimento da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) por comunidades tradicionais no Semiárido brasileiro, **Sitientibus série Ciências Biológicas**, Feira de Santana - BA, v.11, n.2, p255–264. 2011.

LÜDTKE, R.; SOUZA-CHIES, T. T. de; e Silvia Teresinha Sfoggia MIOTTO, S. T. S. *Bredemeyera* Willd. e *Securidaca* L. (Polygalaceae) na Região Sul do Brasil, **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 69-79, jan./mar. 2008.

LUZ, C.L. da S. **Anacardiaceae na flora fanerogâmica do estado de São Paulo**. 2011, 94p. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2011.

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C. I. da; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T. de; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga**, 1. ed. Fortaleza, CE: Editora Fundação Brasil Cidadão, 197p., 2012.

MAPA / MINISTÉRIO DA AGRICULTURA; **Recuperação de áreas degradadas**, 2014. <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/recuperacao-areas-degradadas>.

MARTINS, A. F. Controle de gramíneas exóticas invasoras em área de restauração ecológica com plantio total, Floresta estacional semidecidual, Itu - SP.2011. 101p. Dissertação (Mestrado em xxxx), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba – SP, 2011.

MARTINS, C. R.; HAY, J. du V; WALTER, B. M. T.; PROENÇA, C. E. B.; VIVALDI, L. J. Impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do Cerrado sentido restrito **Revista Brasil. Bot.**, v.34, n.1, p.73-90, 2011.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data**. Version 6.0, MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A, 2011.

MELO, A. C. G.de; FARIA, H. H. de Três ensaios de crescimento para espécies arbóreas de valor comercial em plantio consorciado a espécie pioneira em Paraguaçu Paulista - SP. In: VILLAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. (Org.). **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. São Paulo: Instituto Florestal, 2004. p. 397-407.

MELO, A.S. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, vol. 8, n.3, p.21-27 Jul./Set. 2008.

MELO, C. A. D. **Atividade microbiana e interferência de plantas daninhas na cultura do milho em solo com diferentes manejos de fertilidade**. 2012. 67p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

MENDONÇA, A. V. R.; NOGUEIRA, F. D.; VENTURIN, N.; SOUZA, J. S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira do sertão). **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.

MENEZES J. P. C. de; ROCHA JUNIOR, P. R. da. Abordagem qualitativa em um fragmento de floresta estacional semidecídua, urbana, (“Bosque John Kennedy”) em Araguari (MG, Brasil) como proposta de conservação e manejo, **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, v. 40, n.1-2, p.39-53. 2011.

NELDER, J. A. New kinds of systematic designs for spacing experiments. **Biometrics**, n.18, p.283-307, 1962.

NUNES, F. Y. R.; FAGUNDES, M.; SOUZA, A. H. de; DORES M. V., M. das, Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão- Anacardiaceae): fenologia e germinação de sementes, **Revista Árvore**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, v. 32, n. 2, p. 233-243, março/abril, 2008.

ODA, M. L. **Aplicação de métodos geoestatísticos para identificação de dependência espacial na análise de dados de um experimento em delineamento sistemático tipo “leque”**. 2005. 72p. Dissertação (Mestrado em agronomia), Escola Superior de agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 2005.

ODA-SOUZA, M.; BARBIN, D.; RIBEIRO JUNIOR, P. J.; STAPE, J. L. Aplicação de métodos geoestatísticos para identificação de dependência espacial na análise de dados de um ensaio de espaçamento florestal em delineamento sistemático tipo leque. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 499-509, junho 2008.

OLIVEIRA, A. K. M.; RESENDE, U. M.; SCHLEDER, E. J. D. Espécies vegetais e suas síndromes de dispersão em um remanescente de cerrado (sentido restrito) do município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v.10 n.2, p. 565-580 maio/ago. 2014

OLIVEIRA, A. L.; ROCHA, C. H. B.; CARVALHO, F. A.. A reserva florestal legal: bases legais e análise de implantação no município de Juiz de Fora (MG) no período 2008-2010. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.5, n.1, p.47-65, 2014.

OLIVEIRA, F. P. de. Caracterização da monodominância de aroeira (*myracrodruon urundeuva* fr. all.) no município de Tumiritinga – MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.2, p.1-13, abr.-jun. 2014.

OLIVEIRA, F. P. de. **Ecologia da monodominância de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) em floresta tropical estacional no médio rio Doce, MG**. 2011. 79f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2011.

OLIVEIRA, F. P. de. **Ecologia da monodominância de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) em floresta tropical estacional no médio rio Doce, MG**. 2015. 146f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2015.

- OLIVEIRA, G. M. V. **Densidade da madeira em Minas gerais: amostragem, espacialização e relação com variáveis ambientais**. 2014. 125p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- OLIVEIRA, G. B. **O Novo Código Florestal e a Reserva Legal do Cerrado**. 2015. 141p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2015.
- OLIVEIRA, S.A.; MORAES, M.L.T.; KURAMOTO, C.M.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; KAGEYAMA, P.Y. Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo: aspectos silviculturais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.12, n.2, p.155-166, 2000.
- PASTORE, J. F. B.; SILVEIRA, J. B. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Polygalaceae. **Rodriguésia**, v.67, n. 5, p.1451-1458, 2016.
- PAULO, J.; RIBEIRO, JR; PETER, J.; DIGGLE. **geoR: Analysis of Geostatistical Data**. R package version 1.7-5.2, 2016, <https://CRAN.R-project.org/package=geoR>
- PEREIRA, K. J. C. **Agricultura Tradicional e manejo da agrobiodiversidade na Amazônia Central: um estudo de caso nos roçados de mandioca nas Reservas de Desenvolvimento Sustentável Amanã e Mamirauá, Amazonas**. 2008. 222p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada), Universidade de São Paulo, 2008.
- PESSOA, C.; COSTA, J. A. S.; AMORIM, A. M.; Flora da Bahia: Malpighiaceae 2 – Heteropterys, **Sitientibus série Ciências Biológicas**, Feira de Santana – BA, v.14, p.1-41, 2015.
- PILLAR, V. de P.; BOLDRINI, I. I.; LANGE, O. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 753-761, jun. 2002.
- PIVELLO, V.R.; SHIDA, C.N.; MEIRELLES S.T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 8, p. 1281-1294, 1999.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017. URL <https://www.R-project.org/>.
- REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206 -226, 2015.
- REIS, S. M.; MOHR, A.; GOMES, L.; SILVA, A. C. S.; ABREU, M. F.; LENZA, E. Síndromes de polinização e dispersão de espécies lenhosas em um fragmento de cerrado sentido restrito na transição cerrado – floresta amazônica, **Heringeriana**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 28-41, 2012.
- RODRIGUES, E. R. **Controle biológico de *Brachiaria decumbens* Stapf em área de reserva legal em processo de recuperação, na região do pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil**. 2010. 77p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro – SP, 2010.

RODRIGUES, E. R.; CULLEN, L. Jr.; BELTRAME, T. P.; MOSCOGLIATO, A. V.; SILVA, I. C. da Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa. v.31, n.5 Sept./Oct. 2007.

ROSÁRIO, A. A. S.; PENEIREIRO, F. M.; GONÇALO, OLIVEIRA, E. N; A. C. de; BRILHANTE, N. A. Avaliação técnica do plantio adensado em sistemas agroflorestais com relação ao controle de plantas invasoras, Universidade Federal do Acre, Rio Branco-AC, 2010. Disponível em < <http://www.agrofloresta.net/2010/07/avaliacao-tecnica-do-plantio-adensado-em-sistemas-agroflorestais-com-relacao-ao-controle-de-plantas-invasoras/>> Acesso em 10/7/2017

SÁ JUNIOR, A. de, **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático de Minas Gerais**. 2009. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade federal de Lavras, Lavras, 2009.

SÁ, R. A.; SANTOS, N. D. de L.; a SILVA, C. S. B. d ; NAPOLEÃO, T. H.; GOMES, F. S.; CAVADA, B. S.; COELHO, L. C. B. B.; NAVARRO, D. M. do A. F.; BIEBER, L. W.; PAIVA, P. M. G. Larvicidal activity of lectins from *Myracrodruon urundeuva* on *Aedes aegypti*, **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part C 149, 2009, p. 300–306

SAADI, A. A geomorfologia da serra do espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. **Revista Geonomos**, v.3, n.1, p.41-63, jul. 1995.

SANTOS, M. J. C. dos. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia ocidental**. 2000. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP, 2000.

SENA, A. L. M.; PINTO, J. R. R. Regeneração natural em áreas degradadas com enfoque na capacidade de resiliência das espécies lenhosas do cerrado, **IX simpósio nacional Cerrado** (anais), Brasília-DF, 2008.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples), **Biometrika**, v. 52, n. ¾, p. 591-611, dezembro, 1965.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H.; **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>)**. Comunicado técnico 99, ISSN 1517-8862, Embrapa, Seropédica, RJ, agosto 2007a.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H.; **Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (qCO<sub>2</sub>)**. Comunicado técnico 98, ISSN 1517-8862, Embrapa, Seropédica, RJ, agosto 2007b.

SMITH, N. J. H.; FALES, I. C. ALVIN, P. T. Agroforestry trajectories among smallholders in the Brazilian Amazon: innovation and resiliency in pioneer and older settled áreas. **Ecological Economics**, v. 18, n. 1, p 15-27, 1996.

SOARES, M. P.; NUNES, Y. R. F. Regeneração natural de cerrado sob plantio de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. no norte de Minas Gerais, Brasil, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.2, p. 205-214, mar/abr, 2013.

- SOMARRIBA, E. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. **Agroforestry systems**, v. 19, n. 3, p. 233-240, 1992.
- SOUSA, A. C. T. de; **Abelhas visitantes florais de *Richardia grandiflora* (Rubiaceae) em quatro áreas do município de João Pessoa**, Paraíba. 2013. 41p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.
- SOUSA, G. F. de; OLIVEIRA, L. A. de; SILVA, J. F. da; Plantas invasoras em sistemas agroflorestais com cupuaçuzeiro no município de Presidente Figueiredo (Amazonas, Brasil). **Acta Amazônica**, v.33, n.3, p.353-370. 2003.
- SOUSA, T. C. R. de; AGUIAR, J. L. P. de; LÔBO, C. F. A importância da mandioca, p.13-22 In: FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A. Mandioca no cerrado: orientações técnicas. **Embrapa Cerrados-Livros técnicos (INFOTECA-E)**, 208 p., 2011.
- SOUTO MAIOR JÚNIOR, S. G.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V. dos; SOUTO, P. C. Produção de fitomassa do feijão guandu em diferentes arranjos populacionais. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 1 – 5, 2009.
- SOUZA, F. M. de, **Avaliação da regeneração natural em pastagem abandonada**. 2015. 60p. Dissertação (Mestrado em Silvicultura), Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2015.
- SOUZA, R. F.de; SILVA, I.de F.da; SILVEIRA, F. P.da M.; DINIZNETOM. A; ROCHA, I. T. M. da; Análise econômica no cultivo da mandioca, **Revista Verde**, Mossoró – RN , v. 7, n. 2, p.141-150, abr-jun, 2013.
- STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo “Leque” no estudo de espaçamentos Florestais**. 1995. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 1995.
- STEFANELLO, D.; FERNANDES-BULHÃO, C.; MARTINS, S. V. Síndromes de dispersão de sementes em três trechos de vegetação ciliar (nascente, meio e foz) ao longo do rio pindaíba, MT. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1051-1061, 2009.
- TROMBINI, F. R. M.; LEONEL, M. Composição físico-química e propriedades tecnológicas da farinha de folhas de mandioca. **Energia na Agricultura**, v. 29, n. 1, p. 76-81, 2014.
- VALE, A.T.; BRASIL, M.A.M.; LEÃO, A.L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.
- VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern Applied Statistics with S**. Fourth Edition. Springer, New York., 2002, ISBN 0-387-95457-0
- VENTURIN, R. P.; BASTOS, A. R. R.; MENDONÇA, A. V. R.; CARVALHO, J. G. de; Efeito da relação ca:mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). **Cerne**, v.6, n.1, p.030-039, 2000.
- VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. de F.; SILVA, M. S.; Recursos genéticos e melhoramento da mandioca, p. 25-35 In: FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A. Mandioca no cerrado: orientações técnicas. **Embrapa Cerrados-Livros técnicos (INFOTECA-E)**, 208 p., 2011.

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 em Meio Ambiente e Sustentabilidade) - Renato Agostinho Costa. Centro Universitário de Caratinga – UNEC: Caratinga MG, 2008.

YAMAMOTO, L. F.; KINOSHITA, L. S.; MARTINS, F. R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 553-573, 2007.

ZILLER, S. R. **Plantas exóticas invasoras**: a ameaça da contaminação biológica, *Ciência hoje*, vol. 30, nº 178, 2001.