

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

RUBENI CUNHA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E DE CRESCIMENTO INICIAL EM ALTURA DE
ESPÉCIES ARBÓREAS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO DE
ITAPARICA, SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro – 2016

RUBENI CUNHA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E DE CRESCIMENTO INICIAL EM ALTURA DE
ESPÉCIES ARBÓREAS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO DE
ITAPARICA, SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como parte das exigências para obtenção
do título de Doutor em Ciências Florestais, Área de
Concentração: Biometria e Manejo Florestal.

Orientador: Prof. PhD. José Antônio Aleixo da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro – 2016

Ficha catalográfica

S237a Santos, Rubeni Cunha dos.

Avaliação nutricional e de crescimento inicial em altura de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais na região de Itaparica / Rubeni Cunha dos Santos. – Recife, 2016.

97 f. : il.

Orientador: José Antônio Aleixo da Silva.

Tese (Doutorado em Pós-Graduação em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife, 2016.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Adubação orgânica. 2. Medidas repetidas. 3. Análises foliares.
I. Silva, José Antônio Aleixo da, orientador. II. Título.

CDD 634.9

RUBENI CUNHA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E DE CRESCIMENTO INICIAL EM ALTURA DE
ESPÉCIES ARBÓREAS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO DE
ITAPARICA, SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

APROVADA em 29/02/2016

Banca Examinadora

Prof. Dr. Egídio Bezerra Neto
Departamento de Química/UFRPE

Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon
Departamento de Ciência Florestal/UFRPE

Prof. Dr. Otacílio Antunes Santana
Departamento de Radiologia e Biofísica /UFPE

Profa. Dra. Rute Berger
Departamento de Ciência Florestal/UFRPE

Orientador:

Prof. Dr. José Antônio Aleixo da Silva
Departamento de Ciência Florestal/UFRPE

RECIFE
Pernambuco - Brasil
Fevereiro – 2016

À minha esposa, filha, familiares e amigos,

DEDICO.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Martin Luther King)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a vida, por todos os dias, pela saúde, motivação para poder esta sempre em busca dos meus ideais, pela vida concedida, pela fé e sabedoria divina e pela perseverança e a consciência de que não teria concluído este trabalho, da maneira que foi realizado, sem a ajuda de todos citados abaixo, e de outros, que por ventura esqueci de citar.

À minha esposa Débora e filha (Ana Helena), pelo amor, carinho, paciência, apoio e aos seus pais Ana Maria e Tarcísio.

Aos meus familiares por todo amor, incentivo e compreensão em todos os momentos, com destaque e méritos aos meus pais, Cícera Helena Cunha dos Santos e Antônio Ribeiro dos Santos. Às minhas irmãs Cristiana e Ana Cristina, as minhas queridas sobrinhas Kamylla e Heloísa e aos meus amados sobrinhos Caio e Yago.

A todos do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade conferida para desenvolver esta tese de doutorado e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior- CAPES do Ministério da Educação, pela concessão da bolsa de estudos. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq pelo financiamento da pesquisa.

Ao Professor e amigo José Antônio Aleixo da Silva, pela oportunidade, apoio, conselhos e orientações concedidas e também ao meu coorientador Professor Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira pela co-orientação e todo apoio sempre que lhe foi solicitado.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambucano- IPA e a Universidade Técnica de Berlim, por ser integrantes e contribuir com este trabalho.

Aos amigos, Joselane, Tibério, Guerra, Juvenal e Guilherme, pessoas que contribuíram bastante para que este trabalho fosse concluído.

Ao Professor do Instituto Federal de Pernambuco, Campus de Vitória de Santo Antão e amigo Renato Lemos dos Santos, pela grande contribuição na análise de alguns nutrientes minerais pesquisados neste trabalho.

Enfim, a todos os verdadeiros amigos aqui não mencionados, mas merecedores de muito mais que um simples agradecimento: este trabalho é dedicado a todos vocês.

SANTOS, RUBENI CUNHA. Avaliação nutricional e de crescimento inicial em altura de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais na região de Itaparica, semiárido pernambucano. 2016. Orientador: José Antônio Aleixo da Silva; Co-orientador: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

Resumo

O presente estudo desenvolvido na Estação Experimental do IPA, em Belém do São Francisco - PE, no entorno da Represa de Itaparica, no semiárido pernambucano, objetivou avaliar o efeito do uso de sedimentos do reservatório de Itaparica, resíduos de tanques de piscicultura como fertilizantes orgânicos e do biocarvão como condicionador de solo e o efeito de dois espaçamentos, 3 x 2 m e 4 x 2 m, no estímulo ao crescimento de quatro culturas florestais: dois clones de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis*.), angico (*Anadenanthera colubrina* var. cebil) e aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), consorciados ou não em sistemas agrossilvicultural com feijão caupi e em sistema silvipastoril com capim Tanzânia. Utilizou-se o método estatístico multivariado de medidas repetidas de altura a cada três meses após o plantio (0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 meses). O número de parcelas permanentes foi 256, distribuídas de forma inteiramente aleatória, com 4 repetições, que incluíram testemunhas sem adubação e plantios isolados, sendo o espaçamento 4 x 2 m para as culturas florestais em consórcio e isolado e 3 x 2 m para as culturas florestais em plantio isolado. Usou-se área útil de coleta dos dados com 10 plantas por parcela. Foram feitas análises foliares em folhas recém-maturas colhidas do terço médio da copa, para determinação do estado nutricional das quatro culturas arbóreas, adotando-se o delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 4 x 4 x 2, para o plantio isolado e para o plantio em consórcio. A adubação das plantas com as fontes orgânicas de nutrientes no momento e após o plantio resultou melhores crescimentos das culturas florestais e melhorou o seu estado nutricional, principalmente em relação ao nitrogênio, sendo que os resíduos de tanques de piscicultura e sedimentos do lago surgem como boas alternativas para adubação em sistemas agroflorestais, bem como em silvicultura e em agricultura. O menor espaçamento (3 m x 2 m) resultou maior crescimento das culturas florestais. As espécies nativas (angico e aroeira) aparentaram maior requerimento nutricional e, em geral, tinham maiores teores de nutrientes nas folhas, em comparação aos clones de eucalipto. Os teores nutricionais encontrados nas folhas, nos diferentes espaçamentos e consórcios, de angico, aroeira e clone MA 2000 seguiram a sequência decrescente: N > Ca > P > Mg e os teores foliares para o Clone MA 2001 apresentaram a sequência N > Ca > Mg > P, enquanto que, nos diferentes consórcios, a sequência dos teores foliares de todas as culturas florestais foi N > Ca > P > Mg. Os consórcios com a espécie agrícola e a espécie forrageira não afetaram negativamente o crescimento em altura das espécies florestais e agregaram valor à produção florestal.

Palavras-chave: Adubação orgânica; Medidas repetidas; Análises foliares.

SANTOS, RUBENI CUNHA. Nutritional assessment and initial height growth of tree species in agroforestry systems in the region of Itaparica, semiarid region of Pernambuco. 2016
Adviser: José Antônio Aleixo da Silva; Comitê: Rinaldo Luiz Ferreira Caraciolo

Abstract

This study developed at the Experimental IPA station in Belém de São Francisco - PE, surrounding the Itaparica Reservoir, in Pernambuco semiarid zone, aimed to evaluate the effect of using sediments from Itaparica reservoir and fish pond waste as organic fertilizers and biochar as a soil conditioner and the effect of two spacings, 3 x 2 m and 4 x 2 m, in stimulating the growth of four tree species: two Eucalyptus clones (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis*) angico (*Anadenanthera colubrina* var. cebil) and aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), associated or not in agroforestry systems with cowpea and in a silvopastoral system with Tanzania grass. It was used a multivariate statistical method of repeated measures over the time. Measurements were taken every three months after planting (0, 3, 6, 9, 12, 15 and 18 months) in the useful area of the plots (10 plants). The number of permanent plots was 256, distributed in a randomized pattern, with four repetitions, which included control without fertilization and isolated plantations. The two spacing were 4 x 2 m for tree species in the consortium and isolated and 3 x 2 m for the species forest isolated. It was collected samples of leaves for foliar analysis in newly mature harvested from the middle third of the canopy, to determine the nutritional status of four tree species, adopting a completely randomized design in a factorial arrangement 4 x 4 x 2, for the isolated and consortium plantation. The fertilization of the species with organic sources of nutrients at the time and after planting resulted in better growth of tree species and improved the nutritional status of the species, especially in relation to nitrogen. The residues from fish farms ponds and lake sediments appear as good alternatives to fertilization in agroforestry systems, as well as in forestry and agriculture. The smallest spacing (3m x 2m) resulted in higher growth of forest species. Native species (angico and aroeira) appeared to have higher nutritional requirement and, in general, had higher levels of nutrients in the leaves compared to Eucalyptus clones. The nutritional content found in leaves, in different spacing and consortium for angico, aroeira and the clone MA 2000 followed the decreasing order: N > Ca > P > Mg and for clone MA 2001 the sequence was N > Ca > Mg > P. For the different consortia, the sequence for all the species was N > Ca > P > Mg. Consortia with agricultural species and the forage species did not affect height growth of forest species and added value to forest production.

Keywords: Organic fertilizer; Repeated measures; Foliar analysis.

LISTA DE TABELAS

Tabelas		Página
1	Características físicas do solo na área do experimento na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA, antes da implantação do experimento, em Belém de São Francisco, PE.....	39
2	Características químicas do solo na área do experimento na Estação Experimental do IPA, antes da implantação do experimento, em Belém de São Francisco, PE.....	39
3	Teste de esfericidade de Mauchly para o crescimento em altura média (m) em culturas florestais cultivadas com fertilizantes e condicionador de solo, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco- PE.....	47
4	Análise de variância do efeito das culturas florestais, tratamentos e interações, no experimento na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco – PE.....	47
5	Análise de variância para tempo, tratamentos e interações, nos 18 primeiros meses das culturas florestais testadas na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco – PE.....	48
6	Testes de Tukey, ao 5% de probabilidade de erro, para as médias de altura (m) de 0 a 18 meses após o plantio, das quatro culturas florestais, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco– PE.....	49
7	Testes de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, para as alturas médias(m)ra (m), do 0 aos 18 meses, após plantio das quatro culturas florestais, sob quatro diferentes fontes nutritivas, na Estação Experimental do IPA, em Belém d e São Francisco.....	52
8	Testes de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro para as médias de altura do 0 aos 18 meses após plantio das quatro cultutas florestais nos dois diferentes espaçamentos e consórcios.....	54
9	Resumo das análises de variância realizadas para os teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio das quatro culturas florestais em diferentes espaçamentos em um experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.....	59

10	Teores médios de nutrientes em folhas das quatro culturas florestais em diferentes espaçamentos, em um experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.....	61
11	Resumo das análises de variância realizadas para os teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio das quatro culturas florestais, em diferentes consórcios, em um experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.....	65
12	Concentração média de nutrientes nas folhas das quatro culturas florestais em diferentes consórcios em um experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figuras		Página
1	Mapa do Brasil e do estado Pernambuco, localizando o município onde foi desenvolvida a pesquisa.....	37
2	Precipitação mensal na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA, na cidade de Belém de São Francisco – PE, de março de 2014 a setembro de 201.....	38
3	Crescimento em altura (m) do 0 a 18 meses após o plantio, das quatro culturas florestais, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco – PE.....	51
4	Incremento médio em altura(m) de 0 aos 18 meses pós plantio, das culturas florestais sob efeito de diferentes fontes de nutrientes, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco – PE.....	54
5	Efeito do espaçamento e de consórcio na altura média (m) de 0 a 18 meses após plantio, das culturas florestais, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco - PE.....	56
6	Crescimento médio em altura ao longo do tempo (18 meses) após plantio, das culturas florestais, em diferentes espaçamentos e consórcios, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco – PE.....	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS DAS CULTURAS FLORESTAIS PARA SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF)	17
2.2 SISTEMA AGROSSILVICULTURAL	17
2.3 SISTEMAS SILVIPASTORIS	19
2.3.1 Benefícios dos sistemas silvipastoris ao solo	21
2.4 EFEITO DE DIFERENTES CULTURAS FLORESTAIS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS.....	23
2.5 CULTURAS ARBÓREAS EM ESTUDO	26
2.6 EFEITOS ESPERADOS DE TRATAMENTOS COM ADUBAÇÃO ORGÂNICA	29
2.7 RESÍDUOS DE TANQUES DE PISCICULTURA.....	30
2.8 SEDIMENTOS DO LAGO	31
2.9 BIOCARVÃO	31
2.10 EFEITO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM CULTURAS FLORESTAIS	33
2.11 NUTRIENTES	34
3. MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DA PESQUISA	37
3.1.1. Clima e vegetação do município do estudo	37
3.1.2 Relevo e solos.....	38
3.1.3 Histórico da área da pesquisa	38
3.1.4 Características físicas e químicas do local da pesquisa.....	39
3.2 ANÁLISES QUÍMICAS DAS FONTES DE NUTRIENTES E DO CONDICIONADOR DE SOLO	40
3.3. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	40
3.4 EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO	41
3.5 MEDIÇÃO DO CRESCIMENTO DAS CULTURAS FLORESTAIS	42
3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS DO CRESCIMENTO DAS CULTURAS FLORESTAIS	42
3.7 ANÁLISE FOLIAR DAS CULTURAS FLORESTAIS.....	43
3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS NUTRICIONAIS DOS CULTIVOS FLORESTAIS	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47

4.1 CRESCIMENTO EM ALTURA DAS CULTURAS ARBÓREAS	47
4.2. EFEITO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E do CONDICIONADOR DO SOLO.....	51
4.3 EFEITO DO ESPAÇAMENTO E CONSÓRCIO DAS CULTURAS FLORESTAIS.....	54
4.4. ALTURA MÁDIA DAS QUATRO CULTURAS FLORESTAIS NOS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E CONSÓRCIOS	56
4.5 ANÁLISES DE VARIÂNCIA PARA TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES	58
4.6 TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES NAS CULTURAS FLORESTAIS	60
4.7 EFEITO DAS FONTES NUTRITIVAS EM TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES .	63
4.8 EFEITO DE ESPAÇAMENTO EM TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES	64
4.9 EFEITO DE CONSÓRCIO EM TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES.....	65
4.10 EFEITO DAS FONTES NUTRITIVAS EM TEORES FOLIARES SOB CONSÓRCIO	68
5 CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICES	84

1 INTRODUÇÃO

Alguns dos graves problemas nas regiões semiáridas, como o sertão pernambucano, é a falta de alimento para animais em épocas de seca, como ocorreu em 2012, resultando na perda dos rebanhos de caprinos e, principalmente, bovinos. Outra consequência é em relação ao processo de ocupação e uso do solo, pois cada vez mais acontece a eliminação da vegetação nativa e a diminuição da presença de espécies arbóreas nos agroecossistemas.

A supressão da vegetação nativa, na sua maior parte é para implantação de sistemas agrícolas convencionais, que vem ocasionando a degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (MORAES SÁ et al., 2009).

A desestruturação e compactação, o decréscimo da fertilidade, a rápida oxidação da matéria orgânica e a diminuição da quantidade e diversidade de organismos do solo, infiltração de água da chuva no solo, tem ocasionado o aumento na taxa de erosão (SAMPAIO; MENEZES, 2003; LEITE et al., 2010). Por conseguinte, pode acontecer a redução da biodiversidade dos agroecossistemas, nos quais certos organismos da fauna e da flora, coligados as espécies arbóreas e/ou ao ambiente de Caatinga, perdem nichos fundamentais à sua preservação (SAMPAIO et al., 2009).

Portanto, como os problemas ecológicos, econômicos e ambientais se tornaram mais habituais, intensificou-se a necessidade de introdução de tecnologias de desenvolvimento do meio rural. Consequentemente, é crescente a necessidade de modelos de produção ecológica, social e economicamente mais eficazes, como o condicionamento do solo com adubos orgânicos e como os sistemas agroflorestais de diversificação da produção.

Cada vez mais tem sido evidente que o uso de adubos orgânicos como condicionantes de solo e repositores de nutrientes mitigam a degradação e melhoram atributos físicos, químicos e biológicos do solo (SANTALLA et al., 2011; OMIL et al., 2013; MOLINE et al., 2015;). Esses adubos estimulam o crescimento vegetal disponibilizando nutrientes com funções essenciais na assimilação de carbono, como N, P e K, melhoram a estrutura física do solo, estimulando a adsorção de cátions e a retenção de água e oxigênio, bem como incentivam a atividade biológica geral (GRACIANO et al., 2006; CHAUNDHARY et al., 2008).

Sistemas agroflorestais igualmente podem favorecer a manutenção da fertilidade do solo. Os solos tropicais, principalmente os de monoculturas intensivas, geralmente são pobres, pela rápida taxa de mineralização da matéria orgânica, decorrente de alta insolação, temperatura e pluviosidade ou por baixa mineralização, devido à baixa disponibilidade hídrica

(SALCEDO; SAMPAIO, 2008). Em decorrência, a retenção de água e a atividade biológica também são baixas. Para esses solos não se esgotarem rapidamente, havendo aridização, é essencial reposição de nutrientes em altas quantias e em curto espaço de tempo (ALVES, 2007; FANG et al., 2008; HARTEMINK et al., 2008).

Assim sendo, é essencial a manutenção da fertilidade, realizada pela vegetação natural pela constante aquisição de nutrientes pelas raízes e reposição de nutrientes como serapilheira sobre o solo. Essa necessidade é uma das fragilidades de monoculturas, em que, via de regra, não há reposição de matéria orgânica suficiente para a manutenção da ciclagem de nutrientes, em razão de alta exportação de nutrientes pelas colheitas, implicando necessidade de alta fertilização mineral. A diversificação com espécies arbustivas, arbóreas e herbáceas incentiva a aquisição de nutrientes pelas raízes e a reposição por deposição e decomposição de serapilheira (WANG et al., 2008).

Nos consórcios agroflorestais no Brasil com espécies agrícolas e com espécies forrageiras, as espécies do gênero *Eucalyptus* tem sido mais usadas, pelos diversos usos da madeira e pela rápida e alta produção decorrente do avanço genético resultantes de seleções e hibridações interespecíficas feitas em programas de melhoramento, sendo importante o teste de clones superiores mais cultivados e, utilização de plantios florestais mistos, tornando o uso do solo mais eficiente, tanto físico como quimicamente, por meio das diferenças no sistema radicular e na exigência nutricional das espécies envolvidas (OLIVEIRA NETO et al., 2007; KLEINPAUL et al., 2010), bem como o aumento do aporte de nitrogênio pelas leguminosas, a partir da fixação simbiótica com bactérias (PACIULLO et al., 2007). Espécies nativas, como angico e aroeira, também merecem ser testadas, pelas relações ecológicas mais positivas.

O presente estudo objetivou avaliar, na região de Itaparica, no semiárido pernambucano, o efeito do uso de sedimentos do reservatório e de tanques de piscicultura como fertilizantes orgânicos e do biocarvão como condicionador de solo, no estímulo ao crescimento de quatro espécies florestais, com dois clones de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis*.), angico (*Anadenanthera colubrina* var. Cebil) e aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), consorciados ou não em dois sistemas: o agrossilvicultural com feijão (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e o silvipastoril com capim (*Panicum maximum* Jacq. cv.), e avaliar o efeito desses fertilizantes e condicionador e solo na nutrição vegetal, por meio de análise foliar das espécies arbóreas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS DAS CULTURAS FLORESTAIS PARA SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF)

A definição de espécies compatíveis com os sistemas agroflorestais é essencial para o êxito dos mesmos e os objetivos do produtor são muito importantes nessa decisão.

Sugere-se que, sempre que possível, faça-se opção por espécies de uso múltiplo, que produzam madeira ou outros produtos, além de serviços como sombreamento, proteção do solo e fixação de nitrogênio (OLIVEIRA et. al., 2003).

Segundo Melo e Zoby (2004), são características desejáveis nas espécies para componentes de sistemas agrossilvicultrais e silvipastoris:

- a) compatibilidade ecológica com o local de cultivo;
- b) fixação de N;
- c) hábito perenifólio;
- d) geração de produtos comerciais, como madeira, óleo, frutos e carvão;
- e) exibição de crescimento rápido;
- f) formação de troncos altos e copa pouco densa para viabilizar passagem de luz;
- g) resistência a ventos;
- h) capacidade de regeneração rápida, quando parcialmente danificadas;
- i) ausência ou baixo potencial invasor, para evitar propagação indesejada.

2.2 SISTEMA AGROSSILVICULTURAL

Em sistemas de produção agropecuária, a sustentabilidade pode ser definida como a manutenção da obtenção de benefícios sociais, ecológicos e econômicos para a sociedade, ao longo do espaço e do tempo, produzindo alimentos e outros produtos sem degradação dos recursos naturais que garantem a produção (OLIVEIRA et al., 2003).

A conversão de florestas tropicais em áreas de pecuária convencional é uma das principais causas da degradação ambiental na América Latina (NAIR et al, 2009; MURGUEITIO et al, 2011), pois essa é quase exclusivamente associada à monocultura de plantas forrageiras herbáceas de uma única espécie, é implantada pela queima ou preparo intensivo do solo com máquinas pesadas e é mantida pelo uso de herbicidas, fertilizantes, irrigação e pesticidas.

Neste sentido, Carvalho (2006) menciona a importância dos valores ambientais, econômicos e sociais das florestas no cenário mundial e, fortes tendências para mudanças

significativas na forma de utilização da terra, com o uso de sistemas produtivos sustentáveis que atendam, além da produtividade biológica, os aspectos socioeconômicos e ambientais. Diante desse fato, destaca o autor, e dado o caráter de múltiplo propósito das árvores, os sistemas agrossilviculturais constituem-se em escolhas sustentáveis para acrescentar os níveis de produção agrícola e florestal.

Os sistemas agrossilviculturais têm grande importância como alternativa de produção, conseguindo compensar a oferta de produtos agrícolas e florestais e, com prestação de serviços ambientais (PASSOS, 2003).

As várias vantagens dos sistemas agrossilviculturais são de ordem ecológica e socioeconômica (McDICKEN; VERGARA, 1990; NAIR, 1993):

- Aproveitamento e uso eficiente de interações positivas entre espécies vegetais, como tutoramento de plantas trepadeiras, sombreamento de plantas ombrófilas, eficiência no uso de nutrientes, água e luz e complementaridade nutricional;
- Intensificação da ocupação e cobertura de áreas marginais, aumento do uso do solo e da ciclagem de nutrientes das camadas mais profundas do solo para a superfície, aumento da cobertura do solo elevando o uso de fatores produtivos e reduzindo processos erosivos e aumentando o acréscimo de matéria orgânica, melhorando as propriedades biológicas e físico-químicas do solo, gerando aumento e manutenção da fertilidade do solo e redução da dependência de fertilizantes;
- O dossel de copas das árvores nos sistemas agroflorestais funciona como protetor do solo contra a radiação solar direta durante o dia e impede que ele perca energia à noite, diminuindo a amplitude de variação de temperatura e umidade locais, evitando variações microclimáticas mais fortes.
- Redução de riscos de perda por doenças e pragas pela diversificação de espécies, resultando diminuição do uso de agrotóxicos, aumentando a qualidade de produtos e garantindo melhor saúde para os consumidores;
- Controle da erosão do solo pelo consórcio de plantas que ocupam diferentes estratos de copas, reduzindo o impacto das chuvas e gerando proteção de nascentes, aumentando a eficiência de uso da água;
- Aumento da diversidade genética utilizada pela diversificação de espécies;
- Amortização dos custos de plantio e manutenção florestal, pela associação de outras culturas plantadas simultaneamente;

- Aumento da produtividade, pois a produção integrada dos sistemas agroflorestais é, frequentemente, maior que nos monocultivos;
- Uso de espécies produtoras de produtos com alto valor agregado, aumentando o número de produtos e da renda obtida por unidade de área, o que garante a melhoria do fluxo de caixa com receitas consideráveis ao longo do tempo;
- Flexibilização nas negociações no mercado resultante da diversificação de produtos;
- Aumento da eficiência de uso da mão-de-obra familiar ao longo do ano e geração de empregos;
- Garantia de segurança alimentar e subsistência para os produtores e melhoria das condições de vida devido à obtenção de vários produtos para o consumo humano;
- Melhoria do perfil socioeconômico de pequenos produtores familiares;
- Geração de produtos florestais, que, em geral, encontram-se em baixa disponibilidade nos mercados regionais.
- Propicia retorno financeiro nos primeiros anos pela receita proveniente das culturas agrícolas consorciadas.

Assim, esses sistemas podem permitir o desenvolvimento de um conjunto organizado de conhecimentos sustentáveis sobre modelos de produção e, a partir da implantação, experimentação e método de sucessivos módulos experimentais, podem estimular a transição de sistemas produtivos de agricultores familiares para as bases sustentáveis da agroecologia (ROCHA, 2006).

2.3 SISTEMAS SILVIPASTORIS

Sistema silvipastoril é um sistema agroflorestal que combina espécies arbóreas, arbustos lenhosos e plantas herbáceas com pastejo animal (MURGUEITIO et al., 2011).

Em sistema de produção agropecuária convencional a biodiversidade é mínima, reduzindo a quantidade e qualidade dos aportes de resíduos vegetais ao solo. Isto causa ao solo a degradação biológica, por redução do tamanho, da composição e da função da comunidade microbiana; degradação física, por redução do teor de matéria orgânica, compactação e erosão e degradação química, por baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas (PAGIOLA et al., 2007; ACOSTA-MARTÍNEZ et al., 2010; GIRALDO et al., 2010; JANGID et al., 2011).

Assim, para redução dos impactos ambientais e melhoria da produtividade dos ecossistemas de pecuária, se deve adotar gestão sustentável dos ecossistemas, ao longo do espaço e do tempo (FOLEY et al., 2011; TILMAN et al., 2011).

Para isto, muitos autores propõem sistemas silvipastoris, como estratégia para sustentabilidade econômica, ecológica e social no atendimento das necessidades humanas, sejam necessidades alimentares de natureza protéica ou outras necessidades supridas pela pecuária, na forma de gestão conservacionista, baseada no aumento da biodiversidade vegetal da pastagem, ao longo do espaço e do tempo (NAIR, 2009; JOSE, 2009; VIEIRA et al., 2009; CECCON, 2013; URIBE et al., 2015).

Os sistemas silvipastoris possuem vantagens potenciais em relação ao sistema de pastejo convencional, se implantados e manejados corretamente, por meio do uso das interações positivas que se estabelecem entre os seus componentes em uma mesma área e mesmo tempo e ou em tempos subsequentes.

Assim, Bernardino e Garcia (2007) conceituam os sistemas silvipastoris como um tipo de utilização mais complexa da terra quando comparado com a utilização da terra com as pastagens convencionais. Em consequência disto, os sistemas silvipastoris requerem o pleno estabelecimento de equilíbrio entre os seus componentes, que são árvores e, ou arbustos, plantas forrageiras e animais.

O alto número de possíveis interações entre os componentes do sistema silvipastoril e com as variáveis ambientais do solo e do clima implica na necessidade de maior rigor tanto no planejamento, como na implantação e quanto na condução dos sistemas silvipastoris.

Há vários benefícios da maior biodiversidade usada nos sistemas silvipastoris, que resultam na elevação e diversificação da renda por hectare, ao longo do tempo. Entre esses benefícios Carvalho et al. (2007) e Jose (2009), citam que podem ser destacados com grande ênfase:

a) redução da compactação e da erosão do solo, pela introdução de espécies arbóreas com sistemas radiculares maiores e mais profundos, em particular se esses sistemas radiculares constituem associação simbiótica com bactérias fixadoras de N atmosférico e com micorrizas que auxiliam na exploração do solo;

b) deposição de serapilheira no solo, incentivando as atividades biológicas que conduzem a ciclagem de nutrientes, resultando a melhoria da estrutura física e elevando a fertilidade;

c) aumento do conforto e do bem-estar geral para os animais, pela redução do calor ou amenização do frio, pela proteção contra chuva e pela redução de parasitas;

d) maior oferta de forragem com boa qualidade para os animais, em razão da melhoria da fertilidade do solo, resultando aumento da produção de produtos da pecuária, como carne e leite e seus derivados, que são alimentos ricos em proteína animal, e de outros produtos da mesma cadeia produtiva, como couro e lã;

d) flexibilização e aumento da eficiência no uso da terra, pela introdução da produção florestal. Essa produção florestal permite a obtenção de corte precoce de árvores para lenha e escoras e o corte mais tardio de árvores para uso como postes ou como madeira para laminação, bem como introduz a possibilidade de produção de produtos não-madeireiros, como mel, resina, etc;

f) aumento da fixação de carbono na biomassa vegetal, o que possibilita a redução do efeito estufa.

2.3.1 Benefícios dos sistemas silvipastoris ao solo

Em sistemas silvipastoris, o enriquecimento do solo sob as copas das árvores advém de vários fatores, entre estes, com destaque, para melhoria da fertilidade por ciclagem de material vegetal e excrementos animais, fixação biológica de nitrogênio por espécies leguminosas, bem como redução da degradação do solo por compactação e erosão (NAIR et al., 1999).

Em sistemas de integração lavoura - pecuária - floresta, tem-se oferta contínua de matéria orgânica ao solo, devido à diversidade de árvores, arbustos e plantas herbáceas, além dos dejetos animais dispostos aleatoriamente na área, ao longo do tempo. O acúmulo de carbono na biomassa vegetal e no solo leva à significativas melhorias dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (BALBINO et al., 2011)

Nos sistemas silvipastoris, as árvores auxiliam o desenvolvimento das gramíneas e leguminosas forrageiras. O sistema radicular profundo das árvores absorve nutrientes das camadas do solo que estão fora do alcance das raízes das espécies forrageiras do sub-bosque. Assim, a deposição e a decomposição de material orgânico das árvores no solo, com a lenta mineralização dos seus conteúdos de nutrientes, permitem a absorção pelas raízes das plantas herbáceas forrageiras, caracterizando a interação entre estes dois componentes do sistema silvipastoril (FERNANDES et al., 2006).

Os sistemas silvipastoris são mais eficazes na melhoria das camadas superficiais do solo (0-10 cm e 10-20 cm), elevando o estoque de carbono no solo, se comparado com o

sistema de pastejo aberto. Isto pode ser evidente pelo maior teor de mineral e orgânico sob as árvores, em comparação com a pastagem aberta (CASALS et al. 2014).

No sistema silvipastoril, o componente arbóreo funciona como extrator de nutrientes do solo, pois o material orgânico vindo das árvores, que é depositado na superfície do solo pela queda de folhas, frutos e galhos e, após o processo de decomposição e de mineralização feito pelos micróbios do solo, eleva a disponibilidade dos nutrientes no solo, melhorando a produtividade da pastagem. Os animais também participam da ciclagem pela excreção de fezes e urina, advindos da forragem vegetal e da água consumida (DUTRA et al. 2007).

A ciclagem de nutrientes depende da atividade metabólica microbiana, que é mais intensa nos sistemas silvopastoris do que em pastagens tradicionais de monocultura. Assim, a atividade biológica do solo é um serviço oferecido à pastagem, na forma de melhoria da estrutura física e da fertilidade do solo (VALLEJO et. AL., 2012).

Estes fatores são de essencial importância em regiões semiáridas, que apresentam baixa produção de fitomassa e que necessitam de incorporação de resíduos ao solo, para elevar a dinâmica da matéria orgânica, beneficiando a atividade agropecuária.

Assim, a matéria orgânica é um importante indicador que demonstra a qualidade do solo, influenciando as diferentes propriedades da terra, por alterar benéficamente características físicas, químicas e biológicas do solo (MAIA et al., 2008).

As funções da matéria orgânica na melhoria da qualidade do solo dependem de suas frações e compartimentos. A quantificação e compartimentalização das frações estáveis da matéria orgânica, denominadas de substâncias húmicas (SHs), podem inferir sobre a qualidade da área, pois podem reduzir a acidez, ofertar lenta liberação de nutrientes às plantas e elevar a superfície específica das partículas e a capacidade de troca de cation, conferindo estabilidade ao solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; WENDLING et al., 2011).

A população microbiana é afetada diretamente e pela qualidade da matéria orgânica disponibilizada ao solo, sendo afetada pelos sistemas silvipastoris, que têm maior diversidade de resíduos inseridos no sistema, o que amplia a diversidade da matéria orgânica, especialmente se são usadas espécies leguminosas, que permitem a geração de maior disponibilização de N às plantas e melhorias na população microbiana do solo (KAUR et al., 2000).

A biomassa microbiana, que atua como reserva e dreno de C e outros nutrientes, por ser muito mais sensível às mudanças no ambiente do solo, é também importante indicador da qualidade do solo em sistemas silvipastoris (GAMA-RODRIGUES et al., 2005; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Assim, acredita-se que o uso de sistemas silvipastoris em geral pode gerar incrementos e intensificação da dinâmica do ciclo da matéria orgânica no solo, resultando maior aporte de nutrientes, em comparação a sistemas de monocultivo de espécies forrageiras herbáceas, resultando evidentes benefícios físicos, químicos e biológicos ao solo (BERNARDINO; GARCIA, 2009).

Confirmando esta hipótese, foram observadas diferenças entre sistema de consórcio e sucessão de lavoura, pastagem e silvipastoreio, em Santa Teresa - ES, por meio de análise física do solo (densidade de partículas, volume total de poros e diâmetro médio ponderado de agregados) e por meio de análise química do solo (carbono orgânico particulado, carbono da fração húmica, carbono orgânico nas frações, carbono ácido húmico e carbono oxidável). O sistema pastoril com lavouras desagregou o solo, evidenciado pela redução do diâmetro médio ponderado de agregados, entre 0-10 cm, e pela elevação do teor de carbono orgânico particulado e pelo aumento da fração húmica, entre 10-20 cm (LOSS et al., 2014).

Os autores supracitados concluíram que a introdução de árvores de eucalipto, consorciadas com pastagem nativa de *Panicum maximum*, elevam o volume total dos poros e das frações da matéria orgânica do solo (frações húmicas e carbono oxidável), em relação às áreas de pastagem nativa e lavoura.

No Vale do Jequitinhonha - MG, a comparação de pastagem com plantio de eucalipto, foram encontrados maiores valores das frações orgânicas da matéria orgânica C-FAF (fração de ácido fúlvico) e C-FAH (fração de ácido húmico), de 16,6 e de 17,5%, no plantio de eucalipto. Esses fatos foram atribuídos à ocorrência de maior produção e de menor decomposição dos resíduos vegetais lignificados que são produzidos por espécies lenhosas (PULROLNIK et al., 2009).

A serapilheira em solos florestais, em geral com alta proporção de espécies lenhosas, tem mais resíduos lignificados, de alta relação C/N, entre 30 a 100, sendo de mais difícil e mais lenta decomposição, em comparação aos sistemas agrícolas, nos quais, em geral, há maior proporção de uso de espécies vegetais herbáceas (SOARES et al., 2009).

No entanto, espécies com alta relação C/N, como eucalipto, podem concorrer por N com a pastagem, conforme Radomski e Ribaski (2009). Alternativamente, para Castro e Paciullo (2006), para se evitar isto, pode-se usar espécies leguminosas fixadoras de N₂, em linhas alternadas com espécies não fixadoras, elevando a diversidade e a estabilidade da produção forrageira.

2.4 EFEITO DE DIFERENTES CULTURAS FLORESTAIS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Foi realizado um estudo em quatro locais, sendo dois sobre um andisol (solos de cinzas vulcânicas), no Havaí, e dois em um vertissolo e neossolo, em Porto Rico. No Havaí, as espécies plantadas foram a *Albizia falcataria* (L.) Fosberg; *Falcataria moluccana* (Miquel) Barneby & Grimes) e o *Eucalyptus saligna* (Sm.), e, na Costa Rica, as espécies foram a *Casuarina equisetifolia* (L.), *Leucaena leucocephala* (Lam.) e *Eucalyptus robusta* J. E. Smith. Estas espécies, com exceção das espécies de eucalipto, são leguminosas e no solo do sistema silvipastoril com árvores fixadoras de N foram encontrados 0,11 kg m⁻² ano⁻¹ de C orgânico total no solo, comparado a nenhuma mudança em solos para o sistema silvipastoril com Eucalipto (RESH et al., 2002).

Avaliando o estoque de serapilheira de leguminosas em pastagens consorciadas com *B. decumbens*, verificou-se que o teor de N na serapilheira foi maior para sabiá e gliricídia (12,3 e 11,4 g kg⁻¹, respectivamente), comparando com o teor na serapilheira de mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bong) Steud) (8,1 g kg⁻¹). Contudo, nenhuma destas espécies diferiram da leucena (9,7 g kg⁻¹), que produziu valor intermediário. Os altos teores de N total em sabiá, aliados à massa de serapilheira depositada, resultaram maiores conteúdos de N nas faixas cobertas, em relação às demais leguminosas, não diferindo apenas da gliricídia (SILVA 2013). Assim, conclui-se que a introdução das leguminosas, especialmente gliricídia e sabiá, melhoram a qualidade da serapilheira disponível, sendo essencial para retorno de nitrogênio ao solo.

Analisando a reposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agroflorestal com eucalipto e acácia, foi constatado que a espécie leguminosa acácia eleva mais a deposição de serapilheira sobre o solo e eleva o teor de nutrientes no solo do que o eucalipto (FREITAS et al., 2013).

Em estudo realizado, foram avaliados os efeitos de árvores de baginha (*Stryphnodendron guianense*), leguminosa fixadora de N, sobre alguns aspectos do ecossistema de pastagens. Os autores observaram que a serapilheira acumulada sob a copa das árvores, quando comparada àquela acumulada na área de pastagem aberta, apresentava melhor qualidade, com maiores teores de N, causando redução das relações C/N e celulose/N (ANDRADE et al. 2002).

Em sistema silvipastoril com *P. maximum* e *Leucaena leucocephala*, houve maior produção total de serapilheira (matéria seca e N total), em comparação à pastagem de monocultura. A produção anual de serapilheira foi de 12,49 t/ ha⁻¹ / ano e *L. leucocephala* contribuiu com 72,8% deste total (SÁNCHEZ et al., 2007).

Foi demonstrado que a sombra de algumas espécies de árvores, como aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), em que a segunda é uma espécie leguminosa, não tem quase nenhum efeito negativo sobre a produtividade de forragem de *Brachiaria* spp. e, em alguns casos, parece melhorar a matéria seca da forragem e a produção de proteína bruta (CARVALHO et al., 1994; SOUZA et al., 2010).

Estudos da Embrapa com sistemas agroflorestais com *Eucalyptus grandis* e três leguminosas arbóreas, *Acacia mangium*, *Acacia angustissima* e *Mimosa artemisiana*, mostraram que, em mais de um período de 3 anos, a massa de forragem de *Brachiaria decumbens* foi a mesma ou maior no sistema silvipastoril, do que na pastagem solteira, na estação seca, e só foi significativamente menor durante o período chuvoso (PACIULLO et al. 2011).

As espécies arbóreas interagem com o sub-bosque pelo sombreamento e pelas interações subterrâneas, definindo as condições de crescimento das pastagens. Contudo, há grande variação na magnitude de sombreamento entre espécies de árvores, conforme o tamanho da copa, a densidade e a fenologia das espécies (SOTELO REYES, 2012).

Assim, em um estudo na Nicarágua, foram selecionadas três espécies arbóreas que são comuns em sistemas silvipastoris na área de estudo (*Guazuma ulmifolia*, *Tabebuia roseae* *Cassia grandis*) e foram elencadas as suas distintas características funcionais (tipo de copa e fenologia) possíveis de afetarem diferentemente a vegetação do sub-bosque. Contudo, verificou-se que as três espécies tiveram efeito negativo marcante na produção líquida de pastagem acima do solo. A *Cassia grandis*, que é uma espécie perene, teve efeito negativo mais forte do que *Guazuma ulmifolia* e *Tabebuia rosea*, que são duas espécies caducifólias (RUSCH et al., 2014).

Um trabalho realizado no México indicou que *Leucaena macrophylla* pode fornecer serapilheira de alta qualidade e fonte sustentável de lenha e de alimentação nutritiva para o gado (HERNÁNDEZ-MUCIÑO et al., 2015).

Árvores de *Prosopis juliflora* tiveram forte influência sobre propriedades físico-químicas do solo e apresentaram alta atividade enzimática, ao se usar o éster metílico de ácido graxo como marcador biológico. Em geral, o solo sob o dossel apresentou maiores C orgânico, N total, nitrato, P disponível e menor densidade aparente do que o solo sem a presença desta espécie arbórea (VALLEJO et al., 2012).

Estudo feito na Nicarágua, para quantificar os efeitos das árvores em nutrientes do solo e em estoques de carbono, bem como para verificar diferenças entre os efeitos de

espécies leguminosas (*Albizia saman* e *Enterolobium cyclocarpum*) e espécies não leguminosas (*Tabebuia rosea* e *Guazuma ulmifolia*), mostra que árvores, mesmo dispersas na pastagem, têm efeito global na fertilidade do solo, cuja intensidade depende mais das características das árvores, como área basal e área da copa, do que o fato de ser ou não uma espécie leguminosa (CASALS, 2014). Resultados similares foram obtidos com duas espécies leguminosas, *Prosopis laevigata* e *Parkinsonia praecox*, em semiárido tropical no centro do México (PERRONI-VENTURA et al., 2010). Contudo, a introdução de espécies leguminosas nos sistemas agroflorestais tem sido intensamente mais estudada (MOREIRA; SIQUEIRA 2006; DIAS et al., 2007a e 2007b).

A composição de sistemas agroflorestais por leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio resulta serviços ambientais que beneficiam a produção de biomassa vegetal e, conseqüentemente, maior incorporação de restos orgânicos vegetais ao solo, que, após os processos de decomposição e mineralização, podem suprir as necessidades nutricionais das gramíneas e leguminosas herbáceas (JOSE, 2009).

A consorciação de gramíneas com leguminosas arbóreas e arbustivas que fazem associação simbiótica com bactérias fixadoras de N no solo e com fungos micorrízicos é estratégia eficaz para a recuperação e a manutenção do solo, já que essas simbioses permitem, às leguminosas, crescimento rápido em solos pobres ou degradados (CHAER et al., 2011), permitindo maior fixação de N no solo, do que o uso de espécies que não fixam N (Franco et al., 2003). Segundo Wang et al. (2010), as espécies fixadoras de N introduzem 40-50% mais matéria orgânica no solo e mais 20-50% de N, nas camadas superficiais (0-5 cm), comparado com espécies que não fixam N.

2.5 CULTURAS ARBÓREAS EM ESTUDO

O angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*) é uma espécie arbórea, comumente encontrada na Caatinga mas que ocorre naturalmente em diferentes regiões do Brasil, Peru, Bolívia Paraguai e Argentina. É uma árvore decídua que, em condições naturais, pode apresentar até 20 metros de altura (POTT e POTT, 1994; CARVALHO, 1994; LORENZI, 1992) podendo variar por região de ocorrência (RIZZINI, 1995).

A madeira é dura e pesada, sendo usado para construções, postes, curral, móveis, carrocerias, pisos, energia, entre outros fins. A casca apresenta grande concentração de tanino (15 a 20%), sendo relatado seu uso para fins industriais e medicinais (POTT e POTT, 1994; RIZZINI, 1995).

Por causa da sua rápida germinação e rusticidade, demonstra boas possibilidades de utilização em sementeira direta no campo, mesmo em locais de solos pobres e erodidos de encostas desnudas. O angico pode ser semeado em plantio puro a pleno sol, embora seja mais aconselhável em plantio misto com espécies nativas da região. A associação com espécies pioneiras de crescimento rápido ajuda a melhorar sua forma e ele pode ser utilizado no tutoramento de espécies nativas secundárias-clímaxes. Outra forma de plantio é em faixas abertas na vegetação existente, para enriquecer capoeiras ou outras formas de vegetação degradada. Por apresentar brotação após corte, o angico pode ser usado em sistemas agroflorestais.

A *Myracrodruon urundeuva* Allemão, pertencente a família Anacardiaceae, classificada anteriormente como *Astronium juglandifolium* e *Astronium urundeuva* conhecida popularmente como aroeira, aroeira-do sertão ou urundeúva (LORENZI, 1992).

É uma espécie decídua, heliófita e seletiva xerófila. Comumente, a espécie floresce entre julho e setembro, a maturação dos frutos ocorre de setembro a outubro (LORENZI, 1992). A polinização de *M. urundeuva* é desempenhada por abelhas e a dispersão dos diásporos é anemocórica (NUNES *et al.*, 2008). Seus frutos são do tipo drupa globosa ou ovóide com cálice persistente (FIGUEIRÔA, 2004). A aroeira tem madeira de grande resistência mecânica e múltiplo uso (CARVALHO, 1994), e pertence ao grupo ecológico das espécies secundárias tardias (FERRETTI *et al.*, 1995).

Os frutos carecem ser colhidos diretamente da árvore quando tiver início à queda natural e o acondicionamento deve ser em local sombreado e ventilado para completar o ciclo de maturação (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

É uma espécie que economicamente apresenta grande importância, por consequência da extração de taninos e utilização na farmacologia e uso na apicultura. A entrecasca da espécie possui propriedades antiinflamatórias, adstringentes, antialérgicas e cicatrizantes (CARLINI *et al.*, 2010).

Em consequência de seus múltiplos usos, a espécie *M. urundeuva* vem sofrendo um processo intensivo de exploração e de forma predatória, com isto, tornando-se escassa, e está na lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2008).

Por isto, torna-se indispensável incentivar o uso da espécie em reflorestamentos, e desenvolvimento de estudos ecológicos, sobretudo, os estudos relacionados aos aspectos ecofisiológicos de sementes e mudas, pois são fundamentais para a preservação, manejo e restauração de populações dessa espécie (NUNES *et al.*, 2008).

Já em relação ao gênero *Eucalyptus* pertence à família Mirtaceae, é originário da Austrália, o mesmo tem cerca de mais de 600 espécies e variedades endêmicas no país, é um gênero de grande plasticidade e de dispersão mundial (LIMA, 1996).

O plantio sistemático de eucalipto iniciou nas três primeiras décadas do século XIX, sendo difundido no decorrer do século seguinte como a espécie florestal mais plantada do mundo. No Brasil, teve início do cultivo nos primeiros anos do século XX. Porém, na década de 1930, o eucalipto já era plantado em escala comercial e utilizado como dormentes para estradas de ferro e construção de casas e combustível para siderurgia e fornos domésticos (VIDAL 2007).

O Eucalipto na sua maior parte é plantado no sistema de monocultura, no entanto, pesquisas têm avançado na área de sistemas agroflorestais, dentre eles o silvipastoril que têm demonstrado resultados positivos nos aspectos econômicos, ambientais e sociais, como diminuição da pressão sobre florestas nativas. E reaproveitamento de terras degradadas pela agricultura, participando no sequestro de carbono e, também na proteção do solo e da água e de ciclos de rotação mais curtos em relação aos países com clima temperado e maior homogeneidade dos produtos, promovendo a adequação de máquinas na indústria (SNIF, 2014).

A cultura do eucalipto é apontada como uma das mais promissoras, especialmente, pelo seu diversificado aproveitamento: lenha, estacas, papel, madeira para embalagem e construção civil. No entanto, por falta de estudos experimentais sobre o desenvolvimento da cultura no semiárido nordestino, tem-se usado tecnologia praticada em outras regiões do país. Segundo Ribaski (1994), em condições semiáridas algumas espécies desse gênero podem alcançar uma produtividade quatro vezes maior que a da vegetação nativa. Os eucaliptos estão entre as melhores opções para o reflorestamento, devido a sua alta taxa de crescimento, resistência e elevado nível de melhoramento genético em produtividade e qualidade (LIMA FILHO et al., 2012)

O aumento da produtividade das florestas plantadas tende a reduzir a devastação das florestas nativas, cujas leis de proteção são mais rígidas. Por outro lado, quando as florestas plantadas são bem manejadas, geralmente, elas são mais eficientes e econômicas como fonte de matéria prima para a indústria florestal (HARRISON et al., 2000).

As diferentes espécies *Eucalyptus* sp. tem sido largamente utilizadas em sistemas integrados de produção com forrageiras e espécies agrícolas. As justificativas para a maior uso dessa espécie são várias, como tais como: rápido crescimento, adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, potencial para produção de madeira para usos múltiplos,

disponibilidade de mudas, conhecimento silvicultural e existência de material genético melhorado (OLIVEIRA NETO; PAIVA, 2010).

Alguns estudos mostram um saldo positivo entre associações de espécies florestais e agrícolas. Schreiner e Balloni (1986), estudando a rentabilidade de sistemas agrossilviculturais de feijão com eucalipto observaram que até 35 meses, após a implantação, os consórcios além de não afetarem a sobrevivência da espécie florestal, favoreceram crescimento da mesma. Neste prazo, o volume de madeira estimado nos diversos modelos agrossilviculturais, alcançou, em média, 150,8 m³/ha, enquanto que no plantio solteiro, limitou-se a 125,8 m³/ha. A produção de feijão, também, não foi influenciada pela densidade de plantio, registrando-se, até mesmo, uma tendência de aumento quando essa foi de 200 mil plantas/ha (917 kg/ha).

2.6 EFEITOS ESPERADOS DE TRATAMENTOS COM ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Em resumo, o condicionamento do solo com adubos ou compostos orgânicos ocorre pela melhoria que a matéria orgânica biologicamente processada causa em características biológicas e físico-químicas do solo, confirmada em pesquisas científicas (GLASER et al., 2002; LEHMANN et al., 2003; LEHMANN et al., 2003a; GLASER, 2007; DOWNIE et al., 2009; XU et al., 2012):

a) Efeito biológico no solo

Do ponto de vista biológico, fertilizante orgânico eleva a atividade macro e microbiológica do solo, promovendo a ocorrência de interações favoráveis à produção vegetal, pela melhoria da absorção de nutrientes, como decomposição biológica de matéria orgânica, necessários ao crescimento de várias culturas e possuem, geralmente, capacidade de troca catiônica (CTC) mais elevada do que a turfa, elevando o efeito corretivo do pH (CALDEIRA *et al.*, 2008).

b) Efeito físico no solo

Do ponto de vista da física do solo, adubo orgânico pode contribuir para mudanças significativas muito favoráveis nas propriedades físicas do solo, como melhoria da estrutura, textura, consistência e distribuição granulométrica, melhorando a porosidade, aumentando o

diâmetro dos poros e reduzindo a densidade do solo. Por consequência, há aumento da área superficial específica do solo, o que eleva a penetração e a retenção de água e ar, principalmente em solos arenosos, elevando a resistência à seca. Devido às estruturas químicas aromáticas dos agregados, que tem características hidrofóbicas, há redução da penetração de água nos espaços porosos dos agregados do solo, aumentando a estabilidade desses agregados (CORREIA, 2009).

2.7 RESÍDUOS DE TANQUES DE PISCICULTURA

Durante o processo de produção de alevinos em tanques de piscicultura, a acumulação de matéria orgânica proveniente de nutrientes da ração não consumida e de fezes e excreções dos peixes que implica no aumento de dejetos nos viveiros. Quando se faz a despesca, o viveiro deve ser totalmente esgotado e seco ao sol com a retirada da matéria orgânica e dos sedimentos assentados no fundo do tanque.

Aproximadamente 20% do alimento usado para alimentação dos peixes em tanques é perdido, mesmo antes de ser ingerido. A taxa de utilização da dieta por peixes cultivados em tanques é de 14,8% para o nitrogênio e de 11% para o fósforo (GUO; LI, 2003).

Cerca de 10 a 20 kg de fósforo e 75 kg de nitrogênio como resíduos são resultados na produção de cada tonelada de peixes em tanques de piscicultura (HAAKASON et al., 1988). Por esta razão que se tem uma alta concentração destes nutrientes presentes no fundo dos tanques.

Comparado com o esterco de animais (galinha, bovino e suíno), o resíduo apresentou maiores concentrações de nutrientes, principalmente em K e Mg, correspondendo a cerca de 2,5 a 5 vezes mais e de 2 a 4 vezes mais, respectivamente, que os outros resíduos. E apresentou tendências de maiores valores de N e P em relação aos esterco (SILVA et al., 2013).

A aplicação desses sedimentos deve se constituir em uma prática coligada aos processos agrícolas, florestais e agroflorestais, pela razão de que os mesmos em seu estado natural podem ocasionar consequências negativas e geralmente, no caso da piscicultura, atividade comum no entorno de reservatórios, eutrofizam os tanque e devem ser extraídos em tempos que dependem do tipo de ração utilizada, profundidade do tanque, população de peixes, entre outros. Comumente, esses sedimentos são descartados em áreas abandonadas e, também, às vezes, colocado no próprio reservatório, transferindo o problema, quando poderiam ser usados como fertilizantes.

2.8 SEDIMENTOS DO LAGO

Um problema que grandes reservatórios artificiais comumente afrontam é a deposição de sedimentos em seus leitos. O sedimento é uma parte essencial, integral e dinâmico bacias hidrográficas. Eles são resultados do intemperismo e erosão de minerais, matéria orgânica e do solo em áreas do leito e da erosão das margens do rio. Estes sedimentos são muitas vezes elevados em substâncias e matéria orgânica, mas pode possuir metais pesados, também pode ter altos níveis de nutrientes, podendo provocar os processos de eutrofização da água. Além disso, o aumento da matéria orgânica por o crescimento do fitoplâncton é um material que pode ser usado como fertilizante agrícola em pequenas fazendas (SEDNET, 2004).

Pesquisa realizada no reservatório de Tucuruí comprovou que os sedimentos acumulados no Reservatório, juntamente com rochas que ocorrem na região podem ser utilizados para incrementar a fertilidade dos solos das áreas do entorno do Lago, com isto, trazendo grandes benefícios à população, bem como, para a recuperação de áreas degradadas. Após uma série de análises e experimentos, tais materiais configuram-se como ótimos remineralizadores/rejuvenescedores dos solos, uma vez que quimicamente são compostos por macro e micronutrientes importantes para o desenvolvimento vegetal, facilitando, assim, o desenvolvimento de espécies florestais, em projetos de revegetação (THEODORO et al., 2004)

A retirada deste material no reservatório em áreas mais profundas e quando o mesmo esta com o nível de água elevado, é ruim a retirada para o pequeno produtor, mas em momentos em que há uma redução do nível da água, este material rico em matéria orgânica começa a ser exposta, tornando-se uma fonte de nutrientes de baixo custo. Teodoro et al. (2007) e Walter et al. (2012) recomendam a utilização destes sedimentos para fins agrícolas, se eles não estão contaminados por metais pesados ou agrotóxicos.

2.9 BIOCARVÃO

O termo biocarvão tem origem na junção de duas palavras, biomassa e carvão. Em inglês, o termo usado é biochar, derivado das palavras biomass e charcoal.

O biocarvão é biomassa carbonizada, ou seja, um material residual rico em carbono, resultante da fabricação de carvão, que é feita pela queima de material vegetal, processo denominado pirólise de matéria lignocelulósica, realizada em ambiente controlado com baixa concentração ou nenhum oxigênio e com temperatura abaixo de 700 °C (LEHMAN; JOSEPH, 2009; VERHEIJEN, 2010; KOOKANA et al., 2011).

A temperatura da carbonização é o fator que mais exerce influência nas propriedades físicas do biocarvão. A combustão da madeira induz a uma perda de massa em volume na forma de compostos voláteis, incluindo a perda da hemicelulose, celulose e lignina, com isto, formando compostos com elevado teor de carbono (Downie et al., 2009). Com a perda desses compostos há formação de macro, meso e microporos, contribuindo para o aumento da área de superfície específica do biocarvão.

A densidade do biocarvão também é uma propriedade física importante. Assim, Pastor-Villegas et al. (2006) verificaram que a massa específica de biocarvão feito com diferentes tipos de madeiras convertidas em diferentes tipos de fornos tradicionais variou de 0,30 g cm⁻³ a 0,43 g cm⁻³.

É essencial o manejo sustentável que melhore as propriedades biológicas e físico-químicas do solo, com práticas culturais de adição e conservação de níveis adequados de matéria orgânica de boa qualidade, como o biocarvão, que eleva o potencial produtivo geral do solo, resultando maior produção de biomassa e, portanto, maior reincorporação de carbono no solo, em um ciclo virtuoso de aumento de produtividade e de melhoria do solo.

Pesquisas científicas verificaram importantes mudanças na fertilidade do solo realizadas pela aplicação de biocarvão. Em pesquisa com aplicação a campo de biocarvão, a 8, 16 e 32 t ha⁻¹, Petter et al. (2012) verificaram melhoria na fertilidade do solo, com elevação do carbono orgânico, do pH do solo e do teor de Ca e P disponíveis. A pesquisa de Major et al. (2010), avaliando o efeito do biocarvão de resíduos de madeira, em duas doses, 8 ou 20 t ha⁻¹, em única vez, em savana colombiana, mostrou que, após 4 anos, houve redução da acidez trocável e elevação do pH e do teor de Ca e Mg no solo. O efeito do biocarvão é mais importante em solos tropicais, onde a matéria orgânica é rapidamente mineralizada, e em regiões semiáridas, onde a produção de biomassa é baixa por alto grau de intemperismo dos minerais argilosos responsáveis pela capacidade de troca catiônica (CTC).

A melhoria do solo decorrente no uso com biocarvão produz incremento no crescimento e na produtividade de culturas florestais e agrícolas. Solla-Gullon et al. (2006), avaliaram a aplicação de 10 e 20 t ha⁻¹ do biocarvão, da indústria de celulose, em plantio de *Pseudotsuga menziesii*, aos 5 anos, verificaram aumento no crescimento em altura de 5,4 e

18%, 4 anos após a aplicação de biocarvão. Omil et al. (2013), avaliaram a aplicação de 4,5 t ha⁻¹ de mistura de biocarvão e cinzas, gerados por usina termelétrica, em dois tipos de solo com plantio de *Pinus radiata*, com 13 anos, observando respostas no crescimento em altura, diâmetro e volume, sobretudo após dois anos, maior no sítio de qualidade mais baixa. Assim, biocarvão é um condicionador de solo para uso em silvicultura mais intensiva em sítios de baixa produtividade, principalmente, antes do fechamento das copas ou logo após o desbaste. Santalla et al. (2011) verificaram incrementos em altura e diâmetro em plantio de *Pinus radiata* com 25 anos, com aplicação, por 4 anos, de mistura de biocarvão e cinzas. Contudo, foi verificado também que a combinação com Ca (493 kg de Ca ha⁻¹) e P (65 kg P ha⁻¹) resultou médias de altura e diâmetro superiores às do controle, mas não às do tratamento apenas com biocarvão e cinzas.

O biocarvão é forma mais estável de carbono do que resíduos vegetais, podendo reduzir a emissão de gases de efeito estufa de aquecimento global (MADARI et al., 2006). No biocarvão, a estrutura aromática do carbono é estável, recalcitrante e refratário por longo prazo no solo (MADARI et al., 2006). Lehmann et al. (2006) compararam a adição de carvão com a queima de biomassa, estimando que se pode reduzir até 12% do carbono de emissão antrópica. A alta quantidade de cargas elétricas e de sítios quimicamente reativos, produzida pela alta superfície específica, e a alta porosidade são características que permitem a retenção de óxido nitroso (N₂O) da adubação nitrogenada usada na agricultura, que representa 80% do total global das emissões de N₂O (IPCC, 2007).

2.10 EFEITO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM CULTURAS FLORESTAIS

A matéria orgânica do solo é formada por substâncias compostas por carbono, tendo efeito biológico, físico e químico (BENITES et al., 2005).

Em solos tropicais, a decomposição da matéria orgânica naturalmente acrescida pode ser relativamente rápida, de modo que, para não esgotar o potencial beneficiador, é necessária constante reposição, na forma de material vegetal, e constante mineralização pelo processo de decomposição aeróbica por macro e microrganismos na superfície do solo e pela ação microbiana no interior do solo. Contudo, pode haver retardo no suprimento de nutrientes e na resposta produtiva das plantas, se há deficiência no suprimento de água e se a matéria orgânica é lignificada e tem baixa relação C/N, ao ser proveniente de espécies arbóreas não fixadoras de N₂, mesmo com a proteção contra aquecimento da superfície do solo pelos raios solares (BENITES et al., 2005).

No cultivo florestal, a adubação orgânica tem o objetivo de fornecer nutrientes essenciais para a produção das espécies arbóreas, sendo mais eficaz se a matéria orgânica for previamente processada por decomposição aeróbica, estando na forma de húmus, que tem maior efeito físico, químico e biológico no solo. Assim, a absorção de nutrientes prontamente disponíveis é duradoura ao longo do tempo, em razão da estruturação da armazenagem de água, ar e nutrientes e o estabelecimento de funções biológicas que facilitam a absorção de nutrientes (BERNARDI et al., 2002).

A adubação orgânica, do ponto de vista biológico, proporciona efeitos mútuos e benéficos com micróbios do solo; do ponto de vista físico, aumenta o estoque de carbono, reduz a densidade aparente do solo, pela melhoria da estrutura e da estabilidade e redução do tamanho dos agregados, eleva a penetração de água e ar, reduz a temperatura e facilita o crescimento radicular; e, do ponto de vista químico, aumenta a retenção de nutrientes por redução da perda por lixiviação e produz maior e mais duradouro suprimento equilibrado de nutrientes às plantas, pelo aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo (ANDREOLA et al., 2000; POGGIANI et al., 2000).

Assim, os adubos orgânicos destacam-se pelo papel fundamental, que é melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, o que os adubos inorgânicos não fazem. Assim, o adubo orgânico é um composto químico que melhora as propriedades do solo, sendo considerado um condicionador de solo, tendo efeito imediato, pois a matéria orgânica é previamente preparada pela decomposição aeróbica e pelo processo de compostagem.

2.11 NUTRIENTES

Os ciclos biogeoquímicos agregam processos globais de transferência dos elementos químicos que ocorrem na biosfera, alguns desses elementos são distinguidos como nutrientes e percorrem na natureza por meio dos ciclos gasosos e geológicos. O entendimento da dinâmica da ciclagem de nutrientes de certo ecossistema envolve processos de transferência de determinado elemento químico de um compartimento para outro. A manutenção de alguns solos pobres em nutrientes minerais depende dos ciclos biogeoquímicos, em que os nutrientes no processo de ciclagem passam do meio biótico para o abiótico e vice-versa, trocando energia e materiais em equilíbrio dinâmico. Desta forma, a ciclagem dinâmica biogeoquímica torna-se essencial na disponibilização de nutrientes no sistema solo - planta (CAMPOS et al., 2006; SELLE, 2007).

A deposição de biomassa das gramíneas e de árvores é um meio importante de reciclagem de nutrientes. Nas áreas usadas para a pecuária, a ausência de reposição de

nutrientes no solo pode levar ao esgotamento da fertilidade do solo e, por consequência, do carbono orgânico e do nitrogênio total. As perdas de C e de N significam acentuada degradação da matéria orgânica, que é fonte de diversos nutrientes no solo, resultando declínio na produtividade dos agroecossistemas tropicais (CARDOSO et al., 2010).

O entendimento do ciclo do carbono, nitrogênio e outros nutrientes, vêm inovando o princípio da exploração florestal. Já é conhecido que grande parte dos nutrientes localizadas em uma árvore se concentra nas folhas, galhos e casca, assim, a quantificação dos nutrientes nesses componentes tem colaborado para que a exploração florestal seja realizada de uma maneira mais racional, em que restos de culturas que antes eram rejeitados sejam incorporados ao solo, diminuindo assim a degradação do mesmo (CANAVESI, 2004).

A quantidade de nutrientes exportados na retirada da madeira depende da idade das árvores. Na formação inicial do cerne, parte dos nutrientes móveis, como o N, P e K são translocados para outras partes da árvore, pela da ciclagem interna dos nutrientes, enquanto que o Ca se concentra no caule. Nas rotações futuras, dependendo das qualidades do sítio, alguns desses nutrientes podem ser limitantes para o desenvolvimento das árvores (MORO, 2005).

Diversos fatores são imprescindíveis para o crescimento e o desenvolvimento vegetal, como luz, água, CO₂ e nutrientes minerais. O fornecimento apropriado ou a carência de algum desses fatores interferem no metabolismo e crescimento da planta. (MARSCHNER, 1995).

Os macronutrientes são elementos em que as plantas necessitam em maiores quantidades, que são eles: carbono, oxigênio, hidrogênio, que são extraídos do ar e da água e, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre retirados do solo, em condições naturais.

Nitrogênio é o elemento mineral que as plantas, em geral, exigem em maiores quantidades comparado aos demais nutrientes. O nitrogênio um constituinte de vários componentes da célula vegetal, como os aminoácidos e os ácidos nucléicos, portanto sua deficiência inibe o crescimento vegetal (SOUZA; FERNANDES et al., 2006). O fornecimento apropriado de nitrogênio está relacionado a uma alta atividade fotossintética e, consequentemente, um robusto crescimento vegetativo (LAWLOR, 2002).

O fósforo é um elemento integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os constituintes de moléculas como: DNA, RNA e fosfolípídeos das membranas, transportador

de substratos e transdutor de energia química, como o ATP (adenosina trifosfato) e também participa da sinalização celular, como no inositol trifosfato (EPSTEIN; BLOOM, 2004).

O potássio é um nutriente mineral fundamental, mas não possui nenhuma função estrutural no tecido vegetal, no entanto, possui importância na regulação de inúmeros processos celulares, estando envolvido na qualidade do produto final. Participando de processos osmóticos, da síntese de proteínas, da abertura e fechamento de estômatos no transporte de açúcares e água e na síntese de proteínas e amido (PRAJAPATI; MODI, 2012).

O magnésio tem importante papel na ativação enzimática; ativando mais enzimas de qualquer outro elemento na planta. Neste caso, o principal papel do Mg é atuar como cofator de enzimas fosforilativas, formando uma ponte entre o pirofosfato da adenosina trifosfato-ATP ou fosfato de adenosina- ADP e a molécula da enzima, além de ser constituinte da molécula da clorofila (FAQUIM, 2005).

O enxofre é importante na formação estrutural das proteínas e membranas celulares e transporte de elétrons. Está ligado a um número de enzimas e metaloproteínas, como proteínas ferro-enxofre (VITTI et al., 2006). E é encontrado em dois aminoácidos e é constituinte de várias coenzimas, o metionina e cisteína, aminoácidos considerados essenciais, são formados por enxofre. Ambos os aminoácidos são precursores de outros compostos contendo enxofre. Além de vitaminas essenciais ao metabolismo. Muitos dos sintomas de deficiência de enxofre são similares aos da deficiência de nitrogênio, incluindo clorose e redução do crescimento (VITTI et al., 2006).

Como foi mencionado a respeito dos macronutrientes e suas funções na planta, os mesmos apresentam importantes funções e na ausência de algum desses elementos à planta, a mesma não cresce normalmente nem completa o seu ciclo de vida, ou seja, não se desenvolve corretamente e não se reproduz.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DA PESQUISA

O experimento foi instalado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA, em Belém do São Francisco - PE, na região semiárida do Estado de Pernambuco, na Microrregião de Itaparica, distando 486 km da cidade do Recife (Figura 1).

Figura 1-Mapa do Brasil e do estado Pernambuco, com localização no município onde foi desenvolvida a pesquisa.



Fonte- Mapa de Pernambuco (modificado).

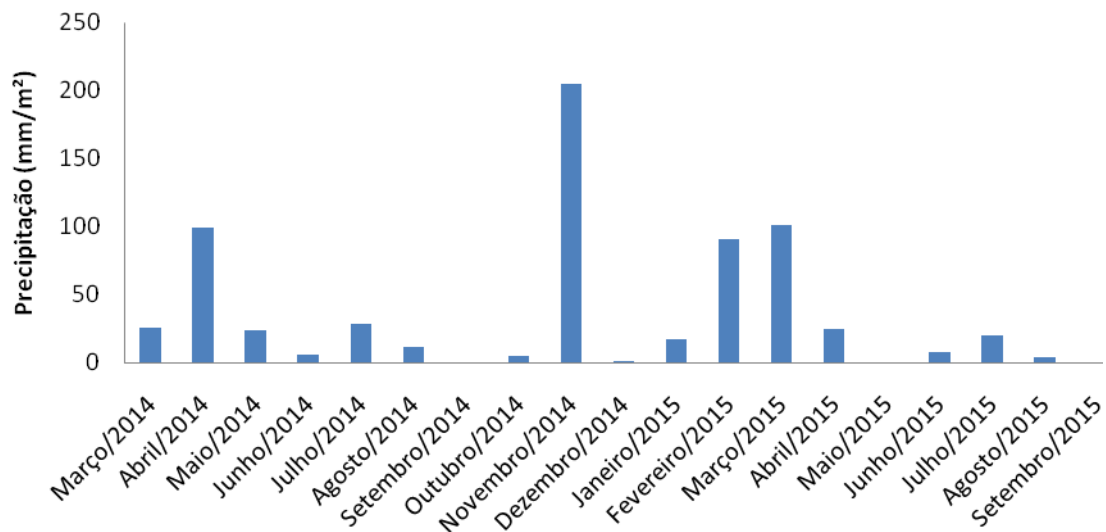
A área total do município é de cerca de 1.830,807km², com a população de 20.256 habitantes, distribuída entre a zona rural e urbana. A zona urbana do município se encontra na latitude a 08°45'14" S e na longitude 38°57'57" W, à altitude de 305 metros. (IBGE, 2010)

O município limita-se, ao Norte, com Salgueiro, ao Sul, com o estado da Bahia, a Leste, com Itacuruba e Carnaubeira da Penha e a Oeste, com Cabrobó (IBGE, 2010).

3.1.1. Clima e vegetação do município do estudo

O clima regional é classificado como BSh conforme a classificação climática de Köppen e Geiger (IBGE, 2015). A precipitação conforme dados do posto pluviométrico do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA (LAMEPE, 2008) (Figura 2). O período chuvoso se inicia em novembro e termina em abril, caracterizando chuvas de verão, o que produz altas deficiências hídricas que se acumulam de maio a outubro. A temperatura média anual foi 24,7°C (APAC, 2015) (Figura 2).

Figura 2- Precipitação mensal na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA, na cidade de Belém de São Francisco – PE, de março de 2014 a setembro de 2015.



.Fonte: DEHM/IPA 2015

3.1.2 Relevo e solos

O município de Belém de São Francisco é inserido na unidade geoambiental da depressão sertaneja, que possui a paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por superfície de pediplanação bastante monótona, com relevo predominantemente suave-ondulado, cortado por vales estreitos, com vertentes dissecadas. O horizonte é pontuado por elevações residuais, cristas e, ou outeiros. Esses relevos resultaram de ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino (IBGE, 2015).

Quanto aos solos, nos patamares compridos e baixas vertentes de relevo suave ondulado, ocorrem planossolos mal drenados, com fertilidade natural média e problemas de salinidade. Nos topos e altas vertentes, ocorrem solos brunos não cálcicos, rasos, com fertilidade natural alta. Nos topos e altas vertentes de relevo ondulado, ocorrem podzólicos bem drenados, com fertilidade natural média. Nas elevações residuais, ocorrem solos litólicos, pedregosos e rasos, com fertilidade natural média (CODEVASF, 2003 e 2004; EMBRAPA, 2001).

3.1.3 Histórico da área da pesquisa

A área onde o experimento foi instalado já foi usada, por muitos anos, para cultivo agrícola, principalmente com a cultura da cebola, tendo recebido muitos insumos agrícolas,

mas, por muito tempo, foi abandonada, restando hoje somente algumas árvores esparsas de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC).

3.1.4 Características físicas e químicas do local da pesquisa

Para caracterização de alguns atributos físicos e químicos do solo foram coletadas aleatoriamente na área, antes da implantação do experimento, várias amostras em três profundidades do solo (0-30; 30-60; 60-90 cm). Todas as análises físicas e químicas foram realizadas nos laboratórios do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, conforme o Manual de métodos de análise de solo (EMBRAPA, 1997) e o Manual de práticas laboratoriais (LEMONS DA SILVA, et al., 2013; SOUZA et al., 2013). (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1-Características físicas do solo na área do experimento na Estação Experimental do IPA antes da implantação do experimento, em Belém de São Francisco, PE.

Profundidade (cm)	Densidade (g/cm ³)		Granulometria (%)				Argila Natural	Grau de Floculação	Classe textural
	Dap	Dp	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
00-30	1,57	2,61	2,78	58,83	26,13	12,26	4,78	62,26	FA
30-60	1,58	2,61	2,96	57,3	25,61	14,13	6,00	60,57	FA
60-90	1,59	2,61	2,96	58,96	23,13	14,96	6,43	57,96	FA

Em que: Dap= densidade aparente; Dr= densidade partículas; FA= Franco arenoso.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 2-Características químicas do solo na área do experimento na Estação Experimental do IPA, antes da implantação do experimento, em Belém de São Francisco, PE.

Profundidade (cm)	P	pH	Ca	Mg	Na	K	Al	H	S	CTC	V	m
	mg.dm ⁻³	H ₂ O	cmolc.dm ⁻³								%	
00-30	51	5,82	4,04	0,95	0,09	0,49	0,06	1,51	5,6	7,1	75,4	1,5
30-60	37,73	6,04	4,31	0,94	0,11	0,23	0,05	0,94	4,8	5,7	75,5	0,8
60-90	37,64	6,29	4,78	1,1	0,2	0,19	0,01	0,76	5,4	6,2	79,5	0,3

Em que: P = fósforo; pH= potencial de hidrogênio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Na = sódio; K = potássio; Al = alumínio; H = hidrogênio; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; V= saturação por bases; m= saturação por alumínio.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na análise física do solo, a determinação da densidade aparente (g/cm³) foi feita utilizando o método da proveta. A densidade de partículas foi determinada pelo princípio do volume de álcool etílico necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico. Para a análise granulométrica, foi realizada a separação das partículas por dispersão mecânica em coqueteleira, sendo a fração areia separada por peneiramento e as frações silte e argila separada por sedimentação. A classe textural decorrente dos valores encontrados na análise granulométrica foi determinada com o auxílio do triângulo textural. O teor de argila dispersa

em água foi determinado com auxílio de um densímetro, efetuando-se, paralelamente, uma prova em branco, também com auxílio do densímetro.

Pela análise granulométrica, o solo foi caracterizado como franco arenoso, contendo quase 60% de areia fina, nas três profundidades avaliadas. A densidade relativa apresenta bom valor, mas a densidade aparente encontra-se um pouco alta.

Para a análise química, mediu-se o pH (H₂O) e determinou-se os teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, alumínio, hidrogênio, soma de bases, capacidade de troca catiônica; saturação por bases, saturação por alumínio, conforme EMBRAPA (2009).

Como resultado da análise química, o pH se encontra numa faixa ideal, que é de 5,5 a 6,5. O fósforo se apresentou muito alto e, como o solo é arenoso, esperava-se encontrar valores menores. Este fato pode ser explicado pela área ter sido muito usada em cultivo agrícola e era adubada com fosfato natural. O alumínio apresenta teor médio. A relação Ca / Mg apresenta valor satisfatório. No geral, a fertilidade do solo não apresenta nenhum tipo de problema, exceto a grande quantidade de fósforo.

3.2 ANÁLISES QUÍMICAS DAS FONTES DE NUTRINTES E DO CONDICIONADOR DE SOLO

Para a caracterização química das fontes de nutrientes e do condicionador do solo utilizados no experimento, amostras foram coletadas em campo e acondicionadas em sacos plásticos para envio ao Laboratório de Análises Ambientais (AGROLAB), para a realização das análises químicas pH, matéria orgânica, nitrogênio, potássio, sódio, cálcio e magnésio, que podem ser observadas nos Apêndices de 1 a 6.

Para determinação do pH em água, utilizou-se um eletrodo mergulhado na suspensão homogeneizada de terra fina seca ao ar (TFSA) e água deionizada. O carbono orgânico foi medido por oxidação via úmida com dicromato de potássio; o nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl; o fósforo foi extraído com solução extratora de Mehlich1; o potássio e o sódio foram avaliados por fotometria de chama e o cálcio e magnésio foram extraídos e quantificados por complexometria com EDTA.

3.3. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi composto de quatro cultivos arbóreos, que foram angico (*Anadenanthera colubrina* var. Cebil), aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), e dois clones de eucalipto, que foram obtidos por polinização controlada de *E. urophylla* x *E.*

tereticornis, uma cultura agrícola, o feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) e uma espécie forrageira, capim tanzânia (*Panicum maximum* Jacq). Os plantios foram estabelecidos em dois espaçamentos: 4 m x 2 m para as espécies arbóreas em consorciações e isoladas e 3 m x 2 m para as espécies arbóreas em cultivos isolados, combinados ou não com quatro fontes de nutrientes condicionadoras de solo, que são: sedimentos do lago, resíduo dos tanques de peixes, biocarvão e o controle (sem adubação).

Assim, no experimento, foram testadas quatro espécies florestais, em dois espaçamentos, uma espécie agrícola, uma espécie forrageira, quatro sistemas de cultivos agroflorestais (consorciados e isolados) e quatro diferentes adubações, com quatro repetições, distribuídos em 256 parcelas, no delineamento inteiramente aleatório.

Deste modo, foram instaladas 64 parcelas das espécies arbóreas isoladas no espaçamento 3 m x 2 m, 64 parcelas das espécies arbóreas isoladas no espaçamento 4 x 2; 64 parcelas de espécies florestais consorciadas com feijão e 64 parcelas de espécies florestais consorciadas com capim Tanzânia, totalizando 256 parcelas, como podem ser observadas no croqui do experimento (Apêndice 7), e ao mesmo tempo, no esquema como o experimento foi implantado em campo (Apêndice 8).

3.4 EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

As mudas dos clones de eucalipto foram provenientes do viveiro florestal da empresa Suzano, localizado na cidade de Carolina - MA. As mudas de angico e de aroeira foram oriundas do Viveiro Florestal da Companhia Hidroelétrica do São Francisco- CHESF, localizado em Piranhas - AL. As sementes de feijão foram originárias do Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, em Recife- PE. As sementes do capim Tanzânia foram adquiridas na empresa Nutricampo, em Recife- PE.

Cada parcela com espaçamento 3 m x 2 m teve as dimensões de 14 m x 12 m, perfazendo a área de 168 m², e cada parcela no espaçamento 4 m x 2 m, teve 14 m x 16 m, perfazendo a área de 224 m², com 28 plantas, sendo 10 plantas na área efetiva de avaliação.

As espécies arbóreas foram plantadas no final do mês de março de 2014, e as culturas agrícola e forrageira foram plantadas em novembro de 2014, em uma área de 13 hectares, tendo o experimento a área plantada de 5,6 hectares.

Para o plantio das espécies arbóreas foram utilizadas covas como as dimensões 30 cm x 20 cm x 20 cm.

Para o plantio do feijão caupi consorciado e isolado, as covas foram feitas com distâncias de 0,5 m entre plantas e 0,3 m entre fileiras, colocando-se três sementes por cova. A parcela foi de 2 m x 8 m (16 m²).

Para o plantio do capim Tanzânia consorciado e isolado, o espaço entre plantas e linhas foi de 0,5 m. A parcela foi de 14 m x 2 m (28 m²).

Foram colocados 0,5 kg de cada fonte de adubação por cova para as culturas arbóreas e 0,1 kg das mesmas fontes de adubação para a cultura agrícola e forrageira. A primeira adubação foi feita no ato do plantio e a segunda adubação foi feita após um ano e quatro meses.

Todo o experimento foi irrigado pelo sistema de irrigação por aspersão fixa durante uma hora por dia, em três dias por semana, com aspersores distanciados em 18 m.

3.5 MEDIÇÃO DO CRESCIMENTO DAS CULTURAS FLORESTAIS

Os dados usados neste estudo foram as medidas da altura total em metros das quatro espécies arbóreas feitas em 256 parcelas permanentes.

A primeira medição em altura foi realizada após o término do plantio, para verificar a altura inicial das mudas plantadas em campo, e, posteriormente, foram feitas medições a cada três meses, tendo-se ao final seis medições (0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 meses).

3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS DO CRESCIMENTO DAS CULTURAS FLORESTAIS

Os dados de altura ao longo dos 18 meses deste estudo foram submetidos ao teste de esfericidade de Mauchly (MAUCHLY, 1940), com o objetivo de constatar se esses violavam ou não a condição de variâncias iguais e correlações nulas, para decidir se a análise estatística seria multivariada de medidas repetidas ou em parcelas subdivididas no tempo.

Foi aplicado o modelo estatístico descrito por Neter et al. (1990) e Nemeç (1996), para avaliar o crescimento em altura nas idades T3 (3 meses), T6 (6 meses), T9 (9 meses), T15 (15 meses) e T18 (18 meses), conforme modelo matemático descrito abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_i + \tau_j + (\gamma\tau)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = Altura do eucalipto no i-ésimo tratamento, no j-ésimo tempo e na k-ésima repetição;

μ = média geral;

γ_i = efeito do i-ésimo tratamento;

τ_j = efeito no j-ésimo tempo;

$(\gamma\tau)_{ij}$ = efeito da interação entre o i-ésimo tratamento no j-ésimo tempo;

ε_{ijk} = erro aleatório do i-ésimo tratamento no j-ésimo tempo e na k-ésima repetição.

As hipóteses testadas ao nível de 5% de probabilidade foram:

H₀₁= não há diferenças significativas entre os tratamentos (hipótese de perfis coincidentes);

H₀₂= há igualdade do efeito tempo (perfis horizontais); e

H₀₃= não há interação tempo x tratamentos (perfis paralelos).

As hipóteses testadas foram submetidas aos testes de significância de Lambda de Wilks, de Traço de Pillai, de Traço de Lawley-Hotelling e de Maior Raiz de Roy:

1. $\Delta = \prod_{i=1}^s (1 - \theta_i)$: Lambda de Wilks, em que $s = \min(t-1, g-1)$, sendo t o número de instantes de tempo e g o número de tratamentos.

2. $P = \sum_{i=1}^s \theta_i$: Traço de Pillai.

3. $T = \sum_{i=1}^s \theta_i (1 - \theta_i)^{-1}$: Traço de Lawley-Hotelling

4. $\theta_s = \max(\theta_i)$: Roy

Quando foram verificadas diferenças significativas entre as interações tempo x espécie e tempo x espécie x fontes de nutrientes, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância (KHATTREE; NAIK, 1999).

As análises estatísticas foram feitas usando o comando “REPEATED”, da ANOVA e GLM, do SAS (SAS INSTITUTE, 1999).

3.7 ANÁLISE FOLIAR DAS CULTURAS FLORESTAIS

Foram coletadas folhas recém-maduras do terço médio da copa das plantas da área útil das parcelas de espécies arbóreas, em quatro pontos cardeais de cada planta, retirando-se 10 folhas por planta da área útil, totalizando 100 folhas por amostra.

As folhas foram coletadas em setembro de 2015, quando o experimento estava com 18 meses de implantação.

As folhas recém-coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em câmara fria e, posteriormente, colocadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, até atingirem peso constante. A seguir, as folhas foram trituradas em moinho de facas, com peneira de 1 mm, e armazenadas para as análises posteriores dos teores de nutrientes (MALAVOLTA et. al., 1997). Posteriormente foram levadas para o Centro de Apoio à Pesquisa- CENAPESQ da Universidade Federal Rural de Pernambuco- UFRPE, para realizar as digestões das amostras.

O N foi determinado por titulometria após digestão sulfúrica. A determinação das concentrações de P, Ca e Mg foi realizada mediante as digestões assistidas por radiação microondas, em que se empregaram forno microondas tipo Mars. As amostras foram pesadas (250 mg) e colocadas nos frascos. Em seguida, adicionaram-se 5 ml de HNO₃ p.a. e 2 ml de H₂O₂ e os frascos foram fechados para pré-digestão por microondas no tempo programado de 10 minutos, à potência de 1600W e temperatura de 160°C e, posteriormente, digestão no digestor por micro-ondas, por 30 minutos, a uma potência 1600W e temperatura de 160°C. No extrato obtido foi adicionado água bidestilada até completar 50 ml, com base na metodologia descrita pela EMBRAPA (2009). O P foi dosado por colorimetria e o Ca e Mg foram avaliados por espectrofotometria de absorção atômica.

As análises para determinação do N e P foram realizadas no laboratório de solos do Instituto Federal de Pernambuco- IFPE, Campus de Vitória de Santo Antão e o Ca e Mg foram no Laboratório de Química do Solo da UFRPE.

3.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS NUTRICIONAIS DOS CULTIVOS FLORESTAIS

Para a comparação dos teores de N, P, Ca e Mg das quatro espécies arbóreas no cultivo isolado, foi adotado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com medidas repetidas, com três fatores S x F x E, que são, respectivamente, 4 cultivos arbóreos (S=4), 3 fontes de adubação condicionadora de solo e o controle (F=4) e 2 espaçamentos (E=2):

Fator S (Cultivos arbóreos) = 4: 1 Angico; 2. Aroeira; 3. Clone 2001 e 4. Clone 2000;

Fator F (Fontes de adubação, condicionador de solo e controle)= 4: 1.Resíduos de tanques de piscicultura, 2. Sedimentos do lago, 3. Biocarvão e 4. Controle (sem adubação);

Fator E (Espaçamento) = 2: 1. 3 m x 2 m e 2. 4 m x 2 m.

Foram testadas as seguintes hipóteses:

H₀₁: Não há diferença significativa entre os cultivos arbóreos (angico; aroeira; clone 2001 e clone 2000);

H₀₂: Não há diferença significativa entre fontes de adubação, condicionador de solo (sedimentos de tanques de piscicultura, sedimento do lago, biocarvão e controle);

H₀₃: Não há diferença significativa entre espaçamentos (3 m x 2 e 4 m x 2 m).

H₀₄: Não são significativas as interações: espécies florestais x fontes de adubação condicionadora de solo e controle; espécies florestais x espaçamento; fontes de adubação condicionadora de solo e controle x espaçamento; espécies florestais x fontes de adubação condicionadora de solo e o controle x espaçamento.

O modelo matemático para o arranjo fatorial S x F x E do delineamento inteiramente casualizado utilizado (DIC) é:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + \delta_{ijk} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = Valores observados das variáveis respostas (teores de nutrientes N P k Ca e Mg) no i -ésimo nível do fator S, j -ésimo do fator F, k -ésimo do fator E.

μ = representa uma constante (média geral);

α_i = efeito do nível i -ésimo do fator S;

β_j = efeito do nível j -ésimo do fator F;

γ_k = efeito do nível k -ésimo do fator E;

$\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação entre os fatores S e F;

$\alpha\gamma_{ik}$ = efeito da interação entre os fatores S e E;

$\beta\gamma_{jk}$ = efeito da interação entre os fatores F e E;

δ_{ijk} = efeito da interação entre os fatores S, F e E;

e_{ijk} é o erro experimental.

Para a avaliação dos teores de N, P, Ca e Mg das quatro espécies arbóreas no cultivo consorciado também foi assumido um arranjo fatorial, no delineamento inteiramente casualizado, com três fatores S x F x C, que são, respectivamente: espécies florestais (S=4), fontes de adubação e condicionador de solo e o controle (F=4) e tipo de consórcio (C=2).

Fator S (Espécies florestais) = 4: 1. Angico, 2. Aroeira, 3. Clone 2001e 4. Clone 2000;

Fator F (Fontes de adubação e condicionador de solo e o controle) = 4:1. Sedimentos de tanques de piscicultura, 2. Sedimentos do lago, 3. Biocarvão e 4. Controle (sem adubação);
Fator C (Consórcio) = 2: 1. Espécies arbóreas consorciada com capim e 2. Espécies arbóreas consorciada com feijão.

As hipóteses e o modelo matemático testados foram os mesmos para as espécies arbóreas no plantio isolado.

O teste de média usado em ambas as análises estatísticas nutricionais foi Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

As análises foram realizadas com o programa estatístico Assistat 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CRESCIMENTO EM ALTURA DAS CULTURAS ARBÓREAS

O teste de esfericidade de Mauchly para altura durante 18 primeiros meses no experimento realizado na Estação Experimental do IPA, em Belém do São Francisco – PE, rejeitou a hipótese de que há esfericidade, o que significa que a matriz de covariâncias do erro experimental não atente a condição proposta por Huynh-Felt. Portanto, nesses dados deve ser empregada a análise de medidas repetidas (Tabela 3).

Tabela 3- Teste de esfericidade de Mauchly para o crescimento em altura média (m) das quatro culturas florestais cultivadas com quatro fertilizantes orgânicos, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco- PE.

Variáveis	GL	Critério de Mauchly's	χ^2	Pr > χ^2
Variáveis transformadas	20	1,5245E ⁻⁷	34638,603	<0,0001
Componentes ortogonais	20	0,0000321	22832,233	<0,0001

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nas Tabelas 4 e 5 estão as análises de variância do experimento com as suas interações.

Tabela 4- Análise de variância do efeito variável das culturas aflorestais, tratamentos e interações, no experimento na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco - PE.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Culturas arbóreas	3	3668,88	1222,96	820,56	<0,0001
Fonte nutritiva	3	34,23	11,41	7,66	<0,0001
Espaçamento	3	1059,52	353,17	236,97	<0,0001
Culturas arbóreas x Fontes nutritivas	9	58,59	6,51	4,37	<0,0001
Culturas arbóreas x Espaçamento	9	1272,2	134,69	90,37	<0,0001
Fontes nutritivas x Espaçamento	9	24,41	2,71	1,82	0.0600
Culturas arbóreas x Fontes nutritivas x Espaçamento	27	102,32	3,79	2,54	<0,0001
Resíduo	2209	3292,28	1,49		
Total	2272	9453,87			

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme a análise de variância foram, constatadas diferenças significativas entre as médias de altura (m) ao longo dos 18 meses para todas as interações, exceto para as médias da interação fonte nutritiva x espaçamento (Tabela 4), evidenciando que as espécies apresentam uma tendência de crescimento diferenciado entre elas. O efeito dos espaçamentos influenciou no desenvolvimento em altura das espécies florestais. Esse efeito deve ter ocorrido porque no espaçamento mais reduzido, as espécies apresentam mais competição por luz, em comparação ao maior espaçamento.

A interação espécies x fontes de nutrientes, deve ter obtido resultado significativo, devido aos valores nutricionais das diferentes fontes, como pode ser observado nos Apêndices de 1 a 6. As fontes nutricionais apresentam diferenciação nas suas composições químicas, tendo o resíduo do lago com uma elevada quantidade de nutrientes em comparação as demais, quantidades o que pode ser de grande valia para o desenvolvimento das culturas florestais.

Para a interação espécie x espaçamento, foi demonstrado que as espécies obtiveram crescimento em altura média distinto, assim, comprovado que para esta pesquisa, o espaçamento influencia no crescimento das quatro culturas arbóreas estudadas. Assim, as interações espécie x fontes nutritivas x espaçamento apresentaram diferenças significativas, fato que deve ter acontecido pelas mesmas razões que já foram citadas acima.

Tabela 5- Análise de variância para tempo, tratamentos e interações, nos 18 primeiros meses das culturas florestais testadas na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco – PE.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tempo	6	14382,9	2397,1	10778,7	<,0001
Tempo x culturas florestais	18	4555,5	253,1	1138,0	<,0001
Tempo x Fontes nutritivas	18	18,5	1,03	4,6	<,0001
Tempo x Espaçamento	18	532,7	29,6	133,1	<,0001
Tempo x culturas florestais s x Fontes nutritivas	54	29,4	0,5	2,45	<,0001
Tempo x Espécie x Espaçamento	54	1057,7	19,6	88,1	<,0001
Tempo x Fontes nutritivas x Espécie	54	15,4	0,3	1,3	0,0770
Tempo x culturas florestais x Fontes nutritivas x Espaçamento	162	79,3	0,5	2,2	<,0001
Resíduo	13254	2947,7	0,2		
TOTAL	13638	23619			

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se que a análise de variância para o efeito tempo e para as interações tempo x espécie florestal, tempo espaçamento, tempo x espécie florestal x espaçamento e tempo x espécie florestal x espaçamento e tempo x espécie florestal x fontes nutritivas x espaçamento apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), constatando-se que há efeito do tempo nas alturas. Contudo, para a interação tempo x fontes nutritivas x espécie, aceitou-se a hipótese de nulidade na comparação das médias ao longo do tempo (Tabela 5).

No Apêndice 9, são apresentados os resultados das análises de variância multivariada para o efeito tempo e para todas as interações, que, por meio dos testes Traço de Pillai, Lambda de Wilks e Traço de Hotelling-Lawley, bem como Maior raiz de Roy, que se deve rejeitar a hipótese de nulidade para o efeito tempo, indicando que os valores sucessivos de altura ao longo do tempo são independentes, o que indica que a avaliação dos dados de crescimento das quatro espécies florestais deve ser feita de forma isolada para cada período. Resultado semelhante foi observado por Aparício et al. (2010), na análise do crescimento

inicial ao longo do tempo de dois clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, em diferentes sistemas de manejo da matocompetição, no estado do Amapá, e na avaliação das hipóteses de nulidade das interações tempo x clone e tempo x clone x tipo de limpeza.

Diante destes resultados, procedeu-se a comparação das médias pelo teste de Tukey, para se observar o comportamento do crescimento em altura média (m) das diferentes espécies (Tabela 6). Definiu-se quais fontes de nutrientes diferem significativamente quanto ao efeito no crescimento em altura média ao longo do tempo (Tabela 7), bem como se os diferentes espaçamentos e consórcios (Tabela 8).

Tabela 6- Testes de Tukey, ao 5% de probabilidade de erro, para as médias de altura (m) de 0 a 18 meses após o plantio, das quatro culturas florestais, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco - PE.

Sp	Ht 0 Mês	Sp	Ht 3 Meses	Sp	Ht 6 Meses	Sp	Ht 9 Meses	Sp	Ht 12 Meses	Sp	Ht 15 Meses	Sp	Ht 18 Meses
2	0,62 a	2	0,68 a	3	1,01 a	3	1,82 a	3	2,92 a	3	4,06 a	3	5,31 a
1	0,23 b	3	0,66 a	4	0,88 b	4	1,52 b	4	2,27 b	4	3,10 b	4	4,07 b
3	0,18 c	4	0,56 b	2	0,73 c	2	0,83 c	1	1,20 c	1	1,65 c	1	2,14 c
4	0,18 c	1	0,39 c	1	0,60 d	1	0,81 d	2	0,98 d	2	1,19 d	2	1,38 d

Médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente semelhantes ao nível de 5% de probabilidade de erro. Sp = espécie; 1 = Angico; 2 = Aroeira; 3 = clone MA 2001; 4 = clone MA 2000; Ht = Altura média.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando as mudas foram plantadas em campo (idade 0), a aroeira se diferenciou em altura das demais espécies, bem como, o angico dos dois clones de eucalipto. Este fato ocorreu devido a ter se realizado a medição de altura logo após o plantio das mudas em campo, sendo que no plantio as mudas da aroeira eram maiores do que as de angico e essas que as de eucalipto (Tabela 6). Na segunda avaliação, três meses após o plantio, o clone MA 2001 apresentou maior em altura média, passando de 0,18 m para 0,66 m, destacando-se visualmente, mas ainda não diferindo estatisticamente em altura média da aroeira. A partir dos seis meses de idade, o clone MA 2001 exibiu médias de altura ainda maiores, deferindo-se estatisticamente as demais culturas, começando a se formar quatro grupos de crescimento. Na sétima avaliação (18 meses), o clone MA 2001 apresentou o maior incremento médio, atingindo 5,308 m, sendo seguido pelo clone MA 2000, que atingiu 4,071 m, pelo angico, que atingiu 2,139 m, e pela aroeira, que apresentou 1,384 m.

As médias de alturas do clone MA 2001, nos dois espaçamentos e consórcios desta pesquisa, foram superiores às encontradas por Queiroz et al. (2009), no Rio de Janeiro, nas espécies *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. camaudulensis* e *E. pellita*, que, aos 18 meses após o plantio, apresentaram alturas variando do valor mínimo encontrado (2,7 m) ao valor máximo

encontrado (5,2 m). Essas espécies de eucalipto foram plantadas no espaçamento 3 m x 2 m e adubadas no plantio com aplicação de 200 g/cova da fórmula NPK (04-30-04) + 0,4% de Zn e, aos 4 meses após o plantio, tinham sido adubadas por cobertura com 100 g/cova da fórmula NPK (20-05-20), e, aos 11 meses após o plantio, tinham recebido uma terceira adubação com 100 g/cova de NPK (20-05-20) + 0,6 % de B. Segundo vários autores, o rápido crescimento em altura de espécies florestais nos primeiros meses de idade é uma vantagem competitiva em relação à vegetação espontânea, reduzindo a necessidade de capinas ou roçadas por diminuir o custo de manutenção dos plantios (TOLEDO et al, 1996; STURION; BELLOTE, 2000, QUEIROZ et al., 2009).

Neste aspecto em discussão, merece destaque o clone MA 2001 de eucalipto, que apresentou o maior crescimento em altura do experimento (Tabela 6). Este resultado é condizente com a observação de que espécies do gênero *Eucalyptus* vêm sendo muito utilizadas em sistemas agroflorestais, pelas suas características melhoradas em programas de melhoramento genético, por seleção de clone com rápido crescimento, arquitetura de copa que eleva a eficiência de uso do espaço apropriada para consórcio com espécies herbáceas e boa capacidade de adaptação às diferentes condições edafoclimáticas dos diferentes biomas brasileiros ou boa resposta a práticas culturais viáveis aplicadas, resultando alta produção de madeira adequada a usos múltiplos, o que resulta boa renda para produtores rurais (NETO et al., 2014).

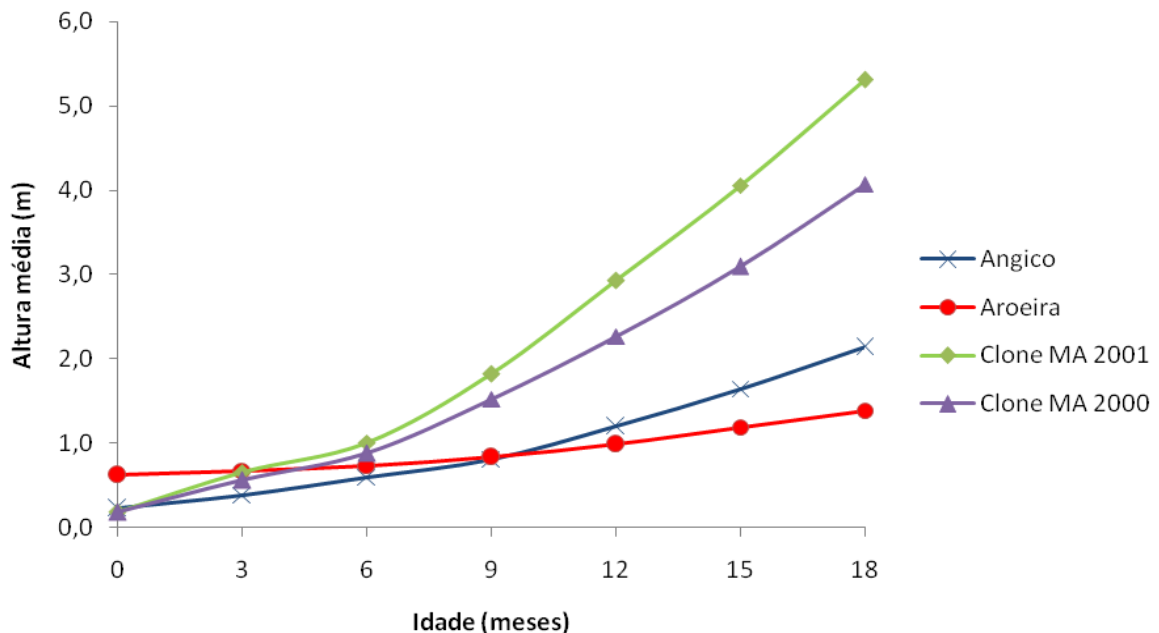
Em pesquisa com o objetivo de avaliar o comportamento de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), ao ser plantada no espaçamento 3 m x 2 m para na recuperação de áreas degradadas no Nordeste do estado de São Paulo, Bertoni e Dickfeldt (2007) encontraram, aos dois anos após o plantio, a altura média de 1,53 metros. Já na presente pesquisa, há um ano e meio após o plantio, a média de altura foi 1,38 metros, apesar desta média ser resultante dos dois espaçamentos (3 m x 2 m e 4 m x 2 m) e dos dois consórcios agroflorestais (4 m x 2 m, com capim e 4 m x 2 m, com feijão).

Segundo Martinotto al. (2012), em experimento objetivando a avaliação da sobrevivência e do crescimento inicial de mudas de seis espécies arbóreas no Bioma Cerrado, o angico (*Anadenanthera colubrina* var. cebil), no espaçamento 3 m x 3 m, tanto em consórcio com mandioca (*Manihot esculenta*) quanto em plantio isolado, com ou mesmo sem adubação fosfatada, superou as demais espécies testadas. Na presente pesquisa, nas mesmas idades, foram encontrados valores relativamente superiores para angico, provavelmente por se tratar de uma espécie nativa na região, adaptada ao local, e pioneira, exibindo rápido crescimento.

4.2. EFEITO DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E do CONDICIONADOR DO SOLO

Os resultados de crescimento em altura média ao longo dos 18 meses das quatro culturas arbóreas sob diferentes fontes nutricionais estão na Figura 3. O crescimento em altura média do clone MA 2001 passou a ser maior a partir dos seis meses de idade, sendo muito superior aos 18 meses de idade. A diferença entre os clones MA 2001 e MA 2000 se deve às diferenças genótípicas, pois eles foram submetidos às mesmas condições ambientais e aos mesmos tratamentos.

Figura 3-: Crescimento em altura média(m) do 0 a 18 meses após o plantio, das quatro culturas florestais, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco - PE.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após três meses do plantio das mudas em campo, as fontes orgânicas de nutrientes já apresentaram efeitos significativos na altura média das espécies estudadas (Tabela 7). O sedimento de tanques de piscicultura apresentou bom desempenho, embora não se diferenciando estatisticamente do sedimento do lago, mas, aos 9 e 12 meses, houve formação de dois grupos de resultados, em que o sedimento dos tanques de piscicultura e do lago passaram a se destacar em relação ao biocarvão.

Os resultados da presente pesquisa indicam que a incorporação de matéria orgânica ao solo no momento do plantio melhora significativamente o desenvolvimento das plantas, já que resultou em médias de altura significativamente superior a testemunha e ao biocarvão (Tabela 7).

Tabela 7. Testes de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, para as alturas médias (m), do 0 aos 18 meses após plantio das quatro culturas florestais, sob quatro diferentes fontes nutritivas, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco.

FN	Ht 0 Mês	FN	Ht 3 Meses	FN	Ht 6 Meses	FN	Ht 9 Meses	FN	Ht 12 Meses	FN	Ht 15 Meses	FN	Ht 18 Meses
4	0,314 a 1	1	0,595 a 1	1	0,755 a 1	1	1,198 a 1	1	1,899 a 2	2	2,530 a 2	2	3,249 a
1	0,310 a 2	2	0,570 ab 2	2	0,733 ab 2	2	1,158 a 2	2	1,849 a 1	1	2,516 ab 1	1	3,227 ab
3	0,309 a 3	3	0,559 b 3	3	0,711 bc 3	3	1,077 b 4	4	1,738 b 4	4	2,374 bc 4	4	3,079 bc
2	0,303 a 4	4	0,554 b 4	4	0,700 c 4	4	1,070 b 3	3	1,721 b 3	3	2,334 c 3	3	3,023 c

Médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente semelhantes ao nível de 5% de probabilidade de erro.

FN = Fonte de nutrientes: 1 = Sedimentos de tanques de piscicultura; 2 = Sedimento do lago; 3 = Biocarvão; 4 = Testemunha; Ht = altura média (m).

Fonte: Elaborada pelo autor.

As análises químicas das fontes nutricionais (Apêndice 1, 2, 3 e 4) mostram os teores de matéria orgânica do sedimento do lago (62,78 g/kg e 63,79 g/kg) e dos tanques de piscicultura (31,50 g/kg e 30,51 g/kg). Corroborando esta afirmação, a matéria orgânica é um componente essencial dos substratos, pelo aumento da disponibilização de nutrientes para as plantas (CALDEIRA et al. 2002; KÄMPF, 2008). O maior incremento das espécies com sedimentos do lago e de tanques de piscicultura pode estar associado ao alto teor de fósforo, elemento essencial no crescimento de culturas vegetais.

Contudo os adubos ricos em matéria orgânica podem também apresentar outros benefícios resultantes da redução na densidade aparente e global do solo, importantes características físicas do solo, o que aumenta a porosidade do solo, agindo como condicionadores de solo, o que aumenta a disponibilidade de água e de oxigênio. DE Maria et al. (2007) confirmaram a utilidade do lodo de esgoto como condicionador do solo por agregação de partículas para recuperação de áreas degradadas.

Melotto et al.(2009) e Oliveira et al. (2010) verificaram que adubação orgânica elevou a sobrevivência, a qualidade e o crescimento em altura de mudas, favorecendo o escape de pragas e/ou doenças. Várias outras pesquisas têm mostrado eficácia do uso do biocarvão na silvicultura (SOLLA-GULLON et al., 2006; SANTALLA et al., 2011; OMIL et al., 2013; PLUCHON et al., 2014). Contudo, isto não ocorreu na presente pesquisa, possivelmente devido à matéria prima usada na produção do biocarvão, à quantidade da aplicação ou ao fato de que biocarvão, mesmo sendo condicionador de solo, é estável, devendo estar associado a uma fonte nutricional, orgânica e/ou mineral.

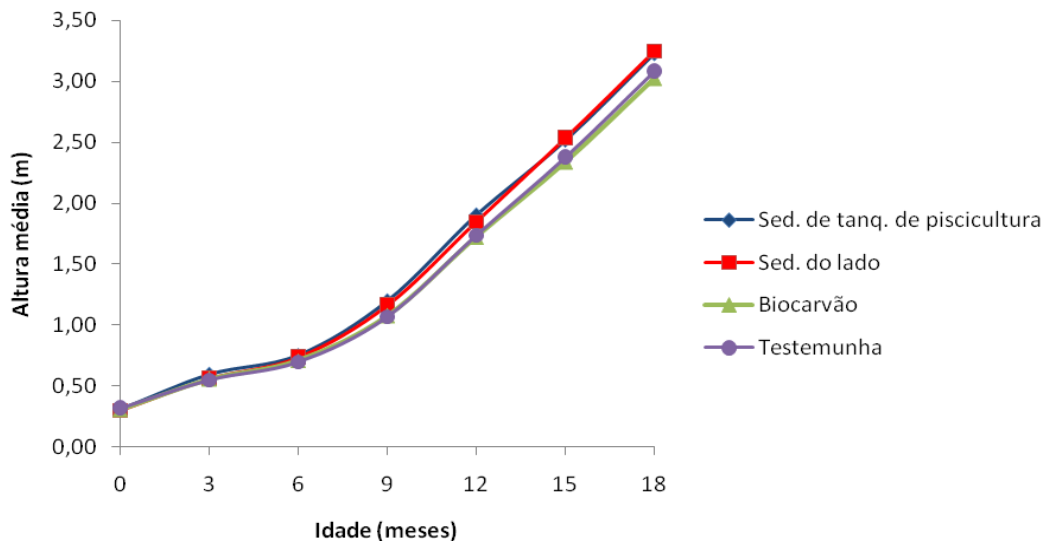
Em pesquisa desenvolvida em casa de vegetação, para analisar o crescimento de mudas de quatro espécies florestais produzidas em solos adubados com nove tipos de biocarvão, oriundos de coníferas e folhosas, Plunchon et al. (2014) observaram que a adição de biocarvão resultou efeito positivo ou neutro no crescimento das mudas. Os biocarvões

procedentes de angiospermas proporcionaram maior crescimento das mudas do que os biocarvões provenientes de gimnospermas e as mudas de angiospermas responderam melhor ao biocarvão que as mudas de gimnospermas.

Em uma pesquisa realizada em viveiro, Trazzi (2014) verificou que o uso do biocarvão não afetou o crescimento das mudas de *Pinus taeda* durante sete meses de permanência em vasos. No entanto, o mesmo autor observou que o crescimento em campo das árvores de *Pinus taeda* foi influenciado pela aplicação de biocarvão, até 12 meses de idade. O mesmo autor confirmou que o biocarvão melhora as propriedades químicas do solo em campo, após 30 meses de sua aplicação, mas isso ocorre principalmente pela redução da acidez do solo e pelo aumento dos valores da capacidade de troca de cátions (CTC) e de saturação de bases K e P já existentes no solo.

Na figura 4, estão as alturas médias que as matérias orgânicas e condicionador de solo proporcionaram durante os 18 meses da presente pesquisa. Os efeitos do sedimento dos tanques de piscicultura e do sedimento do lago foram semelhantes. Também foram semelhantes aos crescimentos das culturas arbóreas que receberam ao biocarvão e a nenhuma fonte de adubação (testemunha). Assim, podem ser vantajosas para espécies arbóreas as fontes orgânicas de nutrientes em relação ao biocarvão usado isoladamente.

Figura 4- Altura média (m) de 0 aos 18 meses pós plantio, das culturas florestais sob efeito de diferentes fontes de nutrientes, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco - PE.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3 EFEITO DO ESPAÇAMENTO E CONSÓRCIO DAS CULTURAS FLORESTAIS

Os resultados das medições de crescimento nos diferentes consórcios indicam diferentes graus de interações interespecíficas (Tabela 8).

Tabela 8- Testes de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro para as médias de altura das quatro culturas florestais (m) do 0 aos 18 meses pós plantio para dois diferentes espaçamentos e consórcios.

Esp	Ht		Esp	Ht		Esp	Ht		Esp	Ht		Esp	Ht	
	0 Mês			3 Meses			6 Meses			9 Meses			12 Meses	
0	0,322 a	0	0,702 a	0	0,979 a	0	1,598 a	0	2,446 a	0	3,325 a	0	4,089 a	
3	0,320 a	2	0,536 b	1	0,657 b	1	1,034 b	2	1,597 b	2	2,208 b	2	3,007 b	
1	0,319 a	3	0,507 bc	2	0,616 c	2	0,912 c	1	1,576 b	1	2,045 c	3	2,757 c	
2	0,318 a	1	0,504 c	3	0,589 c	3	0,853 c	3	1,439 c	3	1,974 c	1	2,514 d	

Médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente semelhantes ao nível de 5% de probabilidade de erro. Esp = Espaçamento: 0 = Espaçamento 3 m x 2 m isolado; 1 = espaçamento 4 m x 2 m isolado; 2 = espaçamento 4 m x 2 m consorciado com capim; 3 = 4 m x 2 m consorciado com feijão; Ht = Altura média (m).

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como era de se esperar, na primeira fase de avaliação não houve diferença significativa entre espaçamentos e também nos diferentes consórcios, devido ao pouco tempo de plantio.

No entanto, a partir dos três meses de idade, quanto ao incremento médio em altura por espaçamento, os resultados do teste de Tukey indicaram que o espaçamento 3 m x 2 m apresentou valores estatisticamente superiores aos demais tratamentos, ao longo dos 18 meses deste estudo, em que os diferentes espaçamentos e consórcios tiveram médias de alturas

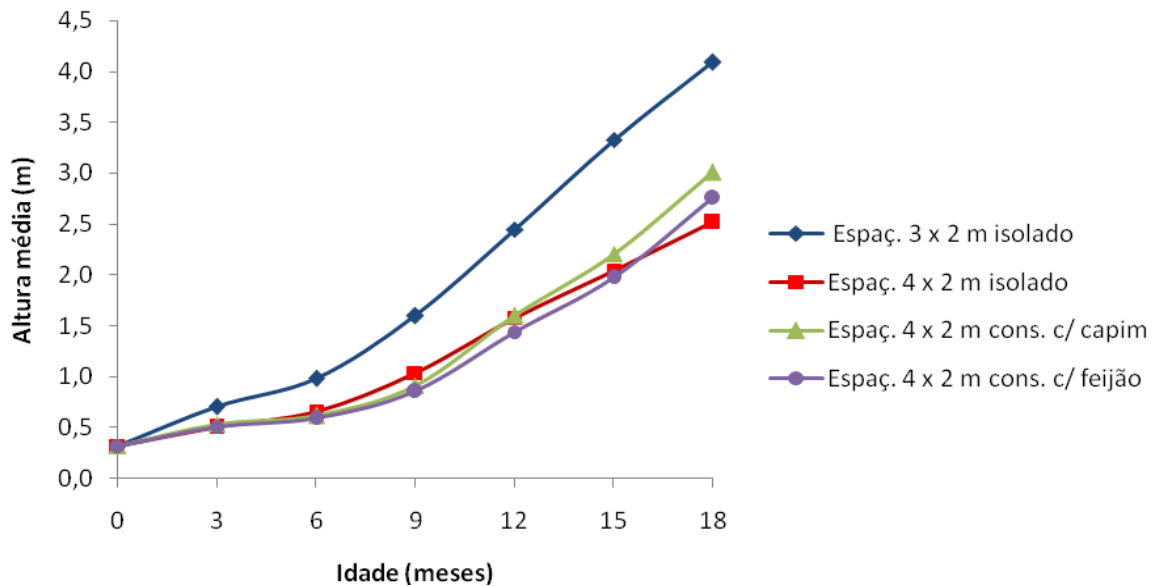
diferenciadas estatisticamente, formando quatro grupos, em que o pior resultado foi obtido pelo maior espaçamento de plantio 4 m x 2 m isolado.

No espaçamento 4 m x 2 m consorciado com o capim, devido às espécies arbóreas estarem concorrendo por água e nutrientes com a espécie forrageira, esperava-se menor incremento médio em altura. Contudo, foi nesse consórcio que houve a segunda melhor média no incremento médio em altura das espécies arbóreas. Neste sentido, Leite et al. (1997) verificaram que, em períodos com menos água disponível no solo, há maior restrição ao crescimento se as plantas estão mais adensadas. Silva (1999) constatou que, para *Eucalyptus grandis*, os maiores espaçamentos produziram melhor status hídrico e o consórcio, nessas condições, não prejudica a espécie arbórea, devido aos sistemas radiculares das plantas consorciadas explorarem horizontes diferentes do solo. Este fato pode ter acontecido nesta pesquisa no consórcio com o capim. É importante lembrar que as plantas receberam irrigação, de modo que a competição por água pode não ter sido importante na presente pesquisa.

Bertoni e Dickfeldt (2007) avaliaram o desenvolvimento inicial de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) plantadas em área degradada manejada com tratos silviculturais, concluindo que o crescimento em altura de aroeira é melhorado pelo plantio em consórcio com espécies de rápido crescimento, pelo sinergismo estabelecido.

Na Figura 5, observa-se que, no espaçamento 3 m x 2 m, a partir dos três meses de idade, apresentou uma superioridade em altura média, em comparação ao espaçamento 4 m x 2 m e seus consórcios. O espaçamento 4 m x 2 m isolado estava sendo o segundo resultado satisfatório até aos seis meses de idade, no entanto, ao final, passou a ter o pior resultado em altura média. Isto indica que o espaçamento menor pode ter efeito positivo mesmo na fase inicial de desenvolvimento das plantas de *Eucalyptus* spp.

Figura 5- Efeito do espaçamento e de consórcio na altura média(m) de 0 a 18 meses após plantio, das culturas florestais, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco - PE.



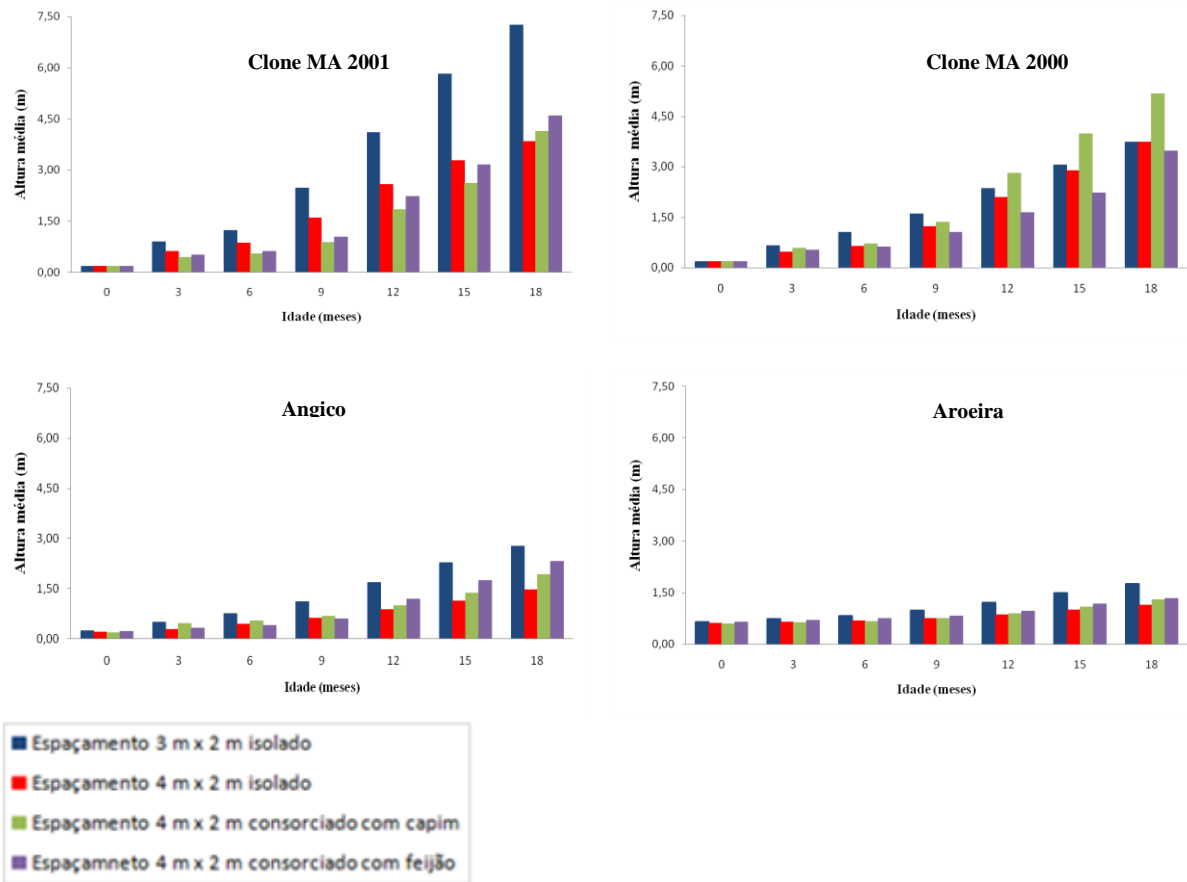
Fonte: Elaborada pelo autor.

Em um sistema agrossilvicultural com clone híbrido natural de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh x *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, Kruschewsky et al. (2007) verificaram que, aos 18 meses após o plantio, a altura de plantas foi maior em arranjos mais adensados (3,33 x 2 m em relação a 3,33 x 3 m e 5 x 2 m), pelo estiolamento das plantas decorrente da redução da luz em uma espécie intolerante ao sombreamento, confirmando a presente pesquisa, em que houve maiores alturas médias no espaçamento 3 m x 2 m. Para Bernardo (1995), a redução da altura média das árvores no tempo pode ser devido a redução do espaçamento, havendo muitas árvores dominadas pela competição, por redução da disponibilidade de água e de nutrientes.

4.4. ALTURA MÁDIA DAS QUATRO CULTURAS FLORESTAIS NOS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E CONSÓRCIOS

Na Figura 6, apresentam-se as alturas médias das quatro culturas florestais em diferentes espaçamentos e consórcios. Observa-se que as diferentes espécies se comportaram de maneira distinta nos dois espaçamentos no plantio isolado e nos dois plantios consorciados.

Figura 6- Crescimento médio em altura(m) ao longo do tempo (18 meses) após plantio, de culturas florestais, em diferentes espaçamentos e consórcios, na Estação Experimental do IPA, em Belém de São Francisco - PE.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Pode ser visto que, a partir dos três meses após o plantio, todas as culturas exibiram maior média em altura no espaçamento 3 m x 2 m, com exceção do clone MA 2000, que, a partir dos doze meses, apresentou maior incremento no espaçamento 4 m x 2 m consorciado com capim. Este resultado é bem distinto de várias outras pesquisas, sendo esperado menor crescimento nos espaçamentos mais adensados, pelo fato de haver maior quantidade de indivíduos por unidade de área, havendo tendência ao crescimento estiolado devido à redução da luz.

Portanto, para o clone MA 2000, as árvores tem a crescer mais em espaçamentos adensados (Figura 6). Assim, pode-se inferir que a espécie forrageira não afetou negativamente o crescimento do clone MA 2000, já que foram cultivadas nas entrelinhas das árvores, com um metro de distância das fileiras. Oliveira et al. (2015) encontraram resultados similares no crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta, sendo que as espécies forrageiras estavam plantadas a 1,5 metros de distâncias das fileiras das culturas arbóreas.

A respeito disto, Campanha et al. (2011) afirmam que sistemas consorciados têm-se melhores condições de crescimento em espaçamentos estreitos quanto a umidade e fertilidade do solo, pela criação de extratos vegetativos mais baixos. Este fato pode ter acontecido na presente pesquisa, em que condições favoráveis ao clone MA 2000 podem ser devidas ao consorcio com capim, beneficiando a sua altura no plantio 3 m x 2 m.

O clone MA 2001 teve a segunda maior altura média dos três aos quinze meses, no espaçamento 4 m x 2 m isolado, porém, aos dezoito meses após o plantio, esse espaçamento apresentou uma menor altura média e, no espaçamento 4 m x 2 m consorciado com feijão, teve o segundo maior incremento médio (Figura 6).

Ao contrário, o clone MA 2000 obteve o menor altura média no consorcio com feijão e no espaçamento 3 m x 2 m isolado. No espaçamento 4 m x 2 m, esse clone teve incremento semelhante e, no espaçamento 4 m x 2 m consorciado com capim, esse clone teve o incremento médio bem superior aos demais (Figura 6).

O angico obteve o maior incremento médio em altura no espaçamento 3 m x 2 m, seguido do espaçamento 4 m x 2 m consorciado com feijão e o espaçamento 4 m x 2 m isolado foi o que apresentou o menor incremento médio em altura (Figura 6).

Para a aroeira, pode-se verificar que seu crescimento lento (Figura 6), exceto no espaçamento 3 m x 2 m, no qual apresentou o menor incremento médio em altura. Oliveira et al. (2000) afirmam que o plantio de aroeiras em consórcio com espécies de crescimento mais rápido, como as espécies pioneiras, em condições normais de espaçamento, melhoram o crescimento em altura e a forma do fuste, pelo tutoramento das mudas de aroeira.

4.5 ANÁLISES DE VARIÂNCIA PARA TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES

Na Tabela 9, apresenta o resumo das análises de variância realizadas para teores foliares de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio nas quatro espécies arbóreas avaliadas. Os teores de nitrogênio foram significativos em todas as espécies, fontes de nutrientes e espaçamentos e suas interações, com ($p < 0,01$), e para a interação espécies x espaçamentos, com ($p < 0,05$). Para os demais nutrientes, nem todos os fatores e suas interações foram significativos.

Tabela 9- Resumo das análises de variância realizadas para os teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio de quatro culturas florestais aos 18 meses de idades em diferentes espaçamentos em um experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.

FV	GL	Nitrogênio		Fósforo		Cálcio		Magnésio	
		SQ	F	SQ	F	SQ	F	SQ	F
Fator 1 (F1)	3	6120,70	194,28**	105,63	31,64**	830,62	180,28**	42,73**	90,88**
Fator 2 (F2)	3	332,32	10,55 **	9,52	2,85 *	14,00	3,04 *	0,73	1,57 n.s
Fator 3 (F3)	1	561,52	53,47**	27,49	24,70 **	4,88	3,18 n.s	0,82	5,25 *
F1 x F2	9	516,99	5,47 **	13,95	1,39 n.s	18,03	1,31 n.s	1,51	1,07 n.s
F1 x F3	3	101,01	3,21 *	66,24	19,84 **	14,06	3,05 **	3,46	7,37 **
F2 x F3	3	404,84	12,85 **	4,02	1,20 n.s	4,93	1,07 n.s	0,19	0,41 n.s
F1 X F2 x F3	9	511,44	5,41**	7,49	0,75 n.s	27,22	1,97 n.s	0,62	0,44 n.s
Tratamentos	31	8548,82	26,26 **	234,34	6,79 **	913,74	19,19 **	50,06	10,31 **
Resíduo	96	1008,12		106,83		147,44		15,05	
Total	127	9556,94		341,17		1061,18		65,11	
Média geral		24,37		3,34		5,39		2,37	
CV (%)		13,30		31,56		23,00		16,73	

Em que: Fator 1= Espécies; Fator 2 = Fontes de nutrientes; Fator 3 = Espaçamentos; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 < p < 0,05$); n.s não significativo ($p \geq 0,05$).

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme a média geral, os teores dos nutrientes foliares nas quatro culturas florestais seguiram a ordem decrescente: N > Ca > P > Mg. Fósforo superou Mg, com um teor considerado alto para experimentos de campo.

Nos Apêndices de 10 a 15, são apresentados os desdobramentos da análise de variância para o N, com suas fontes de variações, em função dos tratamentos, podendo ser observado que, na interação espécies x fontes de nutrientes, a interação angico x resíduo do lago apresentou um efeito superior, diferenciando-se das demais interações, fato deve ter ocorrido devido o angico ser uma espécie leguminosa e ter apresentado um maior aproveitamento do nitrogênio disponibilizado por essa fonte e também por razão dessa fonte apresentar uma maior quantidade de matéria orgânica em relação às outras fontes, e com a mineralização da matéria orgânica, que passa da fase orgânica para inorgânica, fase que o N está disponível para a planta. Assim, o angico por ser uma leguminosa, se destacou com o uso desse resíduo. Já a aroeira teve efeito positivo nas interações aroeira x biocarvão. No entanto, os dois clones não tiveram interação positiva, ou seja, não deferiram estatisticamente nas interações com as fontes de nutrientes (Apêndice 10).

Para a interação espécies x espaçamentos, com exceção da aroeira, que não teve efeito significativo entre interações, as espécies tiveram maior efeito positivo do espaçamento 4 m x 2 m (Apêndice 11). Fato deve ter ocorrido, pela razão de ter um menor número de plantas por área, com isto, um menor concorrência por nutrientes, conseqüentemente um maior aproveitamento.

Já para a interação fontes de nutrientes x espaçamentos, houve interação com valores superiores entre resíduo de tanques de piscicultura x espaçamento 4 m x 2 m e para o sedimento do lago x espaçamento 4 m x 2 m (Apêndice 12). Observa-se que as melhores interações são para o maior espaçamento, como já foi mencionado anteriormente, pois pode estar correlacionado com o número de plantas por área no aproveitamento dos nutrientes.

As demais interações para o N podem ser observadas nos Apêndices de 13 a 15.

Para o P, a única interação significativa entre os fatores foi de espécies x espaçamentos, (aroeira x espaçamento 4 m x 2 m) (Apêndice 16). Este resultado pode ter sido devido ao melhor aproveitamento do P no maior espaçamento, comprovado que o espaçamento é crucial em relação ao estado nutricional das espécies arbóreas, como pode ser comprovado neste trabalho, ou seja, quanto menor for o espaçamento, maior deve ser a quantidade de nutrientes disponível para as espécies florestais. Para Ca (Apêndice 18), houve significância da interação entre o angico x espaçamento 3 m x 2 m. Este resultado pode ter sido devido a boa quantidade de Ca e o melhor aproveitamento pelo espaçamento menor. Para Mg, houve significância das interações aroeira x espaçamento 3 m x 2 m e Clone MA 2000 x espaçamento 4 m x 2 m (Apêndice 19).

4.6 TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES NAS CULTURAS FLORESTAIS

A Tabela 10 mostra os teores médios de nutrientes em folhas das quatro espécies florestais nos diferentes espaçamentos.

Tabela 10- Teores médios de nutrientes em folhas de quatro culturas florestais em diferentes espaçamentos, em um experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.

Nitrogênio (N) (g kg⁻¹)					
Espécies	Fontes de nutrientes			Espaçamentos	
Angico	35,03 a	Sedimentos tanques de peixe	22,87 b		
Aroeira	25,92 b	Sedimentos do lago	27,01 a	3 m x 2 m	22,28 b
MA 2001	18,93 c	Biocarvão	24,30 b	4 m x 2 m	26,47 a
MA 2000	17,71 c	Controle	23,30 b		
Fósforo (P) (g kg⁻¹)					
Espécies	Fontes de nutrientes			Espaçamentos	
Angico	3,00 b	Sedimentos tanques de peixe	2,89 b		
Aroeira	4,90 a	Sedimentos do lago	3,44 a	3 m x 2 m	2,88 b
MA 2001	2,64 b	Biocarvão	3,44 a	4 m x 2 m	3,81 a
MA 2000	2,82 b	Controle	3,61 a		
Cálcio (Ca) (g kg⁻¹)					
Espécies	Fontes de nutrientes			Espaçamentos	
Angico	8,19 a	Sedimentos tanques de peixe	5,40 b		
Aroeira	7,65 a	Sedimentos do lago	5,06 b	3 m x 2 m	5,19 a
MA 2001	2,98 b	Biocarvão	5,92 a	4 m x 2 m	5,58 a
MA 2000	2,72 b	Controle	5,17 b		
Magnésio (Mg) (g kg⁻¹)					
Espécies	Fontes de nutrientes			Espaçamentos	
Angico	1,37 b	Sedimentos tanques de peixe	2,37 a		
Aroeira	2,82 a	Sedimentos do lago	2,33 a	3 m x 2 m	2,44 a
MA 2001	2,69 a	Biocarvão	2,48 a	4 m x 2 m	2,29 b
MA 2000	2,60 a	Controle	2,28 a		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Tabela 10, observa-se que o N é encontrado com maior teor nas folhas do angico (35,03 g/kg⁻¹). Este fato pode ser explicado por se tratar de uma espécie leguminosa capaz de realizar associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, o que ajuda na fixação de N atmosférico e, conseqüentemente, fixação do N por meio da absorção pelas plantas. Outra explicação é que angico, uma espécie nativa pioneira, reserva maior quantidade de energia e nutrientes para estimular o crescimento em altura, como estratégia competitiva. Moura et al. (2006) também encontraram o N como o elemento com os maiores teores na biomassa das folhas da leguminosa *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá), em povoamentos localizados na cidade de Itambé, na região da zona da mata de Pernambuco.

A disponibilidade hídrica no solo é fator de grande valia na extração de nutrientes, principalmente, em nutrientes absorvidos pelo mecanismo de fluxo de massa, como os cátions, principalmente o N (SGARBI, 2002).

Das análises químicas foliares (N, P, Ca e Mg), todos os elementos químicos deferiram estatisticamente entre as espécies. O N, o macronutriente mais demandado e

absorvido em maior quantidade pelas plantas, pois tendo desempenho estrutural, faz parte de inúmeras moléculas e componentes celulares, como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, também afetou a absorção e distribuição de praticamente todos os outros nutrientes (MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA e VIOLANTE NETTO, 1989; MALAVOLTA, 2006), Nesta pesquisa, o valor do N apresentou variação de 17,61 g kg⁻¹, para o clone MA 2000, a 35,03 g kg⁻¹, para o angico.

Os teores de P no material foliar das espécies estudadas variaram de 2,64 g kg⁻¹, para o clone 2001, a 10,5 g kg⁻¹, para aroeira. Resende et al. (2000) também encontraram altas concentrações foliares de P em aroeira, jacaré e ipê amarelo. Assim, pode-se considerar que essas três espécies sejam bastante exigentes em P, o que pode limitar o crescimento em solos de baixa fertilidade.

O solo da área por ser rico em P, com valores considerados muito altos, principalmente camada superficial da profundidade (00 - 30 cm), que foi de 51,00 mg.dm⁻³ (Tabela 2), deve ter facilitado a absorção e o acúmulo de P nas plantas.

As médias dos teores foliares de Ca, para as quatro espécies avaliadas, variaram de 2,72 g kg⁻¹, para o clone MA 2000, até 8,19 g kg⁻¹, para angico. Para Raij (1991), os teores de Ca nas folhas variam entre 0,4 a 4,0%, em plantas normais, sendo que o resultado encontrado na presente pesquisa confirma esta indicação.

Para o Mg, as concentrações exibem diferenças estatísticas apenas no angico, sendo a máxima e mínima concentração encontradas em aroeira (2,82 g kg⁻¹) e angico (1,37 g kg⁻¹).

A ordem decrescente de teores foliares de nutrientes em angico e aroeira foi N > Ca > P > Mg, mas, no clone MA 2001, foi N > Ca > Mg > P e, no clone MA 2000, foi N > P > Ca > Mg.

Na Tabela 10, as espécies nativas angico e aroeira exibiram os maiores teores de todos nutrientes em comparação aos clones de eucalipto, com exceção do Mg, em que o maior valor foi encontrado em aroeira (2,82 g kg⁻¹) e o menor em angico (1,37 g kg⁻¹). Assim, é provável que as espécies nativas sejam nutricionalmente mais exigentes do que os clones de eucaliptos. Contudo, conforme Bison et al. (2009), comumente, os clones de híbridos interespecíficos de eucaliptos tendem a proporcionar maior capacidade de adaptação à diferentes regiões, o que se deve à boas combinações híbridas favoráveis, com complementariedade de características genéticas nutricionais. Portanto, foi evidenciado na presente pesquisa que a complementariedade ocorre também com as características nutricionais, manifestando-se nos clones híbridos, o que é corroborando a pesquisa de Faria et al. (2008), que afirmam que as diferentes capacidades de absorção dos diferentes materiais

genéticos afetam o teor de nutrientes e resultam interação genótipo x ambiente em *Eucalyptus*.

Mesmo que os nutrientes tenham a mesma função fisiológica em vegetais, esses são encontrados em diferentes concentrações e diferentes distribuições em diferentes espécies e indivíduos da mesma espécie, como se pode observar para os clones de eucalipto. Conforme mostrado na Tabela 10, essa variação entre espécies e clones para quase todos nutrientes foliares (P, Ca e Mg), verificando-se a formação de 2 grupos de resultados, e, para N, percebendo-se a formação de três grupos de resultados. Este fato evidencia a heterogeneidade na quantidade de nutrientes encontradas nas análises.

4.7 EFEITO DAS FONTES NUTRITIVAS EM TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES

Na Tabela 10, pode ser visto que todas as fontes nutritivas deferiram significativamente em relação aos teores foliares de nutrientes, com exceção do Mg, que foi similar para todas as fontes de nutrientes.

Em relação ao N, o sedimento do lago foi superior às demais fontes de nutrientes. Este fato que pode ser explicado ao se observar o Apêndice 4 e 5, em que o sedimento apresentou maior quantidade de N em relação às demais fontes nutritivas, e também exibiu elevada quantidade de matéria orgânica.

Para o P, o resultado foi inesperado, pois os resíduos dos tanques de piscicultura apresentaram valores baixos em relação aos demais, que não deferiram estatisticamente. O resíduo dos tanques de peixe teve o valor mais alto de P, como pode ser observado nos (Apêndices 1 e 2), que foi mais de dez vezes a quantidade do sedimento do lago, por exemplo. Tal fato pode ser explicado se a quantidade desse elemento no sedimento não estiver disponível para a assimilação pelas plantas. Veloso et al. (2004) afirmam que a existência de um nutriente no solo, mesmo que, supostamente, em quantidades suficientes, não garante o suprimento para as plantas, já que muitos fatores podem influenciar a absorção do nutriente pelo vegetal.

As médias dos teores de Ca para as diferentes fontes de nutrientes foram bem similares, tendo uma ligeira superioridade para o biocarvão, que diferiu estatisticamente dos demais grupos.

Para o Mg, verifica-se concentrações bem semelhantes não havendo diferenças entre as fontes de nutrientes e controle.

4.8 EFEITO DE ESPAÇAMENTO EM TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES

Pode-se observar, na Tabela 10, com exceção para Ca, que os teores de nutrientes deferiram nos dois espaçamentos.

Como o N é um dos nutrientes que tem efeito direto no crescimento das plantas, poderia se esperar que no espaçamento 3 m x 2 m, em que as espécies florestais apresentassem maior altura média (m), apresentassem teores nutricionais superiores neste espaçamento, em relação ao espaçamento 4 m x 2 m isolado, em que as espécies tiveram menor incremento médio (Figura 5). Este fato pode ser explicado pelo menor número de plantas por área no espaçamento 3 m x 2 m, havendo, conseqüentemente, maior competição pela absorção de N, do que no espaçamento 4 m x 2 m. Esta explicação é corroborada por Furtini Neto et al. (2000), que citam que espécies pioneiras exibem taxa de crescimento relativamente alta em comparação às espécies não pioneiras, apresentando maior resposta à adubação. Assim, nos espaçamentos mais amplos, onde os recursos ambientais (nutrientes, luz e água) estão mais disponíveis, as espécies do grupo das pioneiras, teoricamente, apresentam maior absorção de nutrientes, exibindo maior crescimento das plantas.

A superioridade do teor de P no espaçamento 4 m x 2 m pode ter a mesma explicação, por este nutriente estar associado ao crescimento vegetal. A eficiência nutricional dos genótipos híbridos de eucalipto varia com o ambiente, sendo influenciado pelo sítio e pelo espaçamento (MOLICA, 1992). A importância do P está relacionada à sua participação na síntese de proteínas e no balanço energético da planta, de modo que há relação positiva entre teor de P foliar e taxa de fotossíntese (RAAIMAKERS et al., 1995).

Além da disponibilidade de nutrientes, também é fator importante a proporção adequada entre os nutrientes essenciais, que interfere nas atividades fotossintéticas e no ganho de biomassa (NEVES et al., 2004; BARROSO et al., 2005). Com isto, a relação entre as concentrações de N, P, ou seja, a razão N / P afeta a absorção de nutrientes e o crescimento vegetal. A relação N/P acima de 16 é indicativa de restrição na disponibilidade de P para as plantas (GÜSEWELL, 2004).

Já os teores de Ca foram semelhantes nos dois espaçamentos, mas o Mg foi o único nutriente mais absorvido no espaçamento 3 m x 2 m.

4.9 EFEITO DE CONSÓRCIO EM TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES

Na Tabela 11, encontra-se o resumo das análises de variância realizadas para os teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio para as quatro espécies arbóreas avaliadas nos dois diferentes consórcios.

Tabela 11- Resumo das análises de variância realizadas para os teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio de quatro culturas florestais, em diferentes consórcios, em um experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.

FV	GL	Nitrogênio		Fósforo		Cálcio		Magnésio	
		SQ	F	SQ	F	SQ	F	SQ	F
Fator 1 (F1)	3	1956,79	59,49 **	38,34	23,75 **	540,20	57,62 **	50,10	132,57 **
Fator 2 (F2)	3	242,70	7,38 **	9,18	5,69 **	4,91	0,52 n.s	0,17	0,45 n.s
Fator 3 (F3)	1	284,81	25,98 **	0,03	0,05 n.s	2,70	0,87 n.s	0,06	0,51 n.s
F1 x F2	9	243,77	2,47 *	28,53	5,89 **	41,17	1,46 n.s	1,49	1,32 n.s
F1 x F3	3	446,07	13,56 **	6,26	3,88 *	19,51	2,08 n.s	0,52	1,36 n.s
F2 x F3	3	69,46	2,11 n.s	11,82	7,32 **	13,09	1,40 n.s	0,25	0,67 n.s
F1 X F2 x F3	9	231,70	2,35 *	33,41	6,90 **	21,27	0,76 n.s	1,20	1,06 n.s
Tratamentos	31	3475,30	10,23 **	127,57	7,65 **	642,85		53,80	13,78 **
Resíduo	96	1052,52		51,66		300,03		12,09	
Total	127	4527,81		179,23		942,88		65,89	
Média geral		25,32		3,35		5,88		2,07	
CV(%)		13,08		21,92		30,04		17,14	

Em que: Fator 1 = Espécies; Fator 2 = Fontes de nutrientes; Fator 3 = Consórcios.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nos dois diferentes espaçamentos, o teor de N foi significativo para todos os tratamentos e suas interações. No entanto, para os dois diferentes consórcios, não houveram efeitos significativos para a interação e fontes de nutrientes x consórcios. Para o P, só houve diferença significativa consórcios. Ca e Mg só apresentaram diferença significativa no fator espécies.

Pode ser observado na Tabela 10, que a média geral dos teores dos nutrientes foliares avaliados nas quatro espécies florestais, nos dois consórcios, seguiram a ordem decrescente: N > Ca > P > Mg, que é a mesma ordem para estes mesmos nutrientes nos dois diferentes espaçamentos (Tabela 9).

O valor do coeficiente de variação para cada espécie variou de 13,08 %, para o nitrogênio, que é valor considerado médio para experimento de campo, a 30,04 %, para fósforo, que é valor considerado alto para experimento realizado em campo. Estes valores foram um pouco menores do que os encontrados para estes nutrientes nos diferentes espaçamentos.

Os Apêndices de 20 a 24 apresentam os desdobramentos da análise de variância para o N, com suas fontes de variações, em função dos tratamentos. As interações espécies x

consórcios, o clone MA 2000, no consórcio com o feijão, apresentou diferença significativa, destacando-se entre as demais interações (Apêndices 19). Esse resultado evidencia a importância da consorciação de espécies de rápido crescimento, no caso o eucalipto, com espécies leguminosas fixadoras de N, por exemplo o feijão, utilizado neste trabalho. As demais interações para o N o podem ser observadas nos Apêndices de 20 a 23.

Para o P a interação espécies x fontes de nutrientes, obteve efeito positivo na interação entre o angico x sedimento do lago e para angico x biocarvão, tendo estas duas interações não diferidas entre si (Apêndice 25). Para a interação espécies x consórcios, houve efeito positivo para o clone MA 2000 x consórcio com o feijão (Apêndice 26). Para a interação fontes de nutrientes x consórcios, houve resultado positivo para o sedimento do lago x consórcio com o feijão (Apêndice 27). E nos Apêndices 28 e 29 podem-se verificar os resultados das duas últimas interações do P.

Observa-se na Tabela 11, que a maior concentração do N foi registrada na espécie de leguminosa angico, $31,96 \text{ g kg}^{-1}$, e a menor foi observada no clone MA 2000, $21,85 \text{ g kg}^{-1}$. O maior teor de P foi encontrado em aroeira, $4,22 \text{ g kg}^{-1}$.

Verifica-se que os teores de N nos dois clones foram bem superiores no consórcio do que no plantio isolado nos dois espaçamentos. Este fato pode ser explicado pela consorciação com feijão, que é uma espécie leguminosa, apresentando facilidade para obtenção e fixação de N do solo.

Malavolta et al. (1997) citam as faixas adequadas da concentração em folhas de *Eucalyptus grandis* (g.kg^{-1}), associados a altas produtividades, foram: N = 21 a 23; P = 1,3 a 1,4; K = 9 a 10; Ca = 5 a 6; Mg = 2,5 a 3 e S = 1,5 a 2,5. Neste trabalho, em relação as espécies nos diferentes consórcios, o teor de N e Ca foram baixos comparados aos valores dos autores supracitados. Já para as espécies nos diferentes consórcios, o N está na faixa adequada, o Ca está abaixo, o Mg está quase na faixa ideal e o P apresentou teor bem mais alto, comprovando o alto teor de P no solo da área desta pesquisa. Schonau e Herbert (1982) consideram que o teor de P das folhas de $1,7 \text{ (g.kg}^{-1})$ seja adequado para o desenvolvimento das plantas de *Eucalyptus grandis*, com idades entre 6 a 36 meses. Em diversas condições da África do Sul, o teor ótimo de P é entre 1,5 e 1,6 (g.kg^{-1}) (SCHONAU, 1983).

Diferenças em aspectos nutricionais, entre clones de mesma espécie, mas com procedências diferentes, têm sido observadas nas literaturas (SANTANA et al. 2002; CALDEIRA et al. 2002). No presente estudo, observou-se que o material genético dos dois clones apresentou diferença significativa nos teores nutricionais de N e P. Este resultado pode estar relacionado ao nível de intensidade de seleção genética para crescimento aplicado aos

clones, sendo que a seleção mais intensa para crescimento pode intensificar a exigência nutricional.

Nos diferentes espaçamentos, o Ca alcançou o seu maior teor em angico. Contudo, sob condições de consórcio, esse teor foi superior na aroeira, $8,62 \text{ g kg}^{-1}$, uma espécie exigente em fertilidade do solo, seguido por angico, $7,11 \text{ g kg}^{-1}$. Mendonça et al. (1999) observaram que a omissão de N, P, K, Ca e Mg foram limitantes ao desenvolvimento das plantas de aroeira, enquanto a omissão de Cu, Fe, Mn e Zn não afetou o crescimento das mudas até o quarto mês após a repicagem.

O Mg teve o menor teor no angico, sendo maior na aroeira, $2,63 \text{ g kg}^{-1}$, seguida pelos clones de eucalipto, que não diferiram estatisticamente entre si.

Em um experimento com aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), na cidade de Ilha Solteira - SP, Oliveira et al (1999) realizaram dois plantios, um no espaçamento 3 m x 3 m e consórcio com mutambo e angico do mato e outro a pleno sol, em plantio isolado no espaçamento 3 m x 1,5 m, com o objetivo de avaliar as principais características nutricionais da espécie, aos 26 meses de idade. Esses autores obtiveram os seguintes resultados: Para o consórcio N = $19,24 \text{ g kg}^{-1}$; P = $1,92 \text{ g kg}^{-1}$; Ca = $12,73 \text{ g kg}^{-1}$ e Mg = $3,88 \text{ g kg}^{-1}$, com coeficiente de variação de 5,78%; 22,86%; 19,35% e 19,18 % respectivamente. Para o plantio isolado: N = $20,45 \text{ g kg}^{-1}$; P = $1,46 \text{ g kg}^{-1}$; Ca = $10,06 \text{ g kg}^{-1}$ e Mg = $2,81 \text{ g kg}^{-1}$, com coeficiente de variação de 4,21 %; 28,07 %; 22,67 % e 16,07 %, respectivamente. Nesta pesquisa os teores de N e P foram maiores, tanto nos diferentes espaçamentos, quanto nos consórcios. Contudo, obteve o menor teor de Ca e Mg e, no geral, com maior coeficiente de variação do que no trabalho supracitado.

Assim, as ordens decrescentes dos teores dos nutrientes foliares para angico e aroeira e os dois clones de eucalipto em consórcios foram: N > Ca > P > Mg. Com isto, observa-se que todas as espécies seguiram as mesmas ordens nos teores de nutrientes foliares.

Os desempenhos dos nutrientes são iguais para todas as espécies, embora apresentem composições, estruturas morfológicas e ciclos de vida bem distintos. Assim, naturalmente, a concentração de determinado nutriente é, possivelmente, relacionada ao preponderante fator ambiental e estratégia de sobrevivência e perpetuação das espécies. Com isto, Silva et al. (1998) citam que, nos estágios iniciais de crescimento, a maior parte dos nutrientes está contida nas folhas jovens, mas, à medida que as folhas ficam mais velhas, a massa seca e o teor de nutrientes varia, especialmente em função da mobilidade e do consumo de cada nutriente.

4.10 EFEITO DAS FONTES NUTRITIVAS EM TEORES FOLIARES SOB CONSÓRCIO

Na Tabela 11, observa-se que apenas o N e o P apresentaram diferenças significativas.

Este fato é interessante em relação ao N, pois o melhor resultado ocorreu na testemunha. Assim, as fontes de nutrientes não influenciaram positivamente o teor foliar sob consórcio e isto pode estar associado à maior competição por N da cultura arbórea com a cultura agrícola ou forrageira.

Já para o P, o melhor teor foi encontrado com o uso do biocarvão, mas as outras fontes de nutrientes não deferiram entre si. Esperava-se que o maior valor poderia ser alcançado pelo sedimento dos tanques de piscicultura, em razão do seu alto teor em sua composição química (Apêndice 1 e 2). Assim, os resultados para as fontes de nutrientes, nos diferentes consórcios, foram bem distintos em relação aos diferentes espaçamentos, ocorrendo que as espécies arbóreas respondem diferentemente no aspecto nutricional sob influência dos consórcios.

Tabela 12- Concentração média de nutrientes nas folhas das quatro culturas florestais em diferentes consórcios em um experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.

Nitrogênio (N) (g kg⁻¹)					
Espécies	Fontes de nutrientes			Consórcios	
Angico	31,96 a	Sedimentos tanques de peixe	24,15 b		
Aroeira	23,94 b	Sedimentos do lago	24,28 b	Feijão	26,82 a
MA 2001	23,55 b	Biocarvão	25,29 b	Capim	23,83 b
MA 2000	21,85 c	Controle	27,58 a		
Fósforo (P) (g kg⁻¹)					
Espécies	Fontes de nutrientes			Consórcios	
Angico	2,82 c	Sedimentos tanques de peixe	3,31 b		
Aroeira	4,22 a	Sedimentos do lago	3,06 b	Feijão	3,36 a
MA 2001	2,95 c	Biocarvão	3,78 a	Capim	3,33 a
MA 2000	3,39 b	Controle	3,24 b		
Cálcio (Ca) (g kg⁻¹)					
Espécies	Fontes de nutrientes			Consórcios	
Angico	7,11 b	Sedimentos tanques de peixe	5,96 a		
Aroeira	8,62 a	Sedimentos do lago	6,07 a	Feijão	5,74 a
MA 2001	3,99 c	Biocarvão	5,95 a	Capim	6,03 a
MA 2000	3,81 c	Controle	5,55 a		
Magnésio Mg (g kg⁻¹)					
Espécies	Fontes de nutrientes			Consórcios	
Angico	1,01 c	Sedimentos tanques de peixe	2,12 a		
Aroeira	2,63 a	Sedimentos do lago	2,04 a	Feijão	2,09 a
MA 2001	2,24 b	Biocarvão	2,03 a	Capim	2,04 a
MA 2000	2,40 b	Controle	2,09 a		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Pode-se observar, na Tabela 11, que o único elemento químico que apresentou diferença estatística nos consórcios foi o N. Este obteve o melhor resultado para o consórcio com o feijão. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que o feijão é uma espécie leguminosa, com mais facilidade na obtenção de fixar N no solo. Gama-Rodrigues et al. (2007) constataram que a introdução de leguminosas como plantas de cobertura elevou a qualidade de resíduos, elevando o suprimento de N, O e Ca ao solo. Em consórcio com o capim, as espécies arbóreas competem por N com esta espécie forrageira.

5 CONCLUSÕES

A incorporação ao solo de fontes de nutrientes ricas em matéria orgânica, resíduos de tanques de piscicultura, sedimentos do lago, no momento e após o plantio, melhoram significativamente o crescimento das plantas, resultando maiores médias em altura quando comparadas com os tratamentos sem adubação.

Os resíduos dos tanques de piscicultura e sedimentos do lago de Itaparica, por serem ricos em matéria orgânica, com boas concentrações de N e P, são boas alternativas para serem usados como fertilizantes em sistemas agroflorestais, silvicultura e na agricultura.

As maiores médias em altura das culturas florestais foram alcançadas no espaçamento 3 m x 2 m.

Os consórcios com a espécie agrícola e a espécie forrageira não afetaram negativamente o crescimento em altura das culturas florestais: aroeira, angico e dois clones de eucalipto, e elevaram a produtividade.

Os teores de nutrientes nas folhas confirmam a hipótese de que a aplicação das fontes de nutrientes no solo, no momento e após o plantio, melhoram o estado nutricional das culturas florestais, principalmente em relação ao nitrogênio.

As culturas florestais nativas angico e aroeira apresentaram, em geral, maiores teores de nutrientes foliares, em comparação aos dois clones MA 2001 e MA 2000, aparentando terem maiores exigências nutricionais.

Quando se tem um menor espaçamento no plantio das espécies, maior deve ser a quantidade das fontes de nutrientes disponibilizadas no plantio e/ou após o plantio.

A sequência decrescentes de teores nutricionais encontrados nas folhas das culturas florestais angico, aroeira e clone MA 2000, nos diferentes espaçamentos, foi $N > CA > P > Mg$ e a sequência decrescente para o Clone MA 2001 foi $N > Ca > Mg > P$. Nos diferentes consórcios, a sequência decrescente de teores foliares das culturas florestais foi $N > Ca > P > Mg$. Esses resultados confirmam a maior utilização de N.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA-MARTÍNEZ, V. et al. Long-term soil microbial community and enzyme activity responses to an integrated cropping-livestock system in a semi-arid region. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v.137, p. 231–240, 2010. Disponível em: < http://ac.els-cdn.com/S0167880910000563/1-s2.0-S0167880910000563-main.pdf?_tid=9a004ae0-944b-11e5-9125-00000aab0f02&acdnat=1448548993_7b560853935339368a6d8efb9f2bd135>. Acesso em: 15 abri. 2013
- ALVES, J. J.A. Geocologia da caatinga no semiárido do Nordeste brasileiro. CLIMEP: **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v.2, n.1, p. 58-71, 2007.
- ANDRADE, C.M.S. de et al. Árvores de Baginha (*Stryphnodendron guianense* (Aubl.) Benth) em ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.574–582, 2002.
- ANDREOLA, F. et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.867-874, 2000. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v24n4/18.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2015.
- APARÍCIO, P. S. et al. Controle da mata competição em plantios de dois clones de *Eucalyptus urograndis* no Amapá. **Ciência Florestal**. v. 20, p. 381-390, 2010.
- BALBINO, L.C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v. 46, p. i, 2011.
- BENITES, V.M. et al. Matéria orgânica do solo. In: Wadt, P.G.S. (Eds). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco. EMBRAPA, Rio Branco, AC. p. 93-119, 2005.
- BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.77-87, 2009.
- BERNARDI, A.C.C.; MACHADO, P.L.O.A.; SILVA, C.A. Fertilidade do solo e demanda de nutrientes no Brasil. In: Manzatto, C.V.; Freitas Júnior, C.; Peres, J.R.R. (Eds). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ. p. 61-78, 2002.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, p.73-85, 1974.
- BODDEY, R. M. et al. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.103, n. 2, p.389-403, 2004. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788090300447X>>. Acesso em: 15 ago. 2015.
- BARROSO, D. G. et al. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.5, p.:671-679, 2005.

- BERNARDO, A. L. Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp. sob diferentes espaçamentos na região do cerrado de Minas Gerais. 1995. 102 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BERTONI, J. E. A.; 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**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 31-38, 2007.
- BISON, O. et al. Dialelo parcial entre clones de *Eucalyptus camaldulensis* e clones de *E. urophylla*, *E. grandis* e *E. saligna*. **Revista Árvore**, v. 33, p. 395-402, 2009.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO R. M.; SCHUMACHER, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.5, p.615-620, 2002.
- CALDEIRA, M.V.W. et al. **Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha**. Scientia Agraria, Curitiba, v.9, n.1, p.27-33, 2008.
- CAMPANHA, M.M. et al. Estrutura da comunidade vegetal arbóreo-arbustiva de um Sistema Agrossilvipastoril, em Sobral, CE. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 94-101, 2011.
- CARVALHO, M.M. et al. C. (Ed.). Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, p., 105-136, 2007.
- CARVALHO, J.E.U. Utilização de espécies frutíferas em sistemas agroflorestais na Amazônia: capital social na concepção de políticas públicas: a importância Caderno de Pesquisa, **Série Biologia**, Volume 22, número 1, 2006.
- CHAUDHARY, M. I. et al. The effect of phosphorus deficiency on nutrient uptake, nitrogen fixation and photosynthetic rate in mashbean, mungbean and soybean. **Acta Physiologia e Plantarum**, 30: 537-544, 2008.
- CAMPOS, M. L.; MARCHI, G.; LIMA, D. M.; SILVA, C. A. Ciclagem de nutrientes em florestas e pastagens. Boletim Agropecuário, n. 65, p. 1-61. Lavras, MG. 2006.
- CANAVESI, V. Quantificação de macronutrientes em floresta ombrófila mista montana utilizando dados de campo e Dados obtidos a partir de imagens do satélite ikonosII. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- CARDOSO, E. L., et al. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n. 9, p.1028-1035. 2010. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n9/a13v45n9.pdf>>. Acesso em: 5 agos. 2015.
- CARLINI, E. A.; DUARTE-ALMEIDA, J. M.; RODRIGUES, E.; TABACH, R. Antiulcer effect of the pepper trees *Schinusterebinthifolia* Raddi (aroeira-dapraia) and *Myracrodruon urundeuva* Allemão, Anacardiaceae (aroeira-dosertão). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 140-146, abr./maio 2010.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, **DF:EMBRAPA-SPI**, pag. 639, 1995.

CASALS, P.; ROMERO, M. J; RUSCH, G.M. Ibrahim M. Soil organic C and nutrient contents under trees with different functional characteristics in seasonally dry tropical silvopastures. **Plant and Soil**. v. 374, n. 1, p. 374:643–659, 2014. Disponível em: < <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-013-1884-9>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S.C. Boas práticas para a implantação de sistemas silvipastoris. **Comunicado técnico**, ISSN 1678-3123, EMBRAPA, 6p. 2006.

CECCON, E. Restauración en bosques tropicales: **fundamentos ecológicos, prácticos y sociales**. Primera Edición edn. CRIM UNAM-Díaz de Santos, México, D. F., 2013.

CHAER, G.M.; RESENDE, A.S.; CAMPELLO, E.F.C.; DE FARIA S.M.; BODDEY RM.. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiol** 31:139–149, 2011.

DE MARIA, I.C.; KOCSSI, M.A. & DECHEN, S.C.F. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. **Bragantia**, 66:291-198, 2007.

DIAS, L. E.; FARIA, S. M.; FRANCO, A. A. Crescimento de mudas de *Acacia mangiuns* Wild, em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**, v. 18, n. 2, p. 123-131, 2007^a..

DIAS, P. F. et al. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola crescido em consórcio. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 37, n. 2, p.352-356, 2007b. Disponível em:

< <http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n2/a09v37n2.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2015

DOWNIE, A.; CROSKY, A.; MUNROE, P. Physical Properties of Biochar. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S (ed). **Biochar for Enviromental Management: Science and Technology**. 1. Ed.Londres: earthscan, 2009. 416 p.

DUTRA, S.; VEIGA, J. R.; MANESCHY, R. Estrutura de sistemas silvipastoris na região nordeste paraense. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Belém. Embrapa Amazônia Oriental. 2007. 25 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 64). Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/409449>>. Acesso em: 20 jul. 2015

EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife Embrapa Solos, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. Ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2^a ed. Brasília, Embrapa, 2009. 627p.

EPSTEIN, E. BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas – princípios e perspectivas**. 2 ed. Editora Planta: Londrina, 403p, 2005.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. 186f. Curso de pós-graduação “lato sensu” (especialização) à distância solos e meio ambiente. Universidade Federal de Lavras – UFLA, fundação de apoio ao ensino, pesquisa e extensão FAEPE lavras – MG. 2005.

- FANG Y et al. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in china, **J. Agr. Food Chem.** 56, 2079–2084, 2008.ar
- FARIA, G.E. et al. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. no vale do Jequitinhonha, MG. **Ciência Florestal**, 18(3): 363-373, 2008.
- FERNANDES, P. et al. *Leucaena macrophylla*: an ecosystem services provider? **Agroforestry Systems**. Amsterdam v. 89, p.163–174, 2015.
- FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Sociedade Botânica do Brasil**. 2004.
- FOLEY, J.A. et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature**. v. 478, p. 337–342, 2011. Disponível em: < <http://www.nature.com/nature/journal/v478/n7369/pdf/nature10452.pdf>>. Acesso em: 5 abri. 2015.
- FREITAS, E. C. S. et al. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG. v.37, n. 3, p.409-417, 2013. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v37n3/a04v37n3.pdf>>. Acesso em: 9 ago. 2015
- FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Org.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, v.1, p.352-383, 2000.
- GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1421-1428, 2007.
- GIRALDO, C. et al. The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. **Insect Conservation and Diversity**. v.4, n. 2, p.115–122. 2010. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1752-4598.2010.00112.x/pdf>>. Acesso em: 5 maio 2015.
- GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions of the Royal Society B - Biological Sciences**. v. 362, p. 187-196, 2007. Disponível em:< <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2311424/pdf/rstb20061978.pdf>>. Acesso em: 7 ago. 2015
- GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soil in the tropic with charcoal – a review. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 35, n. 4, p. 219-230. 2002. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00374-002-0466-4>>. Acesso em: 1 jul. 2015
- GONÇALVES, J. M. L. et al. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo e sua fertilidade e nutrição das árvores. In: BENEDETTI, V.; GONÇALVES, J. M. L. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. Cap.1, p. 1-57.

GRACIANO, C.; GUIAMET, J. J.; GOYA, J. F. Fertilization and water stress interactions in young *Eucalyptus grandis* plants. **Canadian Journal of Forest Research**, 36: 1028-1034, 2006.

GUO, L.; LI, Z. Effects of nitrogen and phosphorous from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. **Aquaculture**, v.226, p.201-212, 2003.

GÜSEWELL, S.N. N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. **New Phytologist**, 164: 243-266, 2004.

HAAKANSON, L., ERVIK, A, MAKINEN, T. et al. 1988. Basic concepts concerning assessment of environmental effects of marine fish farms. Copenhagen: **Nordic Council of Ministers**, 1988.

HARTEMINK, A. E.; VELDKAMP, T.; BAI, Z. Land cover change and soil fertility decline in tropical regions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32: 195- 213, 2008.

IPCC. INTERNATIONAL PANEL CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007: The Physical Science Bases**. IPCC conference 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>. Acesso em 16/08/2015.

JANGID, K. et al. Land-use history has a stronger impact on soil microbial community composition than aboveground vegetation and soil properties. **Soil Biology and Biochemistry**. v.43, n. 10. p. 2184–2193, 2011. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0038071711002525/1-s2.0-S0038071711002525-main.pdf?_tid=87389ba2-9454-11e5-8b7b-00000aab0f6c&acdnat=1448552827_c7828c7bb21a4a01414b22eadae1f4ad>. Acesso em: 20 maio 2015.

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

KÄMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2.ed.. Agro Livros, 2005.

KLEINPAUL, I.S. et al. Plantio Misto de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em Sistema Agroflorestal: I - Produção de Biomassa. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 621-627, 2010.

KRUSCHEWSKY, G.C.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; OLIVEIRA, T.K. de. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp., em sistema agroflorestal no Cerrado. *Cerne*, v.13, p.360-367, 2007.

KAUR, B.; GUPTA, S.R.; SINGH, G. Soil carbon microbial activity and nitrogen availability in agroforestry systems on moderately alkaline soils in Northern India. **Applied Soil Ecology**, v.15, n. 3, p.283-294, 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139300000792>>. Acesso em: 5 ago. 2015.

KHATTREE, R.; NAIR, D. N. **Applied multivariate statistics with SAS software**. 2 ed. Cary, NC: SAS Institute, 1999. 340 p.

KOOKANA, R.S. et al. Biochar application to soil: agronomic and environmental benefits and unintended consequences. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 112, p. 103-143, 2011. Disponível em: <<http://e-publications.une.edu.au/1959.11/16212>>. Acesso em: 1 jul. 2015.

LEITE, F. P. et al. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 313-321, 1997.

LEITE, L. F. C. et al. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, p. 258-265, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Plantarum Ltda, Nova Odessa São Paulo. 1992.

LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems - a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Netherlands, v. 11, n. 2, p. 403-427, 2006. Disponível em: <<http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/publ/MitAdaptStratGlobChange%2011,%20403-427,%20Lehmann,%202006.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2015.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for Environmental Management: An Introduction. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (ed). **Biochar for Environmental Management: Science and Technology**. 1. Ed. earthscan, Londres, p. 4-18, 2009. Disponível em: <http://www.biochar-international.org/images/Biochar_book_Chapter_1.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2015

LEHMANN, J. et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, The Hague, v. 249, n. 2, p. 343-357, 2003. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1022833116184>>. Acesso em: 1 ago. 2015.

LEMOS DA SILVA, M. C. **Procedimentos para análise de fertilidade do solo**. In: FIGUEIREDO, M. V. B. Manual de práticas laboratoriais: um guia para pesquisa. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, cap. 20, p. 369- 382. 2013.

LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. Editora da Universidade de São Paulo, 2. ed., 1996, 303p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.

LOSS, A. et al. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p.913-922, 2010. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000400018>>. Acesso em: 12 jun. 2015

LOSS, A. et al. Atributos físicos e químicos do solo em sistemas de consórcio e sucessão de lavoura, pastagem e silvipastoril em Santa Teresa, ES. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1347-1357, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22079/14978>>. Acesso em: 12 jun. 2015

MADARI, B. E. et al. **Comunicado Técnico 125**. Goiânia, GO: Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. 4 p. 2006.

MAIA, S. M. F. et al. de. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v.30, p.837-848, 2006.

MAJOR, J. et al. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna Oxisol. **Plant and Soil**, v. 333, n. 1, p. 117–128, 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-010-0327-0>>. Acesso em: 1 ago. 2015.

MALAVOLTA, E. Importância da adubação na qualidade dos produtos/função dos nutrientes na planta. In: SÁ, M. C. de.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, p 19 - 44,1994.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 220p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora: CERES. 2006. 638p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C. e OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ªed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTI NETTO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e abubação dos citros**. Piracicaba: POTAFOS-Associação Brasileira para a Pesquisa da Avaliação da Potassa e do Fosfato, 1989. 153p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. Ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher plants**. 2 ed. Londres: Academic Press, 889p, 1995.

MARTINOTTO, C. et al. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, DF, v. 47, n. 1, p. 22-29, jan. 2012.

MAUCHLY, J. W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. **Annals of Mathematical Statistics**, Beachwood,OH,v. 11, n.2, p. 204-209, 1940.

MELOTTO, A et al. da. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, v.33, p.425-432, 2009.

MELO, J. T.; ZOPY, J. L. F. Espécies para arborização de pastagens. **Comunicado Técnica**, Planaltina: Embrapa-CPAC, n. 113, 2004. 4.p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/898819/1/Especiesparaarborizacaodepastagens.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2015.

MENDONÇA, A.V.R. et al. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira do sertão). **Cerne**, Lavras, v.5, n.2, p.:65-75, 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa n.º. 006 de 23 de setembro de 2008**. Disponível em:<http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/MMA_IN_N_6.pdf>. Acesso em 20 abr.2015.

MOLICA, S.G. Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1992. 120p. (**Tese de Doutorado**).

MORAES SÁ, J.C. et al. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil e Tillage Research**, Amsterdam, v.104, p.56-64, 2009.

MOURA, O. N. et al. Distribuição de biomassa e nutrientes na área de Mimosa caesalpiniaefolia Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.6, p.877-884, 2006.

MOLINE, E.F.V. et al. Efeito da aplicação de biocarvão, cama de frango e formulado NPK no estado nutricional foliar de laranjeira em Terra Mulata. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 362-369, 2015. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22298/16111>> Acesso em: 15 agosto. 2015.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA 729p. 2006.

MORO, L. Exportação de nutrientes em povoamentos de Pinus taeda L. baseada em volume estimado pelo sistema sispinus. 130f Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MURGUEITIO E.R. et al. Intensive silvopastoral systems (ISPS), mitigation and adaptation tool to climate change. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, 17(3): 501 – 507, 2014.

NAIR, P.K.R. **Agroforestry systems in the tropics**. London: Kluwer, pag. 664. 1988.

NAIR, P.K.R. et al. Nutrient cycling in tropical agroforestry systems. **Agroforestry in sustainable agricultural systems**. Advances in agroecology. CRC Press, Washington DC. 1998.

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

NEMEC, A. F. L. **Analysis of repeated measures and time series: an introduction with forestry examples**. Victoria, B.C. Work, 1996, 90p.

NETER, J.; WASSORMAN, W.; KUTNER, M. **Applied linear statistical models**. 3.ed. Editors Donnelley & Sons Company, 1990. 1181p.

NEVES, O.S.C. et al. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, 28: 343-349, 2004.

NUNES, Y. R. F. et al. Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão - Anacardiaceae): Fenologia e germinação de sementes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.233-243, 2008.

OLIVEIRA, M. C.; PEREIRA, D. J. S. RIBEIRO, J. F. **Manual de Viveiro e Produção de Mudas – Espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Embrapa. Brasília. 2012.

OLIVEIRA NETO, S. N., PAIVA, H.N. Implantação e manejo do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril. In: Oliveira Neto, S. N., Vale, A.B., Nacif, A.P., Vilar, M.B., Assis, J.B. (Ed.). Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta. Viçosa: **Sociedade de Investigações Florestais**, p.15-68, 2010.

OLIVEIRA NETO, S.N.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F. Eucalipto: as questões ambientais e seu potencial para Sistemas Agrossilvipastoris. In: FERNANDES, E.N.; CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S. et al. **Sistemas Agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Embrapa Gado de Leite: Juiz de Fora, 2007. p.245-282.

PACIULLO, D.S.C. et al. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40, 270-276, 2011.

PULROLNIK, K.; et al. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, n. 5, p. 1125-1136, 2009.

OLIVEIRA, F.L.R. et al. Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **CERNE**, v. 21, n. 2, p. 227-233, 2015.

OLIVEIRA, S. A. et al. Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. I – Aspectos silviculturais. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 155-166, 2000.

OLIVEIRA, S.A.; MORAES, M.L.T.; BUZETTI, S. Aspectos nutricionais da variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. sob diferentes condições de cultivo. **Floresta**, v.29, n.12, p.3-14 1999.

OLIVEIRA, T. K. et al. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 01, 2010.

OLIVEIRA, A. D. ; SCOLFORO, J.R.S.; SILVEIRA, V. de P. Análise econômica de um sistema agro-silvo-pastoril com eucalipto implantado em região de Cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v.10, p.1-19, 2000. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v10n1/art1v10n1.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2015

OLIVEIRA, T.K. et al. **Sugestões para a implantação de sistemas silvipastoris**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, Documentos, 84, 2003. 28p. Disponível em: <<http://iquiri.cpafac.embrapa.br/pdf/doc84.pdf>>. Acesso em: 5 maio 2015

OMIL, B.; PIÑEIRO, V.; MERINO, A. Soil and tree responses to the application of wood ash containing charcoal in two soils with contrasting properties. **Forest Ecology and Management**, v. 295, p.199–212, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112713000686>> Acesso em: 15 ago. 2015.

PACIULLO, D.S.C .et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.573-579, 2007.

PAGIOLA, S. et al. Paying for the environmental services of silvopastoral practices in Nicaragua. **Ecological Economics**. v. 64, n. 2, p. 374–385, 2007. Disponível em:

< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800907002716>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

PASSOS, C.A.M. **Aspectos gerais dos sistemas agroflorestais**. Cuiabá: Editora da Universidade/UFMT, 2003.

PERRONI-VENTURA, Y.; MONTAÑA, C.; GARCÍA-OLIVA, F. Carbonnitrogen interactions in fertility island soil from a tropical semiarid ecosystem. **Functional Ecology**. 24: 233-242, 2010.

PETTER, F.A. et al. Soil fertility and upland rice yield after biochar application in the Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.5, p.699-706, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2012000500010&script=sci_arttext>. Acesso em: 1 ago. 2015.

PLUCHON, N.; GUNDALE, M. J.; NILSSON, M. C.; KARDOL, P.; WARDLE, D. A. Stimulation of boreal tree seedling growth by wood-derived charcoal: effects of charcoal properties, seedling species and soil fertility. **Functional Ecology**, v. 28, p. 766–775, 2014.

POGGIANI, F.; GUEDES, M.C.; BENEDETTI, V. Aplicabilidade de biossólidos em plantações florestais: I. Reflexo no ciclo dos nutrientes. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA, p.63-178, 2000. Disponível em:< >. Acesso em: 16 de abr. 2015.

PRAJAPATI, K., MODI, H.A. The importance of potassium in plant growth – A review. **Indian Journal of Plant Sciences**, India, 1(2-3):177-186, 2012.

QUEIROZ, M. M.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N. ; FERREIRA, M. A. . Comportamento de materiais genéticos de eucalipto em Paty do Alferes, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 16, p. 01-10, 2009.

RADOMSKI, M. I.; RIBASKI J. Sistemas Silvopastoris: Aspectos da Pesquisa com Eucalipto e Grevílea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Colombo. Embrapa Florestas. **Documentos** 191, 39 p., 2009. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60111/1/Doc191.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2015.

ROSCHEER, C. et al. Complementary nitrogen use among potentially dominant species in a biodiversity experiment varies between two years. **Journal of Ecology**, v. 96, n. 3, p. 477–488, 2008. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2745.2008.01353.x/epdf>>. Acesso em: 15 maio 2015.

SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. **Matéria orgânica do solo no bioma caatinga**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 419-441.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT User's Guide, Version 8**, Cary, NC: SAS Institute Inc. 1999.

SANTALLA, M. et al. Effectiveness of wood ash containing charcoal as a fertilizer for a forest plantation in a temperate region. **Plant Soil**, v. 346, p.63–78, 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-011-0794-y>>. Acesso em: 2 ago. 2015.

SELLE, G.L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**. v.23, n.4, p.29-39, 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/6912/4577>>. Acesso em: 26 jun. 2015.

SEDNET. **European Sediment Research Network. Sediment, a vulnerable resource that needs Europe's attention.** 6p. 2004. Disponível em: <http://www.sednet.org/download/Broch_sediment_a_valuable_resource.pdf>. Acesso em mar de 2016.

SGARBI, F. 2002. Produtividade do *Eucalyptus* sp. em função do estado nutricional e da fertilidade do solo em diferentes regiões do Estado de São Paulo. 2002. **Dissertação Mestrado**, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo. 114 pag.

SILVA, A.C.; SANTOS, A.R.; PAIVA, A.V. Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (clone) e em acúculas de *Pinus oocarpa*. **Revista Universidade Alfenas**, v.4, p.11-18, 1998.

SILVA, A.S. et al. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *brachiaria decumbens* após Implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 37:502-511, 2013.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. A. **ASSISTAT**, Assistência estatística. Versão 7,7 beta 2014.

SILVA, J. M. S. da. Estudo silvicultural e econômico do consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas sob diferentes espaçamentos em áreas acidentadas. 1999. 115 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS (SNIF). **As florestas plantadas.** Disponível em <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/asflorestas-plantadas>> . 13 abr. 2015.

SOARES, A.B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.

SOTELO REYES, M. Efecto de las características y rasgos funcionales de los árboles en la intercepción y distribución de la radiación solar y la temperatura ambiental durante la época lluviosa en pasturas de Rivas, Nicaragua. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, p. 74, 2012.

SOUSA, L.F. et al.. Nutritional evaluation of “Braquiaraço” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems** 79:179–189, 2010.

SOUZA, A. R. **Procedimentos para análise física do solo.** In: FIGUEIREDO, M. V. B. Manual de práticas laboratoriais: um guia para pesquisa. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, cap. 20, p. 361-367. 2013.

STURION, J.A.; BELLOTE, A.F.J. **Implantação de povoamentos florestais com espécies de rápido crescimento.** In: GALVÃO, A. P. M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, p.209–219. 2000.

TAIZ, L., Zieger, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 719p, 2004.

SOLLA-GULLON, F. et al. A. Nutritional status and growth of a young *Pseudotsuga menziesii* plantation in a temperate region after application of wood-bark ash. **Forest Ecology and Management**, v. 237, n. 1-3, p. 312–321, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112706009510>>. Acesso em: 1 jul. 2015.

SOUZA, C.A. et al. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.243-249, 2006. Disponível em:<<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/1905/1149>>. Acesso em: 6 ago. 2015.

THEODORO, S. H. et al. **Estudos e Estratégias para a Utilização de Sedimentos Acumulados nos Reservatórios de Hidrelétricas de Forma a Resolver Conflitos socioambientais**.2004. Disponível em: <<http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20090925110408-5.pdf>> . 13 dez. 2015.

THEODORO, S.H. et al., The use of accumulated sediments in the Tucuruí and Três Marias dams to recover degraded soils. In: GUNKEL, G; SOBRAL, M.C.S. (ed), **Reservoir and river basin management: exchange of experiences from Brazil, Portugal and Germany**. Berlin, Universitätsverlag der TU Berlin, p. 211-225, 2007.

TILMAN, D. et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 108, n.50, p. 20260–20264, 2011. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/108/50/20260.full.pdf>>. Acesso em: 15 jul 2015.

TOLEDO, R.E.B.. et al. Comparação dos custos de quatro métodos de manejo de *Brachiaria decumbens* Stapf em área de implantação de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**. V.20, n.3, p.319-330, 1996.

TRAZZI, P. A., Uso do biocarvão na produção de mudas e no crescimento inicial de *Pinus taeda* L. / Paulo André Trazzi. – 2014 117 f.: il. **Tese** (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias.

URIBE, C. et al. Grazing, tilling and canopy effects on carbon dioxide fluxes in a Spanish dehesa. **Agroforestry. Systems**. 89:305–318, 2015.

VALLEJO, V.E. et al. Effect of land management and *Prosopis juliflora* (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in intensive silvopastoral systems of Colombia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 150, p. 139-148, 2012. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880912000370>>. Acesso em: 3 ago. 2015

VELOSO, C.A.C.; ARAUJO, S.M.B.; VIEGAS, I.JM.; OLIVEIRA, R.F. Amostragem de plantas para análise química, informativo técnico. EMBRAPA. n.121, 2004.

VIEIRA, D.L.M; HOLL, K.D; PENEIREIRO, F.M. Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. **Restoration Ecology** 17(4):451–459, 2009.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental das florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.

VITTI, G. C., LIMA, E., Cicarone, F. Cálcio, magnésio e enxofre. Nutrição mineral de plantas. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 299-325, 2006.

VERHEIJEN, F. et al. **Biochar application to soils:** a critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions. EUR 24099 EN. Luxembourg: Office for the Official Publications of the European Communities, 2010. 149p. Disponível em: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/other/EUR24099.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2015.

XU, G. et al. Recent advances in biochar applications in agricultural soils: benefits and environmental implications. **Clean - Soil, Air, Water** v. 40, n. 10, p.1093–1098, 2012. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/clen.201100738/pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2015

WALTER, K.; GUNKEL, G; GAMBOA, N., An assessment of sediment reuse for sediment management of Gallito Ciego Reservoir, Peru. **Lakes & Reservoir: Research and Management**, v.17, p. 310-314, 2012.

WENDLING, B.; MENDONÇA, E.S.; VINHAL-FREITAS, I.C. Mudanças no carbono e nitrogênio em diferentes compartimentos da matéria orgânica sob sistema agrosilvipastoril. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v. 21, n. 4, p. 643-655, 2011. Disponível em: <<http://cascavel.cpd.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/4509/2670>>. Acesso em: 12 ago. 2015

WANG, Q.; WANG, S.; HUANG, Y. Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. **Forest Ecology and Management**, v.255, p.1210–1218, 2008.

WANG, F. et al. Effects of nitrogen-fixing and non-nitrogen-fixing tree species on soil properties and nitrogen transformation during forest restoration in southern China. **Soil Science & Plant Nutrition**, v. 56, n. 2, p. 297-306, 2010.

APÊNDICES

Apêndice 1- Análise química do sedimento dos tanques de piscicultura aplicado no plantio na primeira adubação, no experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.

SEDIMENTO	CE Extrato de Saturação	pH em água	Ca	Mg	K	Na	Soma das Bases	H	Al	CTC (pH 7,0)	Saturação por bases	Saturação por Al	Saturação por Sódio	N	P (assimilável)	M.O
TANQUE DE PEIXES	(dS/m)		(cmol (+)/kg)								(%)	(%)	(%)	(g/kg)	(mg/kg)	g/kg
	5,71	6,2	5,5	2,90	0,19	0,58	9,17	0,66	0,00	9,83	93	0,00	5,90	0,50	340	31,50

Apêndice 2- Análise química do sedimento dos tanques de piscicultura aplicado no plantio na segunda adubação, no experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.

SEDIMENTO	CE Extrato de Saturação	pH em água	Ca	Mg	K	Na	Soma das Bases	H	Al	CTC (pH 7,0)	Saturação por bases	Saturação por Al	Saturação por Sódio	N	P (assimilável)	M.O
TANQUE DE PEIXES	(dS/m)		(cmol(+)/kg)								(%)	(%)	(%)	(g/kg)	(mg/kg)	g/kg
	5,71	6,1	10,02	3,24	0,33	0,85	14,43	1,43	0,00	15,86	91	0,00	5,36	1,50	406	30,51

Apêndice 3- Análise química do sedimento do lago aplicado no plantio na primeira adubação, no experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.

CE Extrato de Saturação	pH em água	Ca	Mg	K	Na	Soma das Bases	H	Al	CTC (pH 7,0)	(pH)	Saturação por bases	Saturação por Al	Saturação por Sódio	N	P (assimilável)	M.O	
(dS/m)		(cmol(+)/kg)										(%)	(%)	(%)	(g/kg)	(mg/kg)	(g/kg)

1,32	5,0	15,00	4,10	0,26	1,70	21,06	2,2	0,10	23,37	90	0,47	7,27	2,90	20	62,78
------	-----	-------	------	------	------	-------	-----	------	-------	----	------	------	------	----	-------

Apêndice 4- Análise química do sedimento do lago aplicado no plantio na segunda adubação, no experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE

CE Extrato de Saturação	pH em água	Ca	Mg	K	Na	Soma das Bases	H	Al	CTC (pH 7,0)	Saturação por bases	Saturação por Al	Saturação por Sódio	N	P (assimilável)	M.O
(dS/m)		(cmol(+)/kg)								(%)	(%)	(%)	(g/kg)	(mg/kg)	(g/kg)
1,32	4,9	14,67	4,76	0,2	1,41	21,05	5,4	0,10	26,55	79	0,47	5,31	2,80	30	63,79

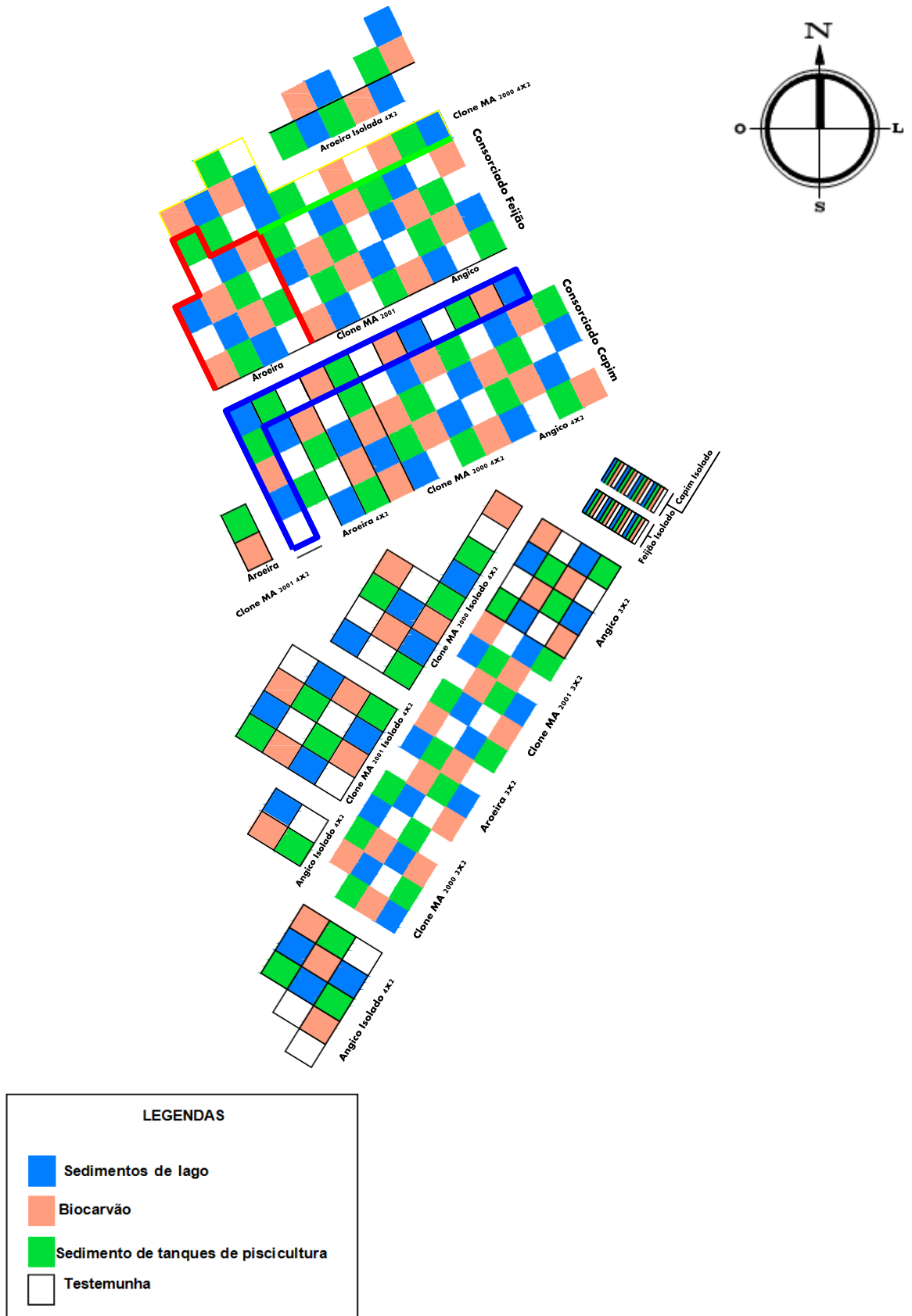
Apêndice 5- Análise química do biocarvão aplicado no plantio na primeira adubação, no experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.

SEDIMENTO	TAMANHO PARTICULA	DA	pH em água	Carbono (%)	N (%)	P – extraível (mg/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	CEC _{eff} (mol DS ⁻¹)
BIOCARVÃO	< 2 mm		9,05	96,85%	0,37%	73,15	4,1	2,5	23,12

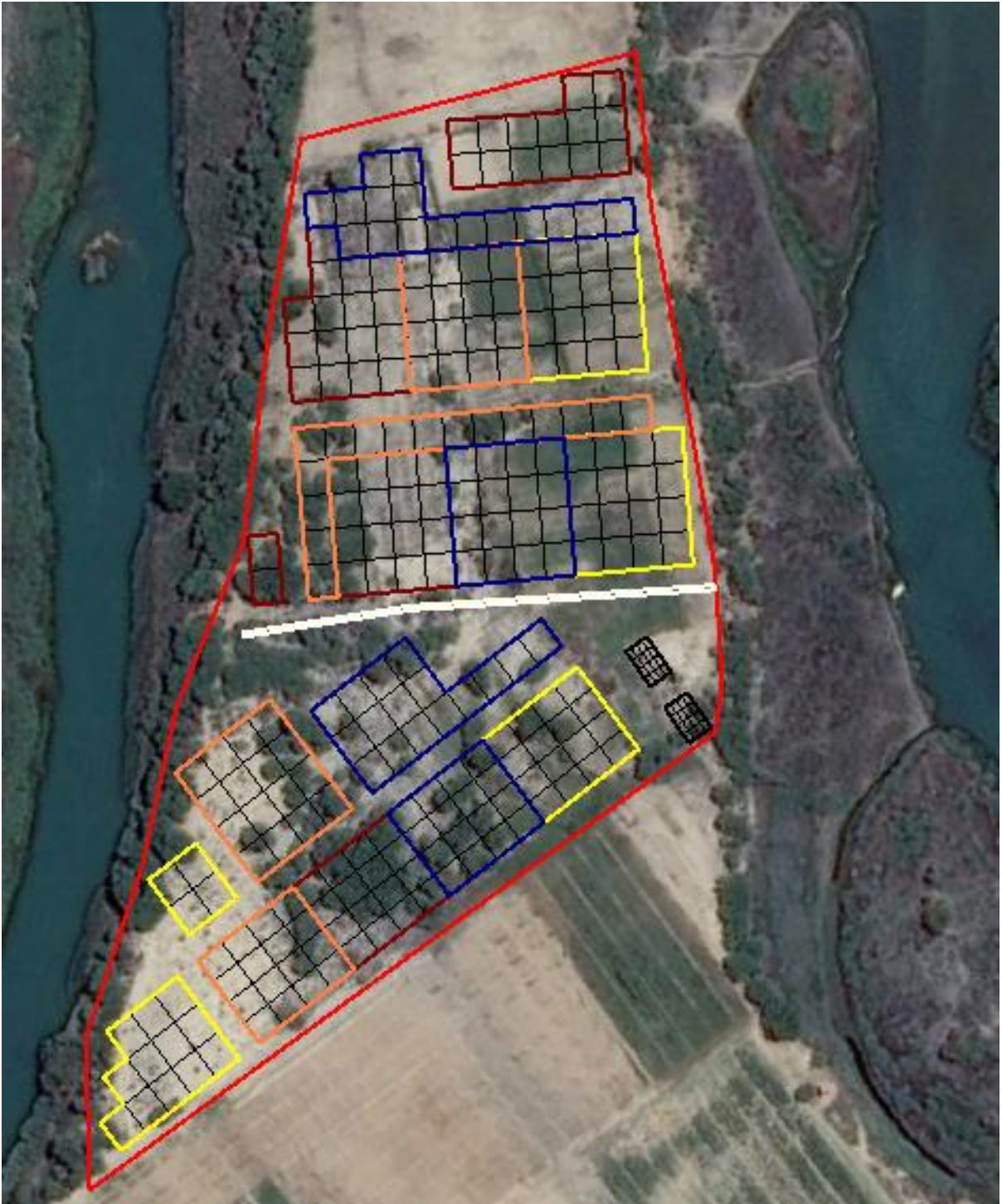
Apêndice 6- Análise química do biocarvão aplicado no plantio na segunda adubação, no experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.

SEDIMENTO	TAMANHO PARTICULA	DA	p ₂ H em água	Carbono (%)	N (%)	P - extraível (mg/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	CEC _{eff} (mol DS ⁻¹)
BIOCARVÃO	< 2 mm		8,06	96,77%	0,39%	73,36	4,3	2,3	23,15

Apêndice 7- Croqui do experimento instalado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA, na cidade de Belém de São Francisco, PE.



Apêndice 8- Esquema do experimento em campo, onde a parte tracejada amarela corresponde o plantio do angico, a azul o clone 2001, a vermelha a aroeira, laranja o clone 2000 e parte preta é o plantio isolado de feijão e capim.



Fonte: Google Earth Pro modificado.

Apêndice 9- Teste de hipótese do efeito tempo e todas as suas interações para a variável altura de quatro espécies florestais cultivadas em quatro tipos de fontes de adubação.

Efeito	Estatísticas	Valor	F	Pr>F
Tempo	Traço de Pillai	0,855	2594,874	<0,0001
	Lambda de Wilks	0,145	2594,874	<0,0001
	Traço de Hotelling- Lawley	5,884	2594,874	<0,0001
	Maior raiz de Roy	5,884	2594,874	<0,0001
Tempo x culturas arbóreas	Traço de Pillai	0,679	129,143	<0,0001
	Lambda de Wilks	0,329	201,153	<0,0001
	Traço de Hotelling- Lawley	2,014	295,807	<0,0001
	Maior raiz de Roy	2,001	883,298	<0,0001
Tempo x Fonte de nutrientes	Traço de Pillai	0,023	3,37	<0,0001
	Lambda de Wilks	0,977	3,386	<0,0001
	Traço de Hotelling- Lawley	0,023	3,401	<0,0001
	Maior raiz de Roy	0,021	9,054	<0,0001
Tempo x Espaçamento	Traço de Pillai	0,399	67,638	<0,0001
	Lambda de Wilks	0,639	71,592	<0,0001
	Traço de Hotelling- Lawley	0,508	74,635	<0,0001
	Maior raiz de Roy	0,343	151,385	<0,0001
Tempo x culturas arbóreas x Fonte de nutrientes	Traço de Pillai	0,054	2,668	<0,0001
	Lambda de Wilks	0,947	2,683	<0,0001
	Traço de Hotelling- Lawley	0,055	2,696	<0,0001
	Maior raiz de Roy	0,031	7,688	<0,0001
Tempo x culturas arbóreas x Espaçamento	Traço de Pillai	0,61	34,128	<0,0001
	Lambda de Wilks	0,499	36,832	<0,0001
	Traço de Hotelling- Lawley	0,8	39,187	<0,0001
	Maior raiz de Roy	0,476	116,802	<0,0001
Tempo x Fonte de nutrientes x Espaçamento	Traço de Pillai	0,058	2,867	<0,0001
	Lambda de Wilks	0,943	2,885	<0,0001
	Traço de Hotelling- Lawley	0,059	2,901	<0,0001
	Maior raiz de Roy	0,037	9,116	<0,0001
Tempo x culturas arbóreas e x Fonte de nutrientes x Espaçamento	Traço de Pillai	0,133	2,235	<0,0001
	Lambda de Wilks	0,873	2,247	<0,0001
	Traço de Hotelling- Lawley	0,138	2,258	<0,0001
	Maior raiz de Roy	0,062	5,080	<0,0001

Apêndice 10- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas s x fontes de nutrientes para o N nos diferentes espaçamentos.

A	B			
	B1	B 2	B 3	B 4
A 1	34,35 aB	41,62 aA	32,11 aB	32,02 aB
A 2	22,59 bB	27,27 bB	30,11 aA	23,72 bB
A 3	18,45 cA	20,79 cA	17,36 bA	19,12 cA
A 4	16,11 cA	18,37 cA	17,64 bA	18,32 cA

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 11- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas x espaçamento para o N nos diferentes espaçamentos.

A	C	
	C1	C 2
A 1	31,86 aB	37,20 aA
A 2	24,95 bA	26,90 bA
A 3	15,49 cB	22,36 cA
A 4	15,81 cB	19,40 dA

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; C1= Espaçamentos 3 m x 2 m; C2= Espaçamentos 4 m x 2 m; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 12- Desdobramento da análise de variância para a interação fontes de nutrientes x espaçamento para o N nos diferentes espaçamentos.

B	C	
	C1	C 2
B 1	20,79 aB	24,96 bA
B 2	22,06 aB	31,97 aA
B 3	23,16 aA	25,45 bA
B 4	23,09 aA	23,50 bA

Em que: B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= Espaçamentos 3 m x 2 m; C2= Espaçamentos 4 m x 2 m; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 13- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas x fontes de nutrientes- espaçamentos para o N nos diferentes espaçamentos.

A	BxC							
	B1 C1	B1 C2	B2 C1	B2 C2	B3 C1	B3 C2	B4 C1	B4 C2
A								
1	32,72 aB	35,98 aB	31,78 aB	51,45 aA	32,69 aB	31,53 aB	34,23 aB	29,82 aB
A								
2	20,93 bB	24,25 bB	24,39 bB	30,14 bA	28,12 aA	32,09 aA	26, bA	21,09 bB
A								
3	14,43 cB	22,47 bA	15,51 cB	26,07 bA	16,38 bB	18,34 bB	16,64 cB	22,59 bA
A								
4	15,09 cB	17,11 cB	16,55 cB	20,19 cA	15,47 bB	19,81 bA	16,13 cB	20,50 bA

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= Espaçamentos 3 m x 2 m; C2= Espaçamentos 4 m x 2 m; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 14- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas - fontes de nutrientes x espaçamentos para o N nos diferentes espaçamentos.

A X B	C	
	C1	C2
A1 B1	32,73 aA	35,98 bA
A1 B2	31,78 aB	51,45 aA
A1 B3	32,69 aA	31,54 cA
A1 B4	34,23 aA	29,82 cA
A2 B1	20,93 cA	24,25 dA
A2 B2	24,39 bB	30,15 cA
A2 B3	28,12 bA	32,09 cA
A2 B4	26,35 bA	21,09 eB
A3 B1	14,43 cB	22,47 dA
A3 B2	15,52 cB	26,07 dA
A3 B3	16,38 cA	18,34 eA
A3 B4	15,65 cB	22,59 eA
A4 B1	15,10 cA	17,12 eA
A4 B2	16,56 cA	20,20 eA
A4 B3	15,47 cA	19,81 eA
A4 B4	16,14 cA	20,50 eA

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= Espaçamentos 3 m x 2 m; C2= Espaçamentos 4 m x 2 m; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 15- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas-espaçamentos x fontes de nutrientes para o N nos diferentes espaçamentos.

A x C	B			
	B1	B2	B3	B4
A1 C1	32,72 aA	31,78 bA	32,69 aA	34,23 aA
A1C2	35,98 aB	51,45 aA	31,54 aC	29,82 bC
A2C1	20,93 bB	24,39 cA	28,12 aA	26,35 bA
A2C2	24,25 bB	30,14 bA	32,09 aA	21,09 cB
A3C1	14,43 cA	15,52 dA	16,38 bA	15,64 dA
A3C2	22,47 bA	16,55 dA	18,34 bB	22,59 cA
A4C1	15,09 cA	16,55 dA	15,47 bA	16,14 dA
A4C2	17,12 cA	20,19 dA	19,81 bA	20,50 cA

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= Espaçamentos 3 m x 2 m; C2= Espaçamentos 4 m x 2 m; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 16- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas x espaçamento para o P nos diferentes espaçamentos.

A	C	
	C1	C 2
A 1	3,29 aA	2,72 bA
A 2	3,25 aB	6,55 aA
A 3	2,36 bA	2,92 bA
A 4	2,61 bA	3,03 bA

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; C1= Espaçamentos 3 m x 2 m; C2= Espaçamentos 4 m x 2 m; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 17- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas - fontes de nutrientes x espaçamentos para o P nos diferentes espaçamentos.

A X B	C	
	C1	C2
A1 B1	2,01	35,98 bA
A1 B2	2,95	51,45 aA
A1 B3	4,11	31,54 cA
A1 B4	4,10	29,82 cA
A2 B1	2,48	24,255 dA
A2 B2	3,16	30,15 cA
A2 B3	3,51	32,09 cA
A2 B4	3,85	21,09 eB
A3 B1	2,28	22,47 dA
A3 B2	2,42	26,07 dA
A3 B3	2,52	18,34 eA
A3 B4	2,24	22,59 eA
A4 B1	2,39	17,12 eA
A4 B2	2,53	20,20 eA
A4 B3	2,40	19,81 eA
A4 B4	3,13	20,50 eA

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= Espaçamentos 3 m x 2 m; C2= Espaçamentos 4 m x 2 m; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 18- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas x espaçamento para o Ca nos diferentes espaçamentos.

A	C	
	C1	C2
A 1	7,45 aB	8,94 aA
A 2	7,66 aA	7,65 bA
A 3	2,81 bA	3,15 cA
A 4	2,84 bA	2,60 cA

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; C1= Espaçamentos 3 m x 2 m; C2= Espaçamentos 4 m x 2 m; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 19- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas x espaçamento para o Mg nos diferentes espaçamentos.

A	C	
	C1	C 2
A 1	1,30 cA	1,49 cA
A 2	3,03 aA	2,61 aB
A 3	2,58 bA	2,76 aA
A 4	2,88 aA	2,33 bB

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; C1= Espaçamentos 3 m x 2 m; C2= Espaçamentos 4 m x 2 m; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 20- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas x fontes de nutrientes para o N nos diferentes consórcios.

A	B			
	B1	B 2	B 3	B 4
A 1	31,69 aA	30,94 aA	32,37 aA	32,82 aA
A 2	19,93 bC	21,64 bC	24,94 bB	29,24 bA
A 3	23,81 bA	23,75 bA	22,20 bA	24,44 cA
A 4	21,16 bA	20,78 bA	21,63 bA	23,82 cA

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 21- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas x consórcios para o N nos diferentes consórcios.

A	C	
	C1	C 2
A 1	32,31 aA	31,60 aA
A 2	25,10 bA	22,77 bA
A 3	23,39 cA	23,72 bA
A 4	26,46 bA	17,23 cB

Em que: B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= consórcio com feijão; C2= Consórcio com capim; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 22- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas x fontes de nutrientes-consórcios para o N nos diferentes consórcios.

A	BxC							
	B1 C1	B1 C2	B2 C1	B2 C2	B3 C1	B3 C2	B4 C1	B4 C2
A 1	32,65 aA	30,73 aA	30,69 aA	31,18 aA	33,04 aA	31,71 aA	32,85 aA	32,78 aA
A 2	21,80 bC	18,06 bA	24,85 bB	18,43 bC	27,65 bB	22,22 bC	26,11 bB	32,39 aA
A 3	23,13 bA	24,48 bA	25,13 bA	22,36 bA	21,55 cA	22,85 bA	23,69 bA	25,19 bA
A 4	24,01 bB	18,30 cC	24,52 bB	17,04 bC	28,07 bA	15,19 cC	29,26 aA	18,38 cC

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= consórcio com feijão; C2= Consórcio com capim; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 23- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas- fontes de nutrientes x espaçamentos para o N nos diferentes consórcios.

A X B	C	
	C1	C2
A1 B1	32,65 aA	35,98 bA
A1 B2	30,69 aA	51,45 aA
A1 B3	33,04 aA	31,54 cA
A1 B4	32,86 aA	29,82 cA
A2 B1	21,80 cA	24,255 dA
A2 B2	24,85 cA	30,15 cA
A2 B3	27,65 bA	32,09 cA
A2 B4	26,11 cB	21,09 eB
A3 B1	23,13 cA	22,47 dA
A3 B2	25,13 cA	26,07 dA
A3 B3	21,55 cA	18,34 eA
A3 B4	23,69 cA	22,59 eA
A4 B1	24,01 cA	17,12 eA
A4 B2	24,52 cA	20,20 eA
A4 B3	28,07 bA	19,81 eA
A4 B4	29,26 bA	20,50 eA

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= consórcio com feijão; C2= Consórcio com capim; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 24- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas-consórcios x fontes de nutrientes para o N nos diferentes consórcios.

A x C	B			
	B1	B2	B3	B4
A1 C1	32,65 aA	30,69 aA	33,04 aA	32,86 aA
A1C2	30,73 aA	31,18 aA	31,71 aA	32,78 aA
A2C1	21,80 bA	25,85 bA	27,65 bA	26,11 bA
A2C2	18,06 cB	18,43 cB	22,22 cB	31,39 aA
A3C1	23,13 bA	25,13 bA	21,55 cA	23,69 bA
A3C2	24,48 bA	22,36 cA	22,85 cA	25,19 bA
A4C1	24,01 bB	24,52 bB	28,07 bA	29,26 aA
A4C2	18,30 cA	17,04 cA	15,19 dA	18,37 cA

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= consórcio com feijão; C2= Consórcio com capim; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 25- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas x fontes de nutrientes para o P nos diferentes consórcios.

A	B			
	B1	B 2	B 3	B 4
A 1	2,16 cB	3,21 aA	3,68 bA	2,24 bB
A 2	4,43 aA	3,00 aB	4,66 aA	4,80 aA
A 3	3,29 bA	3,06 aA	2,68 cA	2,75 bA
A 4	3,34 bB	2,95 aB	4,10 bA	3,18 bB

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 26- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas x consórcios para o P nos diferentes consórcios.

A	C	
	C1	C 2
A 1	2,80 bA	2,84 bA
A 2	4,09 aA	4,35 aA
A 3	2,77 bA	3,12 bA
A 4	3,78 aA	3,00 bB

Em que: B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= consórcio com feijão; C2= Consórcio com capim; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 27- Desdobramento da análise de variância para a interação fontes de nutrientes x consórcios para o P nos diferentes consórcios.

B	C	
	C1	C 2
B 1	3,05 aA	3,56 bA
B 2	3,58 aA	2,53 cB
B 3	3,60 aA	3,96 aA
B 4	3,21 aA	3,27 bA

Em que: B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= consórcio com feijão; C2= Consórcio com capim; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 28- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas x fontes de nutrientes-consórcios para o P nos diferentes consórcios.

A	BxC							
	B1 C1	B1 C2	B2 C1	B2 C2	B3 C1	B3 C2	B4 C1	B4 C2
A 1	2,22 bC	2,10 cC	3,79 aB	2,63 aC	2,47 bC	4,88 aA	2,72 bC	1,77 bC
A 2	3,79 aB	5,07 aA	3,89 aB	2,10 aC	5,16 aA	4,15 aB	3,54 aB	6,05 aA
A 3	3,05 aA	3,53 bA	2,96 aA	3,17 aA	2,42 bA	2,94 bA	2,65 bA	2,85 aA
A 4	3,13 aB	3,55 bA	3,68 aA	2,23 aB	4,37 aA	3,84 aA	3,94 aA	2,41 bB

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= consórcio com feijão; C2= Consórcio com capim; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Apêndice 29- Desdobramento da análise de variância para a interação culturas arbóreas- consórcios x fontes de nutrientes para o P nos diferentes consórcios.

A x C	B			
	B1	B2	B3	B4
A1 C1	2,22 cB	3,79 aA	2,46 bB	2,72 cB
A1C2	2,10 cB	2,63 bB	4,89 aA	1,77 cB
A2C1	3,79 bB	3,89 aB	5,16 aA	3,54 bB
A2C2	5,07 aB	2,10 bC	4,15 aB	6,05 aA
A3C1	2,04 cA	2,96 bA	2,42 bA	2,65 cA
A3C2	3,53 bA	3,17 aA	2,94 bA	2,85 cA
A4C1	3,13 cA	3,69 aA	4,37 aA	3,94 bA
A4C2	3,55 bA	2,23 bB	3,84 aA	2,41 cB

Em que: A1 Angico; A2= Aroeira; A3= Clone MA 2001; A4= Clone MA 2000; B1= sedimento de tanques de peixe; B2= Resíduo do lago; B3= Biocarvão; B4= Testemunha; C1= consórcio com feijão; C2= Consórcio com capim; Colunas - letras minúscula; Linhas - letras maiúsculas; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.