

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ISADORA BARROS MOURA DE CARVALHO

**TEORES FOLIARES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO DE
ESPÉCIES FLORESTAIS TRATADAS COM BIOCARVÃO E ADUBOS
ORGÂNICOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

RECIFE - PE

2018

ISADORA BARROS MOURA DE CARVALHO

**TEORES FOLIARES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO DE
ESPÉCIES FLORESTAIS TRATADAS COM BIOCARVÃO E ADUBOS
ORGÂNICOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. PhD José Antônio Aleixo da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Fernando José Freire

RECIFE - PE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

C331t Carvalho, Isadora Barros Moura de.
Teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio de espécies florestais tratadas com biocarvão e adubos orgânicos no semiárido pernambucano / Isadora Barros Moura de Carvalho. – Recife, 2018.
33 f.: il.

Orientador(a): José Antônio Aleixo da Silva.

Coorientador(a): Fernando José Freire.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciências Florestais. Recife, BR-PE, 2019.

Inclui referências e anexo(s).

1. Adubação 2. Angico 3. Eucalipto I. Silva, José Antonio Aleixo da, orient. II. Freire, Fernando José, coorient. III. Título.

CDD 634.9

ISADORA BARROS MOURA DE CARVALHO

**TEORES FOLIARES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO
DE ESPÉCIES FLORESTAIS TRATADAS COM BIOCARVÃO E
ADUBOS ORGÂNICOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

APROVADO EM 16/01/2019

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dr.^a. Eliane Cristina Sampaio de Freitas
(Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)

Prof.^o Dr.^o. Everson Batista de Oliveira
(CODAI/UFRPE)

Prof.^o Dr.^o. José Antônio Aleixo da Silva
(Orientador – Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Armando Bezerra por todo o cuidado e amor paterno despendido a mim. Sua partida antecipada me causou uma perda de entusiasmo, mas lembrar do seu amor, força de vida e coragem fez com que eu recuperasse o ânimo necessário para conclusão deste trabalho. Armando, essa é para você e por você.

Ao professor Aleixo, querido orientador, por toda atenção e observações.

Ao professor Fernando Freire pela competente coorientação.

À Emanoella Guaraná, sempre presente e com observações precisas, devo a ela o próprio tema da pesquisa e todo o apoio necessário para levá-la ao fim.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal da UFRPE, em especial à Amélia Acre, meu agradecimento pela superação dos inúmeros obstáculos procedimentais da universidade.

Aos professores do curso de Engenharia Florestal da UFRPE, minha gratidão por todo conhecimento compartilhado.

À UFRPE, lugar que me mostrou possibilidades e propósitos para continuar acreditando no que faço.

À banca avaliadora pela atenção e disponibilidade.

A todos que compõem o CENAPESQ.

Ao Colégio Santa Maria, escola que me fez outra através da amizade sincera, dessa pessoa especial, irmã de alma: Amanda Porpino.

As amigas-irmãs que fiz durante a graduação, Alexsandra Lins, Symone Pancrácio , agradeço pelo carinho, respeito e confiança com que fazemos nossa amizade .

À minha mãe, Talma Moura, e minha madrinha, Verônica Soares. Não caberia aqui o tamanho da minha gratidão e amor por vocês duas.

À minha irmã Mariana Alcoforado. Ter você em minha vida é ter certeza de que nunca estarei só neste mundo.

Aos sobrinhos Enzo Bezerra e Máisa Bezerra, e ao meu enteado Gabriel Neves, pela alegria contagiante e toda vivacidade que me inspira a buscar e trabalhar por um mundo melhor para as gerações futuras.

Ao meu companheiro do que quer que seja, Rafael Guimaraes, obrigada por tudo e por tanto.

RESUMO

O trabalho teve como objetivo analisar os teores de N, P, K do material foliar de um plantio de angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* Grisebe) e um híbrido de eucalipto (*Eucalyptusurophylla* x *Eucalyptustereticornis*), ambos com quatro anos, localizados na microrregião de Itaparica, em Belém de São Francisco –PE, submetidos a diferentes fontes de adubos orgânicos provenientes de resíduo de tanque de piscicultura e reservatório de lago e do biocarvão, proveniente da queima da algaroba (*Prosopisjuliflora* (Sw) DC) remanescente na área de estudo. No ato da implantação do experimento, em 2014, os plantios receberam uma aplicação de 0,5kg de adubo por planta e um ano após a primeira aplicação receberam mais 0,5kg de adubo por planta. Para a determinação dos teores de N, P e K foliares foi realizada a coleta de vinte e cinco folhas do terço médio das copas das árvores da área útil das parcelas. O material foi acondicionado em sacos de papel e levado à estufa de aeração forçada a 65 ± 5 °C até obter peso constante posteriormente, foi triturado em moinho do tipo Wiley, passado em peneiras de malha 1,0 mm e armazenado para análise dos teores de N, P, K. A espécie que apresentou a maior concentração de nutrientes foi o angico. Com relação ao fósforo, o tratamento adubado com resíduo de tanque de piscicultura apresentou maiores teores no angico, enquanto que para o eucalipto foi observado teores mais elevados no tratamento adubado com sedimento de lago. Com relação ao potássio, nas duas espécies, os valores mais expressivos foram encontrados nos tratamentos adubados com resíduo de tanque de piscicultura e com sedimentos de lago, os quais não diferiram estatisticamente do controle. Entretanto, para o eucalipto, observou-se diferenças significativas entre o biocarvão, que foi inferior, e os demais tratamentos. Os maiores teores de nitrogênio foram observados no angico, entretanto não houve diferença significativa entre os adubos e o condicionador de solo. Embora o solo fosse rico em nutrientes, observou-se que as fontes de adubação e o tipo cultura manejada interferiram nos teores de alguns elementos. A presença de nutrientes no solo não é garantia de assimilação pelas plantas, visto que muitos fatores, como o genótipo, fatores ambientais, podem influenciar a absorção do nutriente pelo vegetal. Concluiu-se que os resíduos de tanque de piscicultura e sedimentos do lago, por apresentarem boas concentrações de N e P disponíveis para assimilação pelo vegetal, são alternativas para serem usados como adubos orgânicos em florestas plantadas.

Palavras-chave: análise de fertilidade, angico, eucalipto, adubação.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze N, P and K contents in the leaf material of an angico and eucalyptus' plantation submitted to different sources of fertilization. In order to do that, twenty five leaves of the trees crowns's middle third were collected from the plot's useful area. The collected material was packed in paper bags and taken into a forced ventilation oven at $65 \pm 5^\circ \text{C}$ until constant weight was obtained; posterior to that, the material was ground in a Wiley mill, passed through 1.0 mm steel screen and stored for analysis of N, P, K content. The angico was the species that presented the highest concentration of nutrients. Regarding the phosphorus, the fertilization treatment with fish farming residue presented higher levels in the angico, while for the eucalyptus higher levels were observed in the fertilization treatment with lake sediment. Regarding potassium the most expressive values were found in the fertilization treatments with fish farming residue and lake sediments for both species, which did not statistically differ from the control. However, significant differences were observed between the biochar and the other treatments for the eucalyptus. The highest levels of nitrogen were observed in the Angico and there was no significant difference among the treatments. Although the soil was rich in nutrients, it was observed that the sources of fertilization and managed species type interfered in the contents of some elements. The presence of nutrients in the soil is not a guarantee of assimilation by the plants, since many factors can influence the absorption of nutrients by the vegetable. It was concluded that fish farming residue and lake sediments, because of good concentrations of N and P, are alternatives to be used as fertilizers in planted forests.

Keywords: Fertility Analysis, Angico, Eucalyptus, Fertilization.

LISTA DE FIGURA

- Figura 1: Mapa do estado do Pernambuco, com localização no município onde foi desenvolvida a pesquisa..... 17
- Figura 2: Tabela de análise química das fontes de carbono aplicadas na implantação e primeiro ano do experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE..... 19
- Figura 3: Teores de nutrientes – interação entre as espécies (Fator 01)..... 24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 Nutrição mineral de plantas	9
2.2 Ciclogeoquímico, bioquímico e biogeoquímico	10
2.3 Fontes de adubação e condicionador do solo	11
2.3.1 Resíduos de tanque de piscicultura.....	13
2.3.2 Biocarvão	13
2.3.3 Sedimentos de lago.....	14
2.4 Espécies utilizadas	15
3. OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 Área de estudo	17
4.2 Instalação do experimento	17
4.3 Análise prévia dos adubos orgânicos	18
4.4 Análise prévia do solo	19
4.5 Coleta das amostras foliares	19
4.6 Avaliação nutricional foliar	19
4.6.1 Digestão das amostras vegetais (Digestão Nítrica)	20
4.7 Análise estatística	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26
ANEXO	31

1. INTRODUÇÃO

A remoção da vegetação nativa para utilização dos produtos florestais no Brasil, sobretudo para fins de fonte energética, ocorre há centenas de anos, e resulta em uma diminuição de matéria orgânica do solo, como também redução da sua fertilidade e maior exposição às intempéries e ações antrópicas. Desta forma, tornou-se necessário e urgente viabilizar estudos que visem disponibilizar matéria-prima de origem vegetal de maneira sustentável e eficiente.

Na região Semiárida de Pernambuco, onde existe uma forte demanda de madeira para produção energética, o crescimento da vegetação nativa não ocorre na mesma velocidade, sendo insuficiente para suprir a demanda local sem que haja impactos ambientais negativos. Diante disto, os plantios comerciais surgiram como alternativas plausíveis para reduzir a degradação da cobertura florestal nativa, sendo comumente utilizadas espécies como as do gênero *Eucalyptus*, em função do crescimento acelerado e qualidade dos produtos finais para abastecimento do mercado. No entanto, também é de grande valia estudar o desenvolvimento de espécies nativas, a exemplo do angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* Griseb), pois embora muitas vezes não apresentem um rápido crescimento, são espécies já adaptadas as condições ambientais da região. Além disso, no caso do angico, esta espécie tem sido bastante utilizada na construção civil, como também na área medicinal e industrial por possuir grandes quantidades de taninos em sua casca (PAES et al, 2013).

Tanto as florestas naturais quanto as plantadas, retiram do solo os nutrientes necessários ao seu crescimento e estabelecimento, assim para um bom manejo florestal, conhecer a dinâmica dos nutrientes no solo é imprescindível (FREIRE et al., 2010). Diferente das florestas naturais não manejadas, as florestas plantadas, durante o processo de colheita de seus produtos, têm altos teores de nutrientes exportados e essa quantidade exportada varia de acordo com a espécie, parte coletada e idade da árvore, pois maiores quantidades de nutrientes são requeridas quanto mais desenvolvido for o vegetal (CALDEIRA et al., 2002)

Devido à alta taxa de exportação pós-colheita, em plantios comerciais, a matéria orgânica existente nem sempre é suficiente para a manutenção da ciclagem de nutrientes, necessitando assim de uma reposição via fertilização. Diante disto, o uso de adubos orgânicos se mostra de grande valia, pois contribui para melhoria das condições nutricionais do solo, repondo os nutrientes perdidos com a colheita e atuando no melhoramento de sua estrutura física, como condicionadores. Além disto, os adubos orgânicos quando descartados de forma

incorreta estão propícios a se tornarem agentes poluidores, ao usá-los como fertilizante ocorrerá uma diminuição deste impacto ambiental (SANTOS, 2016).

Deste modo o objetivo geral do trabalho foi avaliar o efeito da utilização de sedimentos de lago, resíduo de tanques de piscicultura e biocarvão como fertilizantes e condicionador do solo em plantios de eucalipto e angico, no semiárido pernambucano, bem como determinar os teores de N, P, K foliar do plantio de angico e eucalipto, quatro anos após o plantio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Nutrição mineral de plantas

Segundo Canavesi (2004) a absorção dos elementos nutritivos pela planta está intimamente ligada ao estágio de crescimento inicial deste vegetal, podendo assim ocorrer em maior ou menor quantidade. A maior parte destes nutrientes é absorvida pela planta durante sua fase de crescimento inicial, enquanto que durante sua fase de maturação uma menor quantidade destes elementos nutritivos é requerida. Como mostrou Larcher (1986) é durante esta fase que o teor de minerais absorvidos é menor do que as taxas de absorção dos nutrientes provenientes da matéria orgânica.

Ao atingir o xilema, na raiz, inicia-se o processo de transporte de nutrientes no interior do vegetal de forma ascendente. Os minerais passam a se movimentar do sistema radicular para a parte aérea do vegetal. A circulação dos minerais entre os tecidos vegetais ocorre de forma dinâmica e constante, assim quando este mineral atinge tecidos foliares esta movimentação de nutrientes não cessa (Canavesi, 2004).

Os elementos absorvidos pelas plantas podem ser caracterizados como essenciais, benéficos ou tóxicos(a depender da quantidade absorvida pela planta). No entanto, não há grandes restrições por parte do vegetal quanto a absorção destes (PRADO, 2008). Arnon e Stout (1939) estabeleceram critérios (direto e indireto) os quais os elementos nutritivos devem obedecer, afim de que possam ser considerados essenciais para planta. Segundo estes autores o critério direto é entendido como a participação do elemento na formação de algum composto ou de alguma reação vital para planta. Já o critério indireto se refere à incapacidade da planta completar seu ciclo de vida (vegetativo e reprodutivo) na ausência de um determinado elemento ou quando este elemento não pode ser substituído por nenhum outro.

Os macronutrientes são elementos em que as plantas necessitam em maiores quantidades: 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 (SANTOS, 2016).

Dentre os macronutrientes, atribui-se a importância do N ao fato de que este elemento participa da síntese de biomoléculas no metabolismo vegetal e é imprescindível para regulação de sequestro de carbono, pois participa da construção da enzima ribulose-1,5-fosfato, fundamental à fotossíntese(TAIZ et al, 2017). Deste modo, o nitrogênio é requerido pelas plantas em maior quantidade se comparado a outros nutrientes e sua deficiência acarreta

prejuízo no crescimento vegetal (SOUZA; FERNANDES, 2006). A clorose, sobretudo nas folhas mais velhas, é o principal sintoma apresentado pela planta com deficiência de N. Devido à alta mobilidade do nutriente, com exceção da seca nenhuma deficiência é tão intensa quanto a de N (EPSTEIN; BLOOM, 2006; SORREANO; RODRIGUES; BOARETTO, 2012; TAIZ et al., 2017).

Contudo, a fonte mais importante desse nutriente está ligada à introdução via resíduos orgânicos, a qual é afetada negativamente quando há a retirada da cobertura vegetal. Condições bióticas (presença de plantas, microorganismos) e, principalmente, fatores climáticos (temperatura sendo o principal atuante) são responsáveis por determinar sua disponibilidade no ambiente (SANTOS-SILVA et al., 2014).

O fósforo é um elemento integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese. Além disto é parte constituinte de moléculas como: DNA, RNA e fosfolipídeos das membranas transportador de substratos e transdutor de energia química, como o ATP (adenosina trifosfato) e ainda participa da sinalização celular, como no inositol trifosfato (TAIZ et al., 2017).

O potássio é um nutriente mineral fundamental, embora não possua função estrutural no tecido vegetal, apresenta grande importância para planta pois colabora para regulação de inúmeros processos celulares. Esse elemento está intimamente relacionando aos 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).

Assim, o objetivo de se estudar nutrição mineral de planta é conhecer, sobretudo, a dinâmica dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento dos vegetais, como também as consequências do seu déficit para a planta, visualizadas por meio de sintomas.

2.2 Ciclogequímico, bioquímico e biogeoquímico

Segundo propuseram Switzer e Nelson (1972) *apud* Schumacher e Caldeira (2001), a ciclagem de nutrientes é estabelecida pelo conjunto de três ciclos: o geoquímico, que diz respeito a dinâmica de entrada e saída de nutrientes no ecossistema; o biogeoquímico, entendido como sendo a movimentação de nutrientes dentro do sistema solo-planta; e o bioquímico, o qual está intimamente relacionado aos processos de transferência interna de nutrientes no interior do vegetal.

Ações como o intemperismo, deposição atmosférica (chuva, poeira e partículas), fixação biológica de nitrogênio e fertilização são importantes fontes de aporte de nutrientes no ciclo

geoquímico. Neste ciclo, o egresso de nutrientes acontece por meio da lixiviação, fixação pela fase mineral do solo, escoamento superficial da água, erosão, desnitrificação, volatilização e colheita

O ciclo biogeoquímico tem início a partir da absorção e estoque do nutriente na biomassa, sua alocação nos diferentes componentes da planta, incorporação no solo (decomposição e lixiviação da serrapilheira acumulada), e termina quando há a reabsorção do nutriente pela planta (NOVAIS ;BARROS, 1990). Neste ciclo há a passagem dos nutrientes do meio biótico para o abiótico. A manutenção de alguns solos pobres em nutrientes minerais depende dos ciclos biogeoquímicos, 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).

O ciclo bioquímico está intimamente ligado a translocação de nutrientes de tecidos velhos (e fotossinteticamente inativos) para tecidos jovens da planta em atividade de crescimento e é de grande importância no que diz respeito aos nutrientes de maior mobilidade no interior da planta, como o nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio (REIS; BARROS, 1990). O ciclo bioquímico ocorre de maneira mais intensa quando as exigências nutricionais para a produção de biomassa aumenta, de modo que a capacidade que o solo tem de supri-las se torna insuficiente (GAMA-RODRIGUES , 2004). Os vegetais dão respostas ao suprimento de recursos no ambiente a partir do ajuste de sua taxa de crescimento, alterando sua demanda por carboidratos e nutrientes. Isto leva a mudanças na estrutura foliar, capacidade fotossintética e absorção de nutrientes, que resultam em diferenças ecossistêmicas na entrada dos mesmos (SILVA; MENDONÇA, 2007).

2.3 Fontes de adubação e condicionador do solo

A adubação orgânica tem uma importância ímpar no que diz respeito a produtividade, como também qualidade dos produtos obtidos, sobretudo em solos que possuem baixos teores de matéria orgânica (FERNANDES et al., 1997).

O emprego de adubos orgânicos muitas vezes são realizados em grandes escalas, toneladas por hectares, no entanto, é comum alguns apresentarem baixos teores de nutrientes como o nitrogênio, fósforo e potássio (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 2004). Contudo, a aplicação desses adubos se torna vantajosa devido à concentração de matéria orgânica que é acrescida ao solo, a qual após sofrer processo de decomposição forma o húmus.

O termo MOS designa um conjunto de substâncias altamente heterogêneas que inclui numerosos compostos de carbono, variando de açúcares, proteínas, ácidos orgânicos de baixo peso molecular, como os ácidos acéticos e oxálicos, quase todos facilmente mineralizáveis, até o conjunto complexo de produtos recalcitrantes resultantes de transformações químicas e microbianas da matéria orgânica do solo, as substâncias húmicas (FAVORETTO, 2007).

A matéria orgânica apresenta uma vasta importância, sobretudo para os solos, pois por meio dela é possível haver modificações de caráter físico e químico que os afeta. Durante o processo de agregação do solo a matéria orgânica interfere indiretamente na aeração, retenção e armazenamento de água, aumento da capacidade de trocas catiônicas (CTC), e importância como compartimento nos ciclos biogeoquímicos, como por exemplo, o ciclo do nitrogênio, além de contribuir com a disponibilidade de nutrientes para manutenção e diversidade biológica (SILVA et al., 2004; FIGUEIREDO ; RAMOS; TOSTES, 2008 ; TRUMBOTE e CAMARGO, 2009).

O fornecimento de nutrientes à vegetação, por meio do material orgânico, depende da decomposição desse material por microorganismos e liberação dos nutrientes retidos em suas estruturas orgânicas (mineralização). Atributos do material orgânico, fatores ambientais como temperatura, umidade, aeração e acidez têm forte influência sobre o processo de mineralização (CORREIA; ANDRADE, 1999).

Havendo déficit hídrico, baixa relação C/N e matéria orgânica lignificada, é possível que haja um retardo no suprimento de nutrientes para planta e na resposta produtiva da mesma (BENITES et al., 2005).

Assim, a adubação orgânica em cultivos florestais tem como objetivo prover nutrientes essenciais para a produção das espécies arbóreas. Contudo, é importante que esta matéria orgânica tenha passado previamente pelo processo de decomposição aeróbica, estando na forma de húmus, que tem maior efeito físico, químico e biológico no solo (BERNARDI; MACHADO; SILVA , 2002).

Comumente, as atividades agropecuárias produzem resíduos que, embora sejam naturais, uma vez mal alocados e tratados podem contribuir para poluição ambiental. Estes resíduos apresentam alto teor nutritivo, o qual pode favorecer o incremento da produção florestal, bem como apresentar uma boa relação de custo-benefício (ABREU JÚNIOR et al. 2005). No entanto, é de suma importância conhecer previamente a composição deste material, afim de evitar possíveis contaminações/doenças.

2.3.1 Resíduos de tanque de piscicultura

A piscicultura é uma atividade comumente praticada nos reservatórios brasileiros. Contudo, devido a quantidade de excrementos produzidos e ração não consumida pelos peixes, esta prática gera um grande acúmulo de matéria orgânica, a qual vai se acumulando nos fundos dos tanques e são periodicamente retiradas durante a limpeza do reservatório. Este material residual, como mostra Silva et al (2013), pode ser utilizado como fonte alternativa de nutrientes.

A ração utilizada para alimentar peixes em tanque possui um percentual de 14,8% de nitrogênio e 11% de fósforo (GUO; LI, 2003). Durante a produção de uma tonelada de peixes em tanques de piscicultura, tem-se como parte do resíduo 75 kg de nitrogênio (HAAKASON ; ERVIK; MAKINET , 1988).

Ao comparar esterco de origem animal (bovino, suíno e aves) com os resíduos de tanques de piscicultura Silva et al (2013) observou que os resíduos de tanques apresentam boas concentrações de N, P e K : 3,6 g.kg⁻¹ , 2,3 g.kg⁻¹ e 7,7 g.kg⁻¹ respectivamente.

Assim, com o objetivo de manter equilibrado os teores de nutrientes no solo, a aplicação destes resíduos de tanques de piscicultura constitui uma alternativa plausível no que diz respeito ao fornecimento de forma natural de nutrientes às culturas, reduzindo desse modo custos com compra de fertilizantes químicos (ROSA, 1998).

Além disto, é importante ressaltar que os resíduos da piscicultura quando descartados de forma inadequada podem ocasionar consequências negativas para o ambiente, pois muitas vezes os tanques estão sujeitos ao processo de eutrofização. Comumente, esses resíduos são descartados em áreas desocupadas e, também, às vezes, colocado no próprio reservatório, quando poderiam ser usados como fertilizantes (SANTOS, 2016).

2.3.2 Biocarvão

As práticas culturais que colaboram com a adição e conservação de níveis adequados de matéria orgânica de boa qualidade, atreladas ao manejo sustentável são imprescindíveis para melhorar as propriedades físico-químicas e biológicas do solo. Dentro desta perspectiva, o biocarvão tem sido estudado como alternativa para elevar o potencial produtivo do solo.

O biocarvão é o resultado da carbonização da biomassa via pirólise e também um insumo agrícola cujo desenvolvimento teve origem nos estudos de solos férteis encontrados na Amazônia, as Terras Pretas de Índio (TPI) (TEIXEIRA et al., 2009). Atua como condicionador

de solo, por apresentar propriedades como a estabilidade temporal, a capacidade de retenção de água e de nutrientes e, devido à sua resistência à degradação, a possibilidade de aumentar os estoques de carbono (C) no solo (LEHMANN; JOSEPH, 2015). Quando incorporado ao solo, em condições específicas, mostra benefícios diversos que levam ao aumento da qualidade física da sua estrutura e a produtividade das culturas (GALINATO et al., 2001), o que justifica sua utilização como condicionador do solo.

Estudos realizados por Warnock et al. (2007)) sugere que o biocarvão é capaz de afetar as populações microbianas e a biogeoquímica do solo, pode alterar a disponibilidade de nutrientes, além disso promovem uma a elevação da presença de fungos micorrízicos, os quais apresentam uma resposta significativa à aplicação de biocarvão no solo.

Em estudos realizados por Omil; Piñeiro; Merino (2013) foi verificada respostas significativas para o crescimento em altura, diâmetro e volume de um plantio de *Pinus radiata* e percebeu-se que esse crescimento foi maior após dois anos da aplicação de mistura contendo biocarvão vegetal, gerado em usinas de energia, e cinzas de madeira mista.

Normalmente obtém o biocarvão a partir de resíduos orgânicos que possivelmente seriam descartados, como casca de arroz, por exemplo e atualmente existem sistemas nos quais sua produção libera o mínimo de CO₂ por meio de um processo de queima controlada, onde há geração de energia térmica e elétrica (PETTER et al, 2016).

2.3.3 Sedimentos de lago

Entende-se como sendo sedimentos de lago todo material proveniente da erosão de minerais, da matéria orgânica e do solo em áreas do leito. Esses sedimentos possuem altos teores de material orgânico podendo ser empregados como fertilizantes agrícola (SEDNET,2004).

Ao longo do seu curso, os rios transportam uma relevante quantidade de resíduos orgânicos (sedimentos), e nutrientes essenciais mas, devido a ações antrópicas, como a construção de barragens, que resultam na mudança do fluxo das águas, muitos desses elementos tendem a serem depositados nesses reservatórios, ocasionando assim o assoreamento (SOUZA et al., 2011).

A retirada desse material no reservatório em áreas mais profundas, e quando o mesmo está com o nível de água elevado, torna-se difícil para o pequeno produtor, mas em momentos em que há uma redução do nível da água, esse material rico em matéria orgânica começa a ser exposto, tornando-se uma fonte de nutrientes de baixo custo. Theodoro et al. (2007) e Walter;

Gunkel; Gamboa (2012) recomendam a utilização destes sedimentos para fins agrícolas se eles não estão contaminados por metais pesados ou agrotóxicos.

2.4 Espécies utilizadas

Do ponto de vista ecológico, a floresta plantada pode ser entendida como sendo uma sucessão secundária racional regida segundo determinadas finalidades humanas e mantida, na maioria das vezes, no estágio juvenil, por meio de cortes sucessivos da árvore (POGGIANI; GUEDES; BENEDETTI, 2000)

O aumento da área de florestas plantadas colabora para a redução da devastação das florestas nativas, as quais são regidas por leis de proteção mais rígidas. Isso se deve ao fato de que quando bem manejadas, as florestas plantadas apresentam um grande potencial econômico, além de produzir matéria prima para a indústria florestal (HARRISON; YAMAMURA; INOUE, 2000).

Dentre as espécies mais utilizadas para o reflorestamento o gênero *Eucalyptus* apresenta grande destaque devido a sua alta produtividade e adaptabilidade climática, quando comparado a espécies nativas brasileiras (SILVA, 2009). Além disso, este gênero é amplamente utilizado nas indústrias do ramo florestal para produção de celulose e papel, como também carvão e energia, madeira serrada, entre outros. Deste modo, os eucaliptos aparecem como umas das melhores opções no que diz respeito ao reflorestamento, sobretudo com finalidade econômica.

Já o angico, *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* Grisebe, pertencente à família Fabaceae (Leguminosae), espécie nativa, apresenta alta distribuição no território nacional, é decídua e em condições naturais pode alcançar até 20 metros (LORENZI, 2002). Sua madeira é muito densa e pesada, sendo amplamente utilizada na construção civil, devido a sua durabilidade, além do uso medicinal e industrial pela grande concentração de taninos na casca (PAES et al., 2013).

Além disto, o angico por apresentar rápida germinação e rusticidade é indicado para recomposição de áreas degradadas, podendo também ser plantado em semeadura direta, mesmo em locais de insolação intensa e baixa qualidade de sítio (SANTOS, 2016). Também indicada para reposição da mata ciliar em áreas não alagáveis (MAIA, 2004). Por se tratar de uma espécie leguminosa, pode ser plantada em faixas, na vegetação existente, com objetivo de contribuir para melhoria do solo.

3. OBJETIVOS

Avaliar o efeito da utilização de sedimentos de reservatório artificial, resíduo de tanques de piscicultura como fertilizantes e do biocarvão como condicionador do solo, em plantios de eucalipto e angico, no semiárido pernambucano, com idade de quatro anos.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar os teores de N, P e K foliar de um plantio de angico e híbrido de eucalipto, quatro anos após a implantação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O experimento foi implantado desde 2014, na Estação Experimental do Instituto de Pesquisa Agrônômica de Pernambuco (IPA), situado no município de Belém de São Francisco, Mesorregião do São Francisco e Microrregião de Itaparica, no Semiárido pernambucano (ASSIS et al., 2014).

O clima prevalecente em Belém de São Francisco é conhecido como um clima de estepe local. Em Belém de São Francisco o ano tem pouca pluviosidade. O clima é o semiárido (BSh') de acordo com a classificação de Köppen e Geiger. A temperatura média anual em Belém de São Francisco é 24,7 °C, com uma pluviosidade média anual de 507 mm (MENEZES et al., 2007). Suas chuvas, no geral, se estendem de novembro a abril, o relevo predominantemente é suave-ondulado, o solo Neossolo Flúvico Eutrófico (EMBRAPA, 2006) e a vegetação é composta basicamente por Savana Estépica, ou Caatinga do Sertão árido nordestino (IBGE, 2012).

Anteriormente a implantação do experimento, a área foi usada para cultivo agrícola, sobretudo com a produção de cebola, recebendo grande quantidade de fertilizantes. Após vários anos de exploração foi abandonada, com ocorrência de indivíduos de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC) (SANTOS, 2016).

Figura 1: Mapa do estado do Pernambuco, com localização do município onde foi desenvolvida a pesquisa.



Fonte: (SANTOS, 2016).

4.2 Instalação do experimento

O experimento foi instalado no mês de março de 2014, segundo delineamento inteiramente casualizado, com espaçamento de 3 m x 2 m e apresenta dois cultivos arbóreos, sendo duas espécies nativas e dois híbridos de eucalipto. Para o presente estudo foi escolhido o angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* Grisebe), como a espécie nativa e o híbrido de eucalipto, obtido por polinização controlada de *Eucalyptusurophylla* x *Eucalyptustereticornis* (cedidos pela empresa Suzano Papel e Celulose).

Quanto à adubação são considerados quatro tratamentos: testemunha ou controle (sem adubação), biocarvão proveniente da algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC), sedimento de lago artificial e resíduo de tanques de piscicultura. Os plátios receberam uma dose de 0,5 kg/planta destes adubos no ato da implantação do experimento, em 2014, e um ano após esta implantação receberam mais uma dose de adubo, também na quantidade de 0,5kg/planta.

Cada parcela, possui dimensões de 14 m x 12 m, contendo 28 plantas, sendo acompanhadas as dez localizadas no centro, que representarão a área útil da parcela.

O sedimento do lago foi coletado no reservatório artificial de Itaparica, em Pernambuco, o resíduo de tanque de piscicultura dos tanques de criação de peixe da região e o biocarvão foi produzido a partir da algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC) remanescente na área de estudo.

4.3 Análise prévia dos adubos orgânicos

As fontes de carbono foram analisadas por Santos (2016), época de instalação do experimento (figura 2).

Figura 2: Tabela de análise química das fontes de carbono aplicadas na implantação e primeiro ano do experimento na Estação Experimental do IPA em Belém de São Francisco, PE.

Atributos químicos		Resíduo de tanque de piscicultura		Sedimento do reservatório de Itaparica		Biocarvão	
		2014	2015	2014	2015	2014	2015
Tamanho da partícula		-	-	-	-	< 2 mm	< 2 mm
pH em água		6,20	6,10	5,00	4,90	-	-
Ca	(cmol (+)/Kg)	5,5	10,2	15,00	14,67	-	-
Mg		2,9	3,24	4,10	4,76	-	-
K		0,19	0,33	0,26	0,20	-	-
Na		0,58	0,85	1,70	1,41	-	-
Soma das bases		9,17	14,43	21,06	21,05	-	-
H		0,66	1,43	2,20	5,40	-	-
Al		0,00	0,00	0,10	0,10	-	-
CTC (pH 7,0)		9,83	15,86	23,37	26,55	-	-
Saturação por bases		93	91	90	79	-	-
Saturação por Al		0,00	0,00	0,47	0,47	-	-
Saturação por sódio	5,90	5,36	7,27	5,31	-	-	
N	(g/kg)	0,50	1,50	2,90	2,80	0,37%	0,39%
P Assimilável	(mg/kg)	340	406	20	30	-	-
P Extraível)	-	-	-	-	73,15	73,36
% de C	%	18,28	17,71	36,44	37,02	56,21	56,16

Fonte: (SANTOS, 2016 - adaptada)

4.4 Análise prévia do solo

Santos (2016) realizou a caracterização do solo antes da instalação do experimento (Anexo I), para isso foram coletadas amostras em três profundidades do solo (0-30; 30-60; 60-90).

4.5 Coleta das amostras foliares

Para amostragem foliar foram coletadas, em julho de 2018, aproximadamente quatro anos após a implementação do experimento, vinte e cinco folhas do terço médio da copa, das dez árvores da área útil da parcela. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de aeração forçada à $65 \pm 5^\circ\text{C}$ até obter peso constante. Em seguida foram pesadas e moídas para posterior análise (MALAVOLTA et al., 1997).

4.6 Avaliação nutricional foliar

Para a comparação do teor de nitrogênio, fósforo e potássio das duas espécies foi adotado um delineamento inteiramente casualizado fatorial, composto de dois fatores F1 x F2,

sendo dois cultivos arbóreos (F1): angico e eucalipto; e três fontes de adubação condicionadora de solo e o controle (F2): Resíduos de tanques de piscicultura, sedimentos de lago, biocarvão e testemunha (sem adubação).

4.6.1 Digestão das amostras vegetais (Digestão Nítrica)

As digestões das amostras foram realizadas no Centro de Apoio à Pesquisa da UFRPE (CENAPESQ), por meio do biodigestor MarsXpress, com aquecimento por microondas e controle de temperatura, via pressurização, por tubo.

Após resfriamento, o material foi levado à capela para diluição em balão de 25 ml, com água destilada. Após diluição, foi armazenado em potes plásticos e conservados na geladeira para as futuras análises.

4.6.2 Análises Nutricionais

A determinação do teor de nitrogênio total foi realizada por meio do método de arraste de vapor (Kjeldahl) descrito por Bezerra Neto e Barreto (2011). A determinação do nitrogênio por este método foi realizada em três etapas: digestão, destilação e titulação. Durante a digestão da amostra, o nitrogênio orgânico foi mineralizado pelo ácido sulfúrico em presença de catalisadores, a temperatura de 300°C. Após a digestão processou-se a destilação, na qual o nitrogênio já mineralizado na forma de cátion amônio foi volatilizado na forma de amônia pela ação de uma base forte, o NaOH e em seguida foi recebido pelo ácido bórico para a posterior titulação.

O teor de fósforo foliar foi determinado a partir do método colorimétrico do molibdo-vanadato, onde se procedeu com a leitura da absorbância em espectrofotômetro com comprimento de onda de 470nm.

O potássio trocável foi determinado por fotometria de emissão de chama segundo método proposto por Bezerra Neto e Barreto (2011)

4.7 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizada por meio de um delineamento inteiramente aleatório esquema fatorial com dois fatores, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa Assistat 7.7 beta.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de variância dos dados obtidos pode-se observar que a espécie que apresentou maior concentração de N, P e K foi o angico, podendo-se inferir que esta espécie apresenta maiores exigências nutricionais do que o híbrido de eucalipto.

Em se tratando do nitrogênio, as fontes de adubação não tiveram diferença significativa a 5%, assim como a interação entre os dois fatores (fonte de adubação e espécie). Desse modo, pode-se dizer que em relação a disponibilidade de nitrogênio para o vegetal, as fontes de adubação utilizada apresentam resultados semelhantes.

Observou-se maiores teores de N nas folhas do angico., corroborando com os dados de Balieiro et al. (2004) para *Acacia mangium*, espécie também leguminosa. Uma explicação que corrobora com este resultado é de que o angico por ser uma espécie leguminosa, é capaz de realizar associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, o que proporciona maior fixação de N atmosférico e, conseqüentemente, fixação do N por meio da absorção pelas plantas (MENEZES et al., 2013). 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.

Trabalhos realizados por Moura et al. (2006), em Itambé –PE, utilizando *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá) também encontraram o N como o elemento com os maiores teores na biomassa foliar .

A quantidade de nutrientes obedeceu à seguinte ordem: $N > K > P$, para o eucalipto e $N > P > K$ no angico.

Para o P (figura 3), com exceção do angico, o melhor teor apresentado foi observado no tratamento adubado com o sedimento de reservatório e o biocarvão.

O teor disponível do fósforo pode ser explicado devido à disponibilização deste elemento pelo biocarvão através de ligação orgânica, pois o fósforo em ligação inorgânica (por exemplo com argilominerais) no solo é indisponível, entretanto em ligação orgânica (por exemplo com diferentes formas da matéria orgânica) é disponível para o vegetal (MADARI et. al, 2006)

Em trabalhos realizados por Gunkel (2003), onde se analisou as características dos sedimentos e a taxa de sedimentação de um lago tropical localizado na região dos Andes, no Equador, foram observados teores elevados de fósforo (4,3 g/kg por peso seco).

Theodoro et al.(2007) ao estudar sedimentos acumulados no reservatório de Tucuruí, no Pará, constatou que estes sedimentos são ricos em matéria orgânica e fósforo , o que colabora para a melhoria da fertilidade do solo.

.Walter, Gunkel e Gamboa (2012), coletaram sedimentos de um reservatório no Peru, em diferentes profundidades, e puderam inferir que os teores de fósforo sofrem variações a depender da profundidade em que foram coletados. Neste mesmo trabalho a variação do teor de fósforo foi de 111 mg.kg⁻¹ a 181 mg.kg⁻¹.

Em estudos realizados por Santos (2016), na região de Itaparica, também foi observado maiores teores de fósforo no tratamento com biocarvão.

No presente experimento, o uso do biocarvão não apresentou bons resultados no que diz respeito a nutrição dos vegetais. Não raro, observou-se não haver diferença significativa entre o tratamento sem adubação (controle) e o tratamentos com o biocarvão. Uma explicação plausível é de que o biocarvão apresenta um estabilidade temporal, capacidade de retenção de água e nutrientes, devido à sua resistência à degradação (LEHMMAN; JOSEPH, 2009).

Trabalhando com plantios de arroz e soja, adubados com biocarvão proveniente de árvores do cerrado, Petter (2010) constatou que este biocarvão teve um efeito positivo sob alguns componentes da fertilidade do solo, como o P e K.

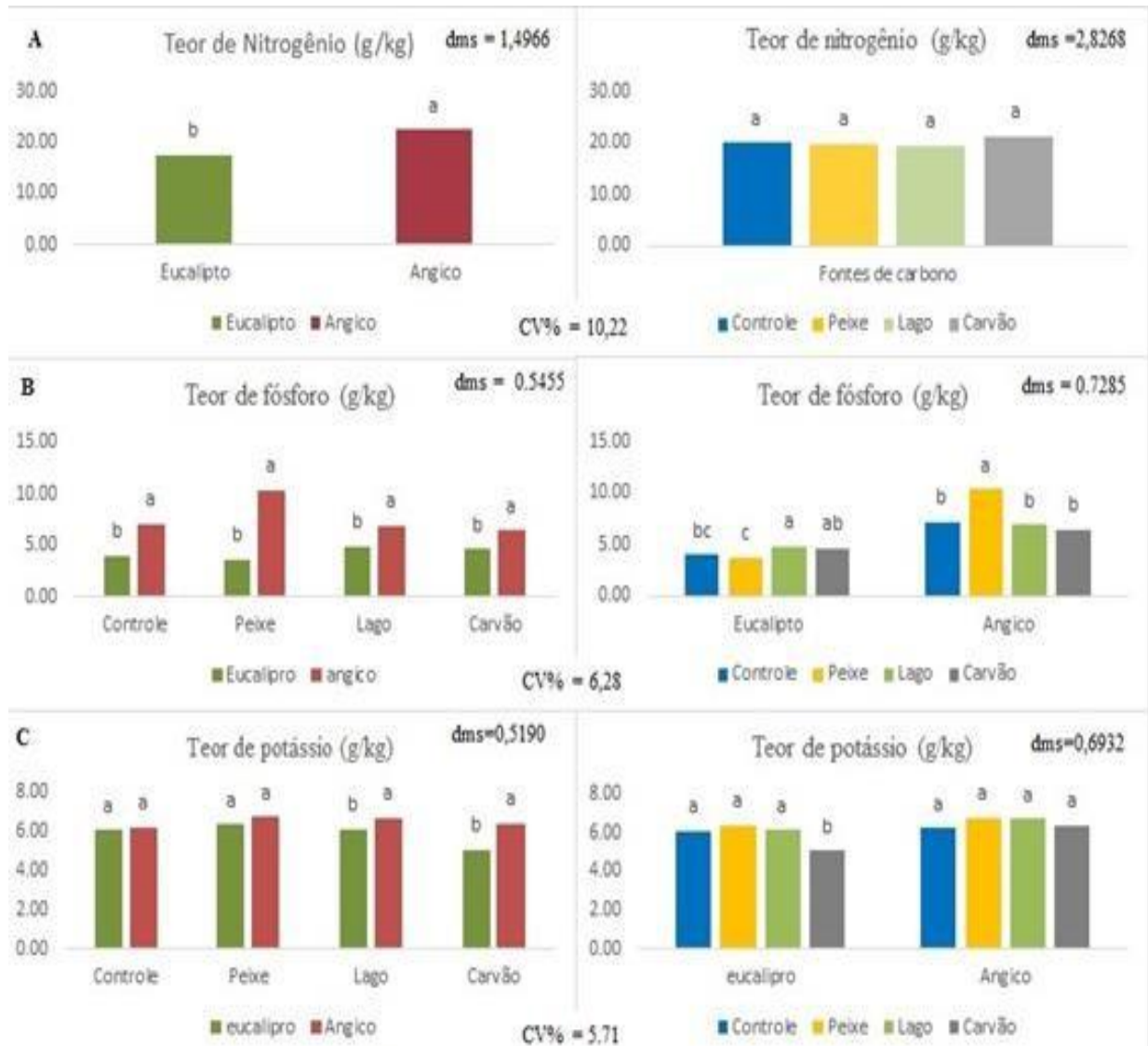
Silva et al. (2013),em trabalhos realizados em região próxima ao reservatório de Itaparica, ao compararem os teores de nutrientes entre os resíduos de tanques de piscicultura e esterco animal, observaram que os resíduos de piscicultura apresentaram maiores concentrações de nutrientes, principalmente N, P e K .

Observando o potássio (figura 3), percebeu-se valores menos expressivos no tratamento com biocarvão, em se tratando do eucalipto e no angico não foi encontrada diferença significativa. Embora o solo fosse rico em nutrientes, observou-se que as fontes de adubação e o tipo da espécie manejada interferiram nos teores de alguns nutrientes. Segundo Veloso et al.,(2004) mesmo que um nutriente esteja presente no solo em quantidades consideradas suficientes e disponíveis para planta, isto não implica dizer que este nutriente será absorvido pela mesma.

Figura 3: Teores de nitrogênio, fósforo e potássio no material foliar das espécies estudadas.

*Médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente semelhantes ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Tukey.

* Peixe = Sedimentos de tanques de piscicultura; Lago = Sedimento do lago; Carvão = Biocarvão; Controle = Testemunha.



6. CONCLUSÃO

- Recomenda-se o uso dos resíduos dos tanques de piscicultura e sedimentos do lago, por serem ricos em matéria orgânica, como fertilizantes em florestas plantadas e do biocarvão como condicionador do solo;
- A sequência decrescente de teores nutricionais encontrados nas folhas das culturas florestais do angico foi $N > P > K$ enquanto que a sequência de crescente para o eucalipto foi $N > K > P$. Esses resultados confirmam a maior utilização de N pelo vegetal;
- A cultura florestal nativa angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* Grisebe) apresenta, em geral, maiores teores de nutrientes foliares, em comparação ao clone de eucalipto, aparentando ter maiores exigências nutricionais.
- O solo da área por ser rico em P, apresentou valor de $51,00 \text{ mg.dm}^{-3}$ (Anexo I), facilitou a absorção e o acúmulo de P nas plantas.

REFERÊNCIAS

- ABREU JÚNIOR, C.H.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J.C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos Ci. Solo**, v. 4, p. 391-470, 2005.
- ARNON, D. I., STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant physiol**, Washington, p. 371-375, 1939.
- ASSIS, J. M. O., CALADO, L.O., SOUZA, W.M., SOBRAL, M.C. Mapeamento do uso e ocupação do solo no Município de Belém de São Francisco – PE nos anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 5, p.859-870, dez. 2014.
- BATISTA, R. O. **Cinética de absorção de nutrientes, morfologia radicular e eficiência nutricional de clones de cedro australiano**. 2014. 104p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, UFLA, Lavras, 2014.
- BALIEIRO, F.C.; DIAS, L.E; FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M.. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.
- BENETIS, V.M.; MADARI, B.; BERNARDI, A.C.C.; MACHADO, P.L.O.A.. 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.
- 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.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de análises químicas em plantas**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, 2011. 267p.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V.; WATZLAVICK, L. F. Exportação de nutrientes em função do tipo de exploração e um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. **Revista Floresta e Ambiente**. Rio de Janeiro: v. 9, n. 1, p.97-104. 2002.
- 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.
- CORREIA, M .E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.197-225

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro, 2006.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. 2006. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução: Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 403p.

FAVORETTO, C. M. **Caracterização da Matéria Orgânica humificada de um latossolos vermelho distrófico através da espectroscopia de fluorescência induzida a laser**. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa-PR, 2007. 96 p

FERNANDES, C. A. F. **Avaliação da qualidade do solo em áreas de cacau cabruca, mata e policultivo no sul da Bahia**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2008.

FERNANDES, E.C.; MOTAVALLI, P.P.; CASTILLA, C. & MUKURUMBIRA, L. Management control of soil organic matter dynamics in tropical land-use systems. *Geoderma*, 79:49-67, 1997.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; TOSTES, R. **Propriedades físicas e matéria orgânica de um latossolo vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo**. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 24-30, 2008.

FREIRE, J. D. L., CARLOS, J., DUBEUX, B., LIRA, M. D. A., FERREIRA, L. C., VIRGINIA, M. e FREITAS, E. V. D. Deposição e composição química de serrapilheira em um bosque de sabiá. *R. Bras. Zootec.*, v.39, n.8, p.1650-1658, 2010.

GALINATO, S. P.; YODER, J. K.; GRANATSTEIN, D. The economic value of biochar in crop production and carbon sequestration. *Energy Policy*, v. 39, n. 10, p. 6344-6350, 2011.

GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais: funcionalidade e sustentabilidade. In: MULLER, M. W. **Sistema agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: Sustento da vida e sustento de vida**. 1. ed. Ilhéus, BA: SBSA; CEPLAC; Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2004. p. 1-30.

GUNKEL, G. Limnología de un Lago Tropical de Alta Montaña, en Ecuador: Características de los sedimentos y tasa de sedimentación. *Rev. Biol. Trop.*, v.51, n.2, p.381-390, 2003.

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.

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

HARRISON, R.D.; YAMAMURA, N.; INOUE, T. 2000. Phenology of a road commom fig in Sarawak. *Ecological Research* 15:47-61.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo : EPU, 1986. 319p.

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. 2018

LORENZI, H.: **Árvores Brasileiras** – Manual de Identificação e Cultivo de Plantas e Árvores Nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002, v.1, 368 p.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D & Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413 p.

MADARI, B. E.; COSTA, A. R. da; CASTRO, L. M. de; SANTOS, J. L. S.; BENITES, V. de M.; ROCHA, A. de O.; MACHADO, P. L. O. de A. Carvão vegetal como condicionador de solo para arroz de terras altas (cultivar Primavera): um estudo prospectivo. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 6 p. (Comunicado Técnico, 125).

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

MALAVOLTA, E.; GOMES, P.F.; ALCARDE, J.C. Adubos e adubações. São Paulo: Nobel, 2004. 1970p.

MENEZES, J. B.; ARAÚJO, M. S. B.; GALVÍNCIO, J. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CORRÊA, A. C. B. Índice de vulnerabilidade à erosão para uma bacia na mesorregião do São Francisco Pernambucano, a partir das relações entre morfogênese e pedogênese. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, V. 8, n. 2, p.45-56, 2007.

MENEZES, K. A. S.; NUNES, G. F. de O.; SAMPAIO, A. A.; SILVA, A. F.; MARTINS, L. M. V.; FERNANDES JUNIOR, P. I. Caracterização fenotípica de bactérias isoladas de nódulos de angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) em solos do Semiárido. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013. Florianópolis. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

MOURA, O. N., MOURA, O.N.; PASSOS, M.A.A.; FERREIRA, R.L.C.; MOLICA, S.G.; LIRA JUNIOR, M.A.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. Distribuição de biomassa e nutrientes na área de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.6, p.877-884, 2006.

NOVAIS, R. F. BARROS, N. F. Nutrição mineral do eucalipto. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.

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.2018.

- PAES, J. B.; DINIZ, C. E F.; LIMA, C., R. de; BASTOS, P. de M.; MEDEIROS NETO, P. N. de; Taninos condensados da casca de angico vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*) extraídos com soluções de hidróxido e sulfito de sódio. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 3, p. 22–27, 2013.
- PETTER, F. A, PETTER, F. A., LIMA, L. B. , MORALES, M. M., MARIMON JÚNIOR, B. H., MORAIS, L. A. de. Biocarvão no solo: aspectos agronômicos e ambientais. Colombo: Embrapa florestas, 2016. 9 p.
- PETTER, F. A. Biomassa carbonizada como condicionador de solo: aspectos agronômicos e ambientais de seu uso em solos de Cerrado.130 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.,2010.
- POGGIANI, F.; GUEDES, M.C.; BENEDETTI, V. Aplicabilidade de biossólidos em plantações florestais: I. Reflexo no ciclo dos nutrientes. In: BETTIOL, W.;
- PRADO, R.M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 408 p.
- 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.
- REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 265-302.
- ROSA, A. V. **Agricultura e meio ambiente**. São Paulo: Atual, 1998.
- SA (Scientific American), 2011. **Trees Pull Nitrogen from Rocks and Microbes**. Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/trees-pull-nitrogen-from-rocks-and-microbes/>> Acesso em: 07/05/2018.
- SANTOS, R. C. dos. **Avaliação nutricional e de crescimento inicial em altura de espécies arbóreas em Sistemas Agroflorestais na região de Itaparica, semiárido Pernambucano. 2016**. 97 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Florestais, Ciência Florestal, UFRPE, Recife, 2016.
- SANTOS-SILVA, J. C.; MEDEIROS, S. H. W.; LEITZKE, T. C. G. **Diagnóstico ambiental da dinâmica atmosférica atuante sobre o município de Joinville/SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária): Universidade da Região de Joinville (Univille), Santa Catarina. 2014.
- SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii*. *Ciência Florestal* , Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 45-53, 2001.
- 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 2018.
- SILVA, R. F.; SILVA, J. L. A.; ARAÚJO, M. S. B.; FAUSTINO, O. W. C. et al. Qualidade do resíduo de tanques de produção de alevinos como condicionante de solos no semiárido de Pernambuco: subsídios para gestão ambiental. **Gaia Scientia**, v.7, n.1, 2013.

SILVA, J. A. A. Potencialidades de florestas energéticas de *Eucalyptus* no pólo gesseiro do Araripe, Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciências Agrônômicas**, v. 5 e 6, p. 301–319, 2008/2009.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. **Matéria orgânica do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa - MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 275-374, 2007.

SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; SILVA, E. F. **Manejo de resíduos de matéria orgânica do solo em plantações de eucalipto: uma questão estratégica para a manutenção da sustentabilidade**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Boletim Informativo, v.29, p. 103-123, 2004.

SORREANO, M. C. M.; RODRIGUES, R. R.; BOARETTO, A. E. **Guia de nutrição para espécies florestais nativas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 256 p.

SOUZA, W. F. L.; MEDEIROS, P. R. P.; BRANDINI, N.; KNOPPERS, B. A. Impactos de barragens sobre os fluxos de materiais na interface continente-oceano. *Revista virtual de química*, Rio de Janeiro. v.30, 2011, p. 116-128.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.215-252.

SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation ecosystems: the first twenty years. **Soil Science Society of America Journal**, v. 36, n. 1, p. 143-147, 1972.

TAIZ, L.; ZEIGER, E, MOLLER, I. M., MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 6.ed. 2017. 858p.

TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009.

THEODORO, S. H., FONSCENCA, R.M., BARRIGA, F.J.A.S, MACEDO, I.L., MORAIS, M.M, 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

TRUMBORE, S.; CAMARGO, P. B. de. **Dinâmica do Carbono do Solo**. Amazonia and Global Change Geophysical Monograph Series 186. American Geophysical Union, p. 451 a 462, 2009.

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

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.

WARNOCK, D.D., LEHMANN, J., KUYPER, T.W. Mycorrhizal responses to biochar in soil – concepts and mechanisms. *Plant Soil*, v. 300, p.9-20, 2007

ANEXO

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 Flocculação	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; Dp= densidade partícular; FA= Franco arenoso.

Fonte: SANTOS, 2016

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: SANTOS, 2016

