

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (INPA)  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO DO INPA  
PROGRAMA EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO

EFEITO DE DIFERENTES TIPOS DE SOLOS COM ADIÇÃO DE  
SOLUÇÃO NUTRITIVA NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E TEOR DE  
ARTEMISININA EM *Artemisia annua L.*

JONE LIBÓRIO UCHÔA CARNEIRO

Manaus, Amazonas

Junho, 2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

JONE LIBÓRIO UCHÔA CARNEIRO

EFEITO DE DIFERENTES TIPOS DE SOLOS COM ADIÇÃO DE  
SOLUÇÃO NUTRITIVA NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E TEOR DE  
ARTEMISININA EM *Artemisia annua L.*

Orientador(a): Dr. Newton Paulo de Souza Falcão

Co-orientador(es): Dr. Pedro Melillo de Magalhães

Dr. Adrian Martin Pohlit

Plano apresentado ao Programa de Pós-Graduação do convênio INPA como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS AGRÁRIAS, área de concentração em Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, Amazonas

Junho, 2010

C289

Carneiro, Jone Libório Uchôa

Efeito de diferentes tipos de solos com e sem adição de solução nutritiva na produção de biomassa e teor de artemisinina em *Artemisia annua* L. / Jone Libório Uchôa Carneiro.--- Manaus : [s.n.], 2010. 53 f. : il.

Dissertação (mestrado)-- INPA, Manaus, 2010

Orientador : Newton Paulo de Souza Falcão

Co-orientador : Pedro Melillo de Magalhães e Adrian Martin Pohlit

Área de concentração : Ciências Biológicas, Agrárias e Humanas

1. Solos – Fertilidade. 2. Solos – Teor de artemisinina. 3. Plantas –Nutrição. 4. *Artemisia annua* L. I. Título.

CDD 19. ed. 631.42

**Sinopse:**

Foi estudado o efeito de diferentes tipos de solos com e sem adição de solução nutritiva na produção de biomassa e teor de artemisinina em *Artemisia annua* L. Avaliar a nutrição da planta e a fertilidade dos diferentes tipos de solos em função dos tratamentos.

**Palavras-chave:** *Artemisia annua* L.; artemisinina; nutrição de plantas e fertilidade do solo.

## **DEDICATÓRIA**

Esta pesquisa é dedicada a minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), pelo apoio logístico e infra-estrutura.

Coordenação de Pesquisas em Ciências Agronômicas (CPCA/INPA)

Coordenação de Pesquisas em Recursos Hídricos (CPRH/INPA)

Coordenação de Pesquisas em Produtos Naturais (CPPN/INPA)

Laboratório de Análises de Solos e Planta I e II

Laboratório de Princípios Ativos da Amazônia (LAPAAM/CPPN/INPA), pelas análises.

Fundação de Amparo a Pesquisas do Amazonas (FAPEAM)

Programa de Pós-Graduação do INPA

Curso de Pós Graduação em Agricultura no Trópico Úmido (ATU/INPA)

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA/UNICAMP)

Aos colegas Bruno José Castro Lima, Darcilene Pereira da Silva, Gina Janet Vargas Pinedo, Jonas Morais filho, Jonas de Oliveira Morais, Mozanei Porfírio da Trindade e Sandoval do Nascimento Morais.

Aos integrantes do Laboratório Temático de Solos e Plantas I e II.

Ao orientador Dr. Newton Paulo de Souza Falcão, aos co-orientadores Dr. Pedro Melillo de Magalhães e Adrian Pohlit Martin.

As vítimas e pesquisadores que lutam ou morreram lutando pelo combate a Malária e que seus esforços se fazem onipresentes na história desta enfermidade humana.

## **EPÍGRAFE**

‘’ Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo,  
qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim ‘’.

*Chico Xavier*

## RESUMO

Este estudo teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes tipos de solos com adição de solução nutritiva na produção de biomassa e teor de artemisinina em *Artemisia annua* L. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agronômicas (CPCA) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5, com dez repetições, sendo cinco classes de solo (Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (*PVAd*); Espodossolo Ferrihumilúvicos Órtico (*ESK<sub>o</sub>*); Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (*GXve*); Latossolo Amarelo Eutrófico (*L<sub>Ae</sub>*); Latossolo Amarelo Distrófico típico (*L<sub>Ad</sub>*), classificados segundo EMBRAPA (2006), tratados com aplicação de solução nutritiva completa Sarruge & Haag (1974). As plantas cultivadas em solo de *L<sub>Ae</sub>* e *GXve* obtiveram maior produtividade de biomassa, diâmetro do caule, peso seco da raiz e número de folhas em relação aos demais tratamentos. O teor de artemisinina diferiu apenas em plantas cultivadas em *PVAd*, ao qual não foi observado nenhum padrão de caráter nutricional que pressupõe uma hipótese consistente. A aplicação de solução nutritiva diminuiu o teor de Alumínio dos solos, e consequentemente a percentagem de saturação do mesmo, aumentando a soma de bases, e a capacidade de troca catiônica (CTC). O teor nutricional foliar indicou que as plantas cultivadas em *L<sub>Ae</sub>* apresentam uma leve deficiência de Potássio, confirmada pela diagnose visual.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different soil types with the addition of nutrient solution in the production of biomass and artemisinin content in *Artemisia annua* L. The experiment was conducted in a greenhouse of the Research Coordination of Agricultural Sciences (SCAC) of the National Institute for Amazonian Research (INPA). The experimental design was completely randomized in factorial scheme 2x5, with ten replications, with five classes of soil (Typic Dystrophic Red-Yellow (*PVAd*); Spodosol Ferrihumilúvicos Orthic (*Esko*); Gleysol Haplic Eutrophic Ta (*GXve*); Typic Eutrophic (*Lae*); Yellow Latosol (*LAd*), classified according to EMBRAPA (2006), treated with application of complete nutrient solution Sarruge & Haag (1974). The plants grown in soil in *Lae* and *GXve* had higher biomass productivity, diameter of stem, root dry weight and leaf number compared to other treatments. artemisinin content differed only in plants grown in *PVAd*, which was not observed any nutritional standard of character which requires a consistent hypothesis. The application of nutrient solution decreased Aluminum content of the soil, and consequently the percentage of saturation of the same, increasing the sum of bases, and cation exchange capacity (CEC). The foliar nutrient content indicated that plants grown in *Lae* show a slight deficiency of potassium, confirmed by visual symptoms.

## SUMÁRIO

	<b>Pág.</b>
• Introdução.....	
.....01	
• REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	
.03	
2.1. Malária.....	03
2.2. Agente etiológico e vetor.....	03
2.3. Artemisinina (princípio ativo).....	04
2.4. <i>Artemisia annua</i> L.....	05
2.5. Cultivo.....	06
2.6. Exigências nutricionais.....	08
2.6.1. Macronutrientes.....	08
2.6.2. Micronutrientes.....	10
2.7. Solução nutritiva.....	10
2.8. Solos da Amazônia.....	11
2.8.1. Características dos solos estudados.....	11
3. OBJETIVOS.....	13
3.1. Geral.....	13
3.2. Específicos.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1. Local e Delineamento experimental.....	14
4.2. Coleta de solos.....	15
4.3. Mudas de <i>Artemisia annua</i> L.....	16
4.4. Avaliações da planta.....	16
4.5. Preparo da solução nutritiva.....	17
4.6. Análises.....	18
4.6.1. Fertilidade do solo.....	18
4.6.2. Nutrição da planta.....	20
4.6.3. Determinação do teor de artemisinina.....	21
4.6.4. Estatística.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5.1. Fertilidade do solo.....	23
5.1.1. Influência dos tratamentos nos teores de macronutrientes no solo (Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio).....	23
5.1.2. Relação C/N e matéria orgânica.....	25
5.1.3. Micronutrientes.....	26
5.1.5. Potencial hidrogeniônico.....	27
5.2. Nutrição da planta.....	28
5.2.1. Influência dos tratamentos nos teores de macronutrientes na planta (Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio).....	28
5.2.2. Micronutrientes.....	29
5.2.3. Diagnose Visual.....	30
5.3. Produtividade.....	33
5.4. Teor de artemisinina.....	34
5.5. Peso seco da raiz.....	36
5.6. Altura.....	38
5.7. Diâmetro do caule.....	39

5.8. Número de ramos.....	40
6. CONCLUSÃO.....	42
7. REFERÊNCIAS CONSULTADAS.....	43

## LISTA DE TABELAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabela 1.</b> Capacidade de campo (cc) dos solos utilizados no experimento.....	15
<b>Tabela 2.</b> Condições de temperatura da casa de vegetação durante o experimento entre os meses de setembro e dezembro.....	16
<b>Tabela 3.</b> Composição química das soluções nutritivas (ml/L), Sarruge (1975).....	17
<b>Tabela 4.</b> Análise da fertilidade dos diferentes tipos de solos da Amazônia Central.....	20
<b>Tabela 5.</b> Parâmetros de fertilidade dos diferentes tipos de solos da Amazônia Central .....	20
<b>Tabela 6.</b> Análise química dos solos com a aplicação de solução nutritiva após um período de três meses de crescimento da <i>Artemisia annua</i> L. em casa de vegetação.....	24
<b>Tabela 7.</b> Parâmetros de fertilidade do solo após cultivo de <i>Artemisia annua</i> L. em diferentes solos da Amazônia Central com aplicação de solução nutritiva .....	26
<b>Tabela 8.</b> Análises química foliar de <i>Artemisia annua</i> L. cultivada em diferentes tipos de solos com a aplicação de solução nutritiva. ....	29

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Estrutura molecular de artemisinina (Magalhães, 1996).....	4
<b>Figura 2.</b> <i>Artemisia annua</i> L., com três meses de crescimento (casa de vegetação/INPA).....	5
<b>Figura 3.</b> Sementeira (64 células) com mudas de <i>Artemisia annua</i> L. cultivadas em substrato comercial com 30 dias de plantio.....	16
<b>Figura 4.</b> Potencial hidrogeniônico dos solos cultivados por <i>Artemisia annua</i> L. em diferentes tipos de solo com solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).....	27
<b>Figura 5.</b> Sintomas nutricionais em folhas (retiradas da base) de <i>Artemisia annua</i> L.: cultivada em LAe (controle) na presença de solução nutritiva a direita com três meses de crescimento em casa de vegetação.....	30
<b>Figura 6.</b> Sintomas nutricionais dos tratamentos controle da folha da base de <i>Artemisia annua</i> L. cultivada em ESKo (esquerda) e LAd (a direita) com dois meses de crescimento em casa de vegetação.....	31
<b>Figura 7.</b> Sintomas nutricionais da <i>Artemisia annua</i> L. cultivada nos diferentes tipos de solos com dois meses de crescimento em casa de vegetação, acima as plantas que receberam solução nutritiva e abaixo o tratamento controle.....	32
<b>Figura 8.</b> Biomassa seca da parte aérea da <i>Artemisia annua</i> L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Central com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).....	33
<b>Figura 9.</b> Teor de artemisinina da <i>Artemisia annua</i> L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Central com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).....	34
<b>Figura 10.</b> Placa cromatográfica referentes à determinação de artemisinina.....	35
<b>Figura 11.</b> Peso seco da raiz de <i>Artemisia annua</i> L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Central com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).....	36
<b>Figura 12.</b> Raiz das plantas de <i>Artemisia annua</i> L. cultivadas em diferentes tipos de solos da Amazônia Central por um período de três meses em casa de vegetação.....	37
<b>Figura 13.</b> Altura da <i>Artemisia annua</i> L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Central com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).....	38
<b>Figura 14.</b> Avaliação da taxa de crescimento de plantas de <i>Artemisia annua</i> L. cultivadas em solos da Amazônia Central sob efeito da aplicação de solução nutritiva (SN) e controle (C), semanas representadas por médias a cada duas semanas.....	39

**Figura 15.** Diâmetro do caule de plantas de *Artemisia annua* L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Central com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).....40

**Figura 16.** Número de ramos da *Artemisia annua* L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Central com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).....41

## 1. Introdução

De acordo com a Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (RENISUS, 2009), a qual prevê uma relação de plantas medicinais e de fitoterápicos a serem disponibilizados criteriosamente no sistema de saúde, foi observado para o caso da malária, que a espécie vegetal de maior interesse em função do uso comprovado e do respaldo científico sobre sua eficácia e segurança é a *Artemisia absinthium*, que possui o mesmo princípio ativo da planta *Artemisia annua* L.

A *A. annua* L. foi estudada no Brasil a partir da década de 80, resultando em genótipos selecionados de altos rendimentos em princípio ativos e adaptados para serem cultivados em regiões intertropicais. O grupo do Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), é responsável pelo melhoramento genético da espécie, fornece atualmente o genótipo para diversos países.

Cada família, gênero ou espécie de planta medicinal está adaptado às condições próprias do ambiente, onde a mesma se desenvolveu durante muitos anos. Daí a dificuldade do desenvolvimento de sistemas de produção de determinadas espécies fora do seu ambiente natural. Nesse contexto, a agrotecnologia de algumas plantas medicinais que apresentam grande potencial na indústria farmacêutica torna-se um trabalho de fundamental importância para o desenvolvimento de técnicas de germinação, produção de mudas, transplântio, tratamentos culturais fertilização, bem como o cultivo em larga escala ou também em ambientes controlados, são de grande importância.

Sendo a espécie largamente utilizada com sucesso terapêutico contra a malária, inclusive sob a forma de infusão em países africanos e asiáticos, existe a possibilidade de, ao se desenvolver genótipo de *A. annua* L. adaptado à condição Amazônica, ampliar o benefício da espécie como prática interativa ao tratamento de casos de malária, principalmente em comunidades ribeirinhas em áreas remotas. Devido à longa estabilidade do princípio ativo em biomassa seca, as comunidades poderão estocar os produtos para serem utilizados prontamente quando necessário, facilitando assim a sua distribuição.

Os genótipos selecionados de *A. annua* L. pelo CPQBA-UNICAMP, representam excelente material para o desdobramento da pesquisa para a região amazônica onde uma segunda seleção é recomendada para baixas latitudes nos ecossistemas. A expectativa de impacto ecológico devido à introdução desta espécie na Amazônia é mínima, pois se trata de

espécie de ciclo anual, porte herbáceo e as áreas necessárias são pequenas, próprias inclusive para o sistema de agricultura familiar, possível em comunidades.

Devido a um elevado índice de casos de malária nos trópicos, como ocorre na Amazônia, está se estudando a viabilidade do cultivo da planta em comunidades que possuam ecossistemas diferenciados de solos, no intuito de se conhecer o melhor bioma para o desenvolvimento da espécie.

Os ensaios com *A. annua* L. na região Amazônica são necessários e oportunos e para o melhoramento genético nos ecossistemas amazônicos. Portanto, ao se obter a matéria prima para antimaláricos na própria região amazônica, tem-se um grande alcance estratégico na luta contra a malária inclusive para melhorar a distribuição dos medicamentos que poderão contemplar formas mais simples, desde que eficazes e seguras, principalmente para comunidades ribeirinhas em áreas remotas da Amazônia, onde a malária é endêmica e crescente.

**Palavras-chave:** *Artemisia annua* L.; artemisinina; nutrição de plantas; planta medicinal e fertilidade do solo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Malária

A malária é uma típica doença parasitária das regiões tropicais e subtropicais que aflige o ser humano ao longo de sua existência. A estimativa mundial de ocorrência da doença é da ordem de 247 milhões de casos clínicos no ano de 2006 e a mortalidade é superior a 881 mil (WHO, 2008).

No Brasil, 98% da transmissão da malária concentra-se na Amazônia Legal, composta pelos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, abrangendo cerca de 807 municípios. Na região amazônica, 79 municípios foram classificados como de alto risco, dos quais 11 apresentaram incidência acima de 300 casos/mil habitantes. A incidência de malária é semelhante nos diversos grupos etários, sendo menor apenas nos maiores de 60 anos e menores de um ano de idade. A maior transmissão da doença coincide com o período após as chuvas, quando existem condições propícias a proliferação do vetor no meio aquoso (Ministério da Saúde, 2008).

Segundo Magalhães (1996b), vários autores apontam soluções diversas para o controle da doença, mas o fato é que, até hoje, o problema persiste e não se estabiliza, em função de alguns fatores: resistência dos parasitos a drogas tradicionais; tolerância dos vetores aos inseticidas; aumento das áreas desmatadas e desflorestadas e populações não adaptadas, que imigram para tais áreas de risco (por motivos econômicos e outros).

### 2.2. Agente etiológico e vetor

Os parasitos causadores de malária pertencem ao gênero *Plasmodium*, sendo quatro espécies que parasitam o homem: *Plasmodium falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* e *P. ovale*. O *P. falciparum* é a mais grave, pois causa fortes dores de cabeça e derrame cerebral sendo responsável por 80% das mortes. O vetor, no caso da malária humana, são mosquitos do gênero *Anopheles*. (Klayman, *apud* Quitério, 2006).

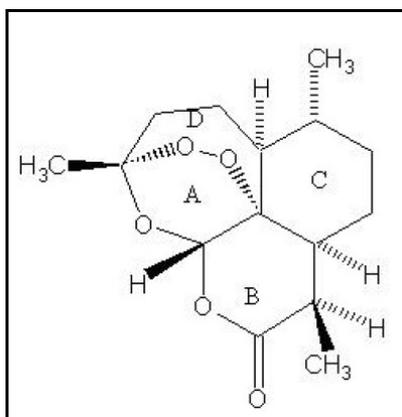
Em 2007, apenas três estados, Amazonas, Rondônia e Pará foram registrados cerca de 354 mil casos, o que corresponde a 78% das ocorrências. No Brasil, há transmissão de três espécies de malária, *P. vivax*, *P. falciparum* e *P. malariae*. No entanto, as infecções causadas por *P. vivax* predominam (Ministério da Saúde, 2008).

### 2.3. Artemisinina (princípio ativo)

Com o surgimento do mosquito *Anopheles* resistente aos inseticidas e o aparecimento de cepas principalmente do *P. falciparum*, resistentes às drogas para o combate a malária como a cloroquina e a mefloquina (derivados da casca da árvore peruana conhecida como *Cinchona*), há uma necessidade urgente de alternativas seguras para as drogas que estão perdendo eficácia (Butler *et al.*, *apud* Marchese, 1999).

Na década de 60, a república popular da China teve início um programa sistemático em busca de novos fármacos, empregando plantas nativas usadas como remédios em sua medicina tradicional (Klayman, *apud* Marchese, 1999). Uma dessas plantas, *Artemisia annua* L., já tinha uma longa história de uso. Conhecida como “*Qinghaosu*” desde 168 a.C., foi usada inicialmente no tratamento de hemorróidas. No ano 340 d.C., a *A. annua* L. foi descrita como antifebril no Manual de Prescrições para Emergências, escrito por Ge Heng. Em 1596, foi descrito no compêndio de matéria médica que a febre poderia ser combatida com preparações de *A. annua* (Meshnick, *apud* Taranto, 2006).

Em 1798, a decocção de *A. annua* L. foi sugerida como tratamento para a malária. O princípio ativo da *A. annua* L. ficou conhecido no ocidente como artemisinina (Figura1), sendo citada pelo *Chemical Abstracts* como “artemisinin”. Em 1979, o *Qinghaosu Antimalaria Coordinating Research Group* descreveu que 2.099 casos de malária foram tratados com *A. annua* L. e todos os pacientes, levados à cura clínica (Klayman, *apud* Quitério 2006).



**Figura1.** Estrutura molecular de artemisinina (Magalhães, 1996b).

A artemisinina é o princípio antimalárico isolado da *A. annua* L. por cientistas chineses. A artemisinina e seus derivados são esquizotóxicos potentes e de ação rápida, provocando a eliminação do parasito e melhora dos sintomas em menos tempo que a cloroquina ou a quinina. Atinge diretamente a corrente sanguínea local, penetrando nas hemácias e destruindo a membrana do *Plasmodium* (Bunnag, *apud* Salcedo, 1997).

Há uma preocupação geral de que o uso abusivo de apresentações orais de artemisinina e seus derivados poderiam acarretar um declínio rápido em sua eficácia. A fim de preservar sua potente ação antimalárica, o uso de artemisinina e seus derivados devem restringir-se principalmente ao tratamento de malária grave em áreas de multirresistência do *P. falciparum* (Ministério da Saúde, 2001).

#### 2.4. *Artemisia annua* L.

*A. annua* L. (Figura 2) é uma planta anual, herbácea, aromática, pertencente à família *Asteraceae*, sua altura varia de 0,80 a 2 m (Ferreira *et al.*, *apud* Marchese, 1999), possui fecundação cruzada e multiplica-se por sementes, além de propagar-se vegetativamente por estacas ou por cultura de tecidos (Magalhães, 1996b). Ocorre naturalmente como parte da vegetação das planícies ao norte das províncias de *Chadar e Suiyan*, na China, entre 1.000 e 1.500 m de altitude.

A área geográfica de *A. annua* L. é fundamental em determinar as áreas potenciais para cultivo. Apesar de *A. annua* L. originária em clima temperado, pode crescer muito bem em muito em clima tropical (Woerdenbag *et al.*, *apud* Ferreira, 2005).



**Figura 2.** *Artemisia annua* L., com três meses de crescimento (casa de vegetação/INPA).

Segundo Ferreira *et al.* (*apud* Marchese, 1999) a distribuição de artemisinina na planta está concentrada em suas folhas e inflorescências, com baixos teores nos talos e nenhuma na raiz e pólen, e os tricomas glandulares que ocorrem nas folhas, colmos e flores são os prováveis sítios de acumulação de artemisinina. A família *Asteraceae* engloba cerca de 1.100 gêneros com aproximadamente 25.000 espécies e o gênero *Artemisia* possui em torno de 400 espécies (Heywood *et al.*, *apud* Magalhães, 1996b).

## 2.5. Cultivo

A administração de artemisinina com outros fármacos antimaláricos (Terapia Combinada à Base de Artemisinina - TCA) tem sido recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) desde 2001 onde a resistência a drogas antimaláricas convencional tem sido observada. De 2001 a 2004, 53 países na África, Ásia, e América do Sul adotaram atuar como primeiro ou segunda linha antimalárica a cloroquina, onde não é mais eficaz. Esta recomendação causou a procura de artemisinina para aumentar, levando à escassez de abastecimento até 2004, embora a situação foi recentemente relatado como estando sob controle (Cyranoski, *apud* Ferreira, 2007).

Para atender à demanda gerada pela recomendação da OMS, empresas de produção expandiram o cultivo de *A. annua* L. área de 200 para cerca de 1.600 hectares, no Quênia, Tanzânia e Uganda. Esta área está em expansão com o cultivo de artemísia em Moçambique, Malawi, Zâmbia, Senegal, Gana, Ruanda, África do Sul e Madagáscar. Na China, os produtores e os agricultores associados têm anunciado sua intenção de aumentar a produção anual de artemisinina 14-40 toneladas por ano. Estima-se que a área mundial necessárias para satisfazer a demanda está calculada entre 10.000 e 11.000 hectares, com base na estimativa de que um hectare de *A. annua* L. produz artemisinina para o tratamento de 25.000 adultos (NAS, 2004).

Na Índia experimentos com *A. annua* L. cultivada em solos muito diferentes pHs 4,9 e 9,9, obtiveram rendimentos de óleo essencial respectivamente, com de 75% e 25% (Prasad *et al.*, *apud* Ferreira, 2005). Foi demonstrado que algumas linhagens de *A. annua* L. são sensíveis ao pH do solo abaixo 5,0 a 5,5 (Laughlin *apud* Ferreira, 2005).

A época de plantio é importante para o estabelecimento da cultura no início da estação chuvosa, que permiti o rápido crescimento nas fases iniciais da colheita e da produção de maior biomassa antes da floração. Em Indiana, E.U.A., um experimento em casa de vegetação

com temperatura constante de 27 °C utilizando estacas mostraram que *A. annua* L. que é uma planta de dias curtos, floresceu após duas semanas de exposição aos fotoperíodos de 8, 10 e 12 horas, mas não de 16, 20 ou 24 horas (Ferreira *et al.*, 1997).

As sementes da planta permanecem viáveis por até três anos se armazenado em local seco e fresco (Ferreira *et al.*, 1997). Vários pesquisadores transplantam *A. annua* L. para o campo quando as plantas possuem dez folhas, que exige de 4 a 6 semanas de crescimento em casa de vegetação. A propagação vegetativa da *A. annua* L. é normalmente realizada a partir de estacas. Os brotos podem ser tomados a partir de plantas jovens ou adultos e têm uma taxa de enraizamento de 95 a 99%. As estacas formarão raízes com cerca de duas semanas em uma câmara de nebulização (Ferreira, *apud* Magalhães, 1996b).

Embora o método de estacas produza plantas homogêneas, quanto ao teor de artemisinina, não é considerado viável para grandes áreas destinadas para fins comerciais produção. Por outro lado, as sementes geradas por plantas varia muito em conteúdo de artemisinina, que podem chegar a 1,5% (Debrunner *et al.*, *apud* Ferreira, 2005).

Outro experimento de campo perto de Hanói foi realizado com uma cepa vietnamita de *A. annua* L. obteve a máxima produção de matéria seca de folhas (5,3 t ha<sup>-1</sup>), máximo da concentração de artemisinina foi de 0,86% e máximo rendimento de artemisinina foi de 45,4 kg ha<sup>-1</sup> ocorreram na fase vegetativa com o comprimento do dia 13 horas (Woerdenbag *et al.*, *apud* Ferreira, 2005).

Na Tasmânia (Austrália), um experimento de campo com uma variedade Iugoslava comparou 1, 5, 10, 15 e 20 plantas/m<sup>2</sup>, descobrindo que o rendimento de biomassa foi maior em uma densidade de 20 plantas/m<sup>2</sup>. No entanto, 10 plantas/m<sup>2</sup> permitiram cerca de 90% do máximo de rendimento de 6,8 t ha<sup>-1</sup> (Laughlin, *apud* Ferreira, 2005).

A *A. annua* L. requer a umidade do solo adequada, devendo ser cultivada no início da estação das chuvas, com freqüentes irrigações para garantir bom estabelecimento da cultura. A freqüência de irrigação dependerá do solo tipo, o clima e a estação. Outro motivo para evitar a queda de umidade no solo é a possibilidade da “queima” por fertilizante. Esse problema é causado por um prejudicial efeito osmótico de altas concentrações de solúvel e elementos móveis, tais como Nitrogênio (N) e Potássio (K) (Laughlin & Chung, *apud* Ferreira, 2005).

Embora os níveis de artemisinina realizados pelas plantas são na sua maioria ligadas a fatores genéticos, o trabalho de Simonnet *et al.* (*apud* Ferreira, 2005) indicou que é possível

artemisinina aumentar até 30% depois que as plantas colhidas são deixadas para secar a pleno sol por 20 a 30 dias.

Padrões similares do aumento da concentração de artemisinina em plantas secas ao sol de *A. annua* L. de 21 dias foram descritas por Laughlin (*apud* Quitério, 2006). Este aumento pode ser devido ao foto-estresse oxidativo sofrido pelas plantas durante o processo de secagem.

## 2.6. Exigências Nutricionais

### 2.6.1. Macronutrientes

Existem poucas publicações sobre crescimento vegetativo de *A. annua* L. e respostas específicas para os teores de macro e micronutrientes, de seus efeitos sobre a concentração de artemisinina e compostos afins.

A *A. annua* L. pode ser cultivada em uma ampla gama de pH (5,0-8,0), dependendo da origem vegetal, mas existem poucos estudos sobre o efeito do pH do solo na o crescimento vegetativo e concentração de artemisinina em *A. annua* L. Na Tasmânia, na Austrália, o efeito de 10 t ha<sup>-1</sup> de calcário moído fino (carbonato de cálcio) aumentou o pH do solo de 5,0 a 5,5 e o rendimento de matéria seca da variedade iugoslava tensão aumentou 1,0 para 6,5 t ha<sup>-1</sup>, enquanto a chinesa aumentou de 4,5 para 8,0 t ha<sup>-1</sup> (Laughlin, *apud* Ferreira, 2005).

Foi obtido em um experimento no Mississippi (E.U.A.), o aumento significativo da matéria seca das folhas (1 a 3 t ha<sup>-1</sup>), aplicando-se uniformemente no solo uma adubação completa (100 kg de N, 100 kg de P e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K) (WHO, 2008). Da mesma forma na Tasmânia, Austrália foi obtida em experimentos 6,12 t ha<sup>-1</sup> de folhas secas com uma mistura de adubo contendo 60 kg de Nitrogênio, 60 kg de Fósforo e 50 kg ha<sup>-1</sup> de Potássio (Laughlin, *apud* Ferreira, 2005).

Existem alguns trabalhos sobre a resposta da *A. annua* L. para Nitrogênio em condições de campo, e Fósforo e Potássio em cultura de tecidos. Liu *et al.* (*apud* Ferreira, 2005) relatou que o aumento da biomassa da planta, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e teor de artemisinina (0,05 - 0,20 %) até 200 mg L.

Experiências em Indiana (E.U.A.), comparando três doses de Nitrogênio (0; 67 e 134 kg N ha<sup>-1</sup>) e três densidades de plantas (27.778; 55.555 e 111.111 plantas/ha<sup>-1</sup>). O estudo obteve quantidades elevadas de óleo essencial (85 kg ha<sup>-1</sup>) e biomassa fresca total de plantas

(30 t ha<sup>-1</sup>). Estudos hidropônicos no Brasil concluíram que a omissão de Nitrogênio ou Fósforo reduz drasticamente o crescimento das plantas e da produção de matéria seca (Figueira, *apud* Ferreira, 2005).

Posteriormente experiências no campo com adubação nitrogenada em dosagens de 0; 32; 64 e 97 kg N ha<sup>-1</sup> aplicados como uréia (Magalhães *et al.*, 1996a). Neste ensaio, obteve-se o rendimento de folha seca em torno de 2.420 kg ha<sup>-1</sup>, e rendimento de artemisinina de 26 kg ha<sup>-1</sup> obtida em 0 kg N ha<sup>-1</sup> aumentou para 4.690 kg ha<sup>-1</sup> a matéria foliar seca e 41 kg ha<sup>-1</sup> de artemisinina em 97 kg N ha<sup>-1</sup>, embora a concentração de artemisinina por planta foi reduzida por 22% a essa alta dose de N, a taxa de 64 kg N ha<sup>-1</sup> resultou em 3.880 kg ha<sup>-1</sup> de biomassa e produção de artemisinina 40,4 kg ha<sup>-1</sup> (um aumento de 51% a 0 kg N ha<sup>-1</sup>).

A comparação das diferentes formas de Nitrogênio disponível, tais como a uréia e nitrato de amônio, com sulfato de amônio e nitrato de amônio podem ser úteis. O sulfato de amônio foi comparado com o nitrato de amônio em um campo experimento em solo arenoso, na Suíça. Quando 90 kg N ha<sup>-1</sup> foi aplicado, tanto formas de Nitrogênio foliar aumentou produção de matéria seca e o rendimento artemisinina em cerca de 50%. No entanto, um cultivo hidropônico sugere que uma maior proporção de nitrato de amônio que pode induzir melhor biomassa foliar (Magalhães *et al.*, 1996a).

Figueira (*apud* Ferreira, 2005) desenvolveu um estudo em hidroponia onde avaliou a influência de nutrientes na produção de artemisinina, verificando que a omissão dos elementos N, P, K, Ca, Mg ou S diminuiu drasticamente a produção de matéria seca e limitou a produção de artemisinina e ácido artemisinínico.

### **2.6.2. Micronutrientes**

Experimentos com uma estirpe de *A. annua* L. (Washington, DC) mostrou que os baixos níveis dos micronutrientes Ferro, Manganês, Cobre, Zinco e Boro, quando comparados aos níveis superiores, resultaram em reduções significativas na altura das plantas (26 - 63% mais curtos), peso fresco (19 - 45% mais leves) e seco acumulação (18 - 49% mais leves) (Chen & Zhang, *apud* Figueira, 1995). Nos estudos de Srivastava & Sharma (*apud* Ferreira, 2005) a artemisinina nas plantas foi em média, 0,02% (w/w), diminuído significativamente em plantas submetidas a níveis baixos de Ferro (duas vezes mais baixa), Cobre (20x menor), Zinco (10x inferior) e Boro (10x menor).

## **2.7. Solução nutritiva**

A utilização de solução nutritiva, que constitui uma importante técnica para a realização de estudos envolvendo aspectos associados à nutrição de plantas, tais como: eficiência de absorção e utilização de nutrientes; caracterização de sintomatologias de carências e excessos de nutrientes; estudos sobre aspectos histológicos, morfológicos e anatômicos de raízes submetidas a diferentes teores e relações entre nutrientes; translocação e compartimentalização de nutrientes nas plantas; interações – antagonismo e sinergismo – entre nutrientes, etc. (Lehmann *et al.*, 2003b).

De fato, o grau de controle que se pode exercer sobre os fatores em estudo, quando se trabalha com solução nutritiva, é muito maior do que em condições de solo. Dessa forma, em solução, pode-se discriminar e avaliar melhor os efeitos e as causas, o que permite maior entendimento do fenômeno ou aspecto em estudo. A partir desta compreensão o grau de previsão e extrapolação de resultados é sensivelmente melhorado. Não obstante esses aspectos, os fatores testados em condições de solução nutritiva devem também ser avaliados em condições de solo – casa de vegetação e campo – para melhor validação das informações obtidas (Malavolta, 1997).

## **2.8. Solos da Amazônia**

A Amazônia Central apresenta uma grande variedade de solos que, em sua grande maioria, exibem elevada acidez, baixa capacidade de troca catiônica e baixa fertilidade natural (Vieira, 1975).

Cerca de 75% dos solos da região Amazônica pertencem as classes dos Latossolos e dos Argissolos, ambos caracterizados por apresentar baixa concentração de bases trocáveis, minerais de argila de atividade baixa como a caulinita e óxidos e hidróxidos de Ferro e Alumínio, baixa disponibilidade de Fósforo, elevada acidez e, conseqüentemente, maior concentração de Alumínio trocável e, em certos casos, Manganês, ambos tóxicos para maioria das plantas. Nos 25% restantes estão ainda incluídos os solos extremamente arenosos e quimicamente pobres, onde a vegetação natural é em geral do tipo savana (3,3%), e as áreas com problemas de drenagem (13,6%). Os solos moderadamente férteis e bem drenados ocupam cerca de 8,4% da região, correspondendo a uma extensão de aproximadamente 40 milhões de hectares (Vieira, 1975).

### 2.8.1. Características dos solos estudados

**Latossolo Amarelo com A antrópico (LAe - Terra Preta de Índio)** – As Terras Preta de Índio (TPI) são solos que exibem coloração escura, elevada fertilidade, capacidade de retenção de nutrientes, apresentando altos teores de carbono orgânico, Cálcio, Magnésio e Fósforo e possuem alta saturação de base ( $V \leq 50\%$ ). São manchas de solo que ocorrem por toda a Amazônia, geralmente encontradas próximas aos cursos de água, em locais bem drenados (Falcão *et al.*, 2001).

Uma hipótese mais recente sobre a origem das Terras Pretas acredita que o aparecimento e a persistência desses solos são resultados do acúmulo gradual de matéria orgânica, fragmentos de carvão e de cerâmica, feito pelo homem ao longo do tempo, em áreas de assentamentos humanos pré-colombianos (Lehmann *et al.*, 2003a; Woods & McCann, 1999).

**Latossolo Amarelo Distrófico típico (LAd)** – São em geral solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos, encontrados em zonas que apresentam estação seca pronunciada, semi-áridas ou não, ou ainda por influência de rochas básicas ou calcárias. Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, sendo normalmente muito profundos de avançado estágio de intemperização (Embrapa, 2006).

Esta classe de solo ocorre em regiões equatorial, tropicais e subtropicais, nos tabuleiros costeiros e numa extensão muito grande da Amazônia. Possui baixos teores de  $Fe_2O_3$ , cor amarelada e são tipicamente caulínítico e goethítico, apresentando os torrões com uma grande coerência. É quase sempre álico (alta saturação por Alumínio) segundo Resende *et al.*, 1999.

**Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd)** – Compreende solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila a arenosa de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico, e saturação de alumínio a 50%. Possui textura arenosa desde a superfície até a profundidade superior a 100 cm e com horizonte B textural dentro de 200 cm da superfície do solo (Embrapa, 2006).

**Espodossolo Cárbico Órtico (ESKo)** – Compreende solos constituídos por material mineral com horizonte B espódico subjacente a horizonte eluvial E (álbico ou não), ou subjacente a horizonte A, que pode ser de qualquer tipo. A textura do solo é predominantemente arenosa, sendo menos comumente textura média e raramente argilosa, de drenagem variável, muito pobre em fertilidade, moderada a fortemente ácidos, normalmente com saturação por bases baixa, podendo ocorrer altos teores de alumínio. Em geral, estão associados aos ambientes de restingas, mas ocorrem em outros tipos de vegetação (Embrapa, 2006).

**Gleissolo Háptico Ta eutrófico (GXve)** – Estes solos mal drenados, em condições de hidromorfia, estão concentrados em planícies de inundação, cujos sedimentos começaram a se depositar no holoceno durante os últimos 10.000 anos, é parental de solos andinos e pré-andinos, localizados a cerca de 3.500 km a oeste (Padoch *et al.*, 2000). Solos com argila de atividade alta e alta saturação por bases ( $V \geq 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 100cm a partir da superfície do solo (Embrapa, 2006).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Geral**

- Efeito de diferentes tipos de solos com e sem adição de solução nutritiva na produção de biomassa e teor de artemisinina em *Artemisia annua* L.

#### **3.2. Específicos**

- Avaliar os parâmetros biométricos da planta (número de ramos, diâmetro do caule, altura da planta e biomassa da raiz) em função da aplicação de solução nutritiva nos diferentes tipos de solo;
- Avaliar a produtividade de biomassa e teor de artemisinina em função dos tratamentos,
- Avaliar a nutrição da planta e a fertilidade dos diferentes tipos de solos em função dos tratamentos.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Local e Delineamento experimental

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agronômicas (CPCA) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Segundo Ribeiro (1976), o clima da região é do tipo “Afi” de temperatura média anual de 26°C, e máxima de 32 °C, a umidade relativa do ar é muito elevada apresentando entre 71 % e 91 % ao longo do ano.

O estudo foi realizado entre os meses de outubro e dezembro, sendo o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5, com dez repetições, sendo cinco tipos de solos da Amazônia Central tratados com aplicação de solução nutritiva completa (Sarruge & Haag, 1974), totalizando em 100 unidades experimentais, utilizando vasos com capacidade de 2,5 Kg.

Foram utilizadas amostras de cinco classes de solos ocorrentes na Amazônia Central, classificados segundo Embrapa (2006), e seus respectivos locais de coleta foram:

- 1) **Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico** (*PVAd* / estação Experimental de Hortaliças / AM-010, Km 14);
- 2) **Espodossolo Ferrihumilúvicos Órtico** (*ESKo* / comunidade Barro Branco, Iranduba / AM);
- 3) **Gleissolo Háplico Ta Eutrófico** (*GXve* / campo experimental do INPA – Ariaú / Iranduba);
- 4) **Latossolo Amarelo Eutrófico** (*LAe* / Costa do Laranjal, Iranduba / AM), e
- 5) **Latossolo Amarelo Distrófico típico** (*LAd* / campo experimental da UFAM, BR 174 / Km 38).

## 4.2. Coleta de dados

A coleta do solo foi realizada com tempo ensolarado, o solo úmido, o auxílio de uma pá, o ponto de amostragem foi limpo superficialmente para retirada da vegetação. Foram coletadas amostras da camada de 0 a 20 cm de profundidade de cada classe dos solos estudados e armazenados em sacos de polietileno para posteriores análises e para utilização no experimento. O solo coletados foram encaminhadas para os procedimentos de secagem à temperatura ambiente para formação de terra seca fina ao ar (TSFA), foram destorroados e em seguida passados em peneira com malha de 20 mm de diâmetro. Os mesmos foram submetidos à caracterização química no Laboratório Temático de Solos e Planta (LTSP / CPCA / INPA) e tiveram sua capacidade de campo (Carvalho, 2001) determinada para controle de umidade durante o experimento, determinando assim o volume de água a necessidades hídricas de cada tipo de solo.

Após os solos serem secos, destorroados, passados em peneirados e postos nos vasos, foram devidamente umedecidos por uma semana respeitando suas respectivas capacidades de campo, para que os solos tivessem semelhante aspecto de quando estivera em campo. Os vasos foram casualizados entre os tratamentos e os tipos de solos, no intuito da eliminação de qualquer influência ambiental no crescimento ou variabilidade experimental, atribuída a determinada posição em casa de vegetação, contribuindo estatisticamente para igualar probabilidades dos tratamentos.

A aplicação da solução nutritiva nos vasos contendo os diferentes tipos de solo ocorreu antes dos transplântio das mudas de *A. annua* L., os mesmos foram irrigados com solução nutritiva completa (Sarruge e Haag, 1974). As soluções de Macro e Micronutrientes foram aplicadas na diluição de 1 L de água para cada vaso.

A tabela 1 demonstra a capacidade de campo dos solos estudados, representados em porcentagem, observando-se que o solo *LAd* apresentou a maior taxa de absorção de água e o solo *ESKo* o menor valor, isto sugere inferir que, esta diferença é justificada pelo teor de argila presente nos mesmos que influencia na densidade dos mesmos (Malavolta *et al.*, 1997).

**Tabela1.** Capacidade de campo (cc) dos solos utilizados no experimento.

Solo	<i>PVAd</i>	<i>ESKo</i>	<i>LAe</i> Kg	<i>GXve</i>	<i>LAd</i>
<b>Peso seco</b>	2,74	3,06	2,22	2,28	1,79
<b>Saturado</b>	3,67	3,81	3,07	3,11	2,84

### 4.3. Mudanças de *Artemisia annua* L.

As sementes *Artemisia annua* L. utilizadas na pesquisa foram as do cultivar CPQBA-Silves, fornecidas pela Embrapa Amazônia Ocidental. Utilizando sementeiras de isopor (64 células - figura 3), preenchidas com um substrato comercial PlantMax<sup>®</sup>, sendo possível cultivar as plantas em viveiro, mantendo-se a temperatura e umidades adequadas do ambiente.



**Figura 3.** Sementeira (64 células) com mudas de *Artemisia annua* L. cultivadas em substrato comercial com 30 dias de plantio.

Quando as plantas lançaram o segundo par de folhas definitivas, foram realizadas a repicagem das mesmas para vasos de polietileno com capacidade de 2,5 Kg de solo.

### 4.4. Avaliações da planta

Durante o desenvolvimento das plantas, no período do experimento, foi realizado o acompanhamento de temperatura (tabela 2) da casa de vegetação, constatando uma média máxima de 36 °C e mínima de 26 °C. Foram realizadas avaliações biométricas da planta tais como: altura, diâmetro do caule e número de ramos.

**Tabela 2.** Condições de temperatura da casa de vegetação durante o experimento, entre os meses de setembro a novembro.

Temperatura	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>
	Semanas										
T. Máx. (°C)	35	35	36	34	35	36	36	37	35	37	38
T. Mín. (°C)	27	27	26	24	25	27	30	28	27	28	29

Após o período de três meses de crescimento da plantas foi realizado o desbaste com auxílio de uma tesoura de poda fazendo um corte na base da planta e rente ao solo e fez-se a extração da raiz da mesma para secagem ao ar livre. Foi determinado o peso seco total da parte aérea para determinação da biomassa fresca, e após a secagem em estufa de circulação fechada a 45 °C (48 h) foi possível determinar o peso seco da parte aérea (biomassa seca) e o peso seco da raiz, segundo Malavolta *et al.*, 1997.

#### 4.5. Preparo da solução nutritiva

Os reagentes utilizados (tabela 3) foram classificados como P.A. (para análise) por ter uma elevada pureza química, no intuito de se evitar a introdução de agentes contaminantes e manter uma confiabilidade no teor nutricional aplicado. Para diluição dos reagentes foi utilizada água bidestilada cedida pela Coordenação de Pesquisas [Clima e Recursos Hídricos](#) (CPCRH) do Laboratório de Recursos Hídricos do INPA.

**Tabela 3.** Composição química das soluções nutritivas (ml/L), Sarruge (1975).

Soluções estoque	
Reagentes	g/100 ml
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	13,60
KNO <sub>3</sub>	10,11
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	23,61
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	24,64
KCl	7,45
CaCl <sub>2</sub>	11,09
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	11,5
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	8,0
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	13,2
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	14,8
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2,86
MnCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	1,81
ZnCl <sub>2</sub>	0,1
CuCl <sub>2</sub>	0,04
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> .Mo <sub>7</sub> .O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	0,0196
*Fe-EDTA	
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	2,41
Na-EDTA	2,51

\*A solução de Fe-EDTA é preparada com 26,1 g de EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético) dissódico em 286 mL de NaOH 1N (hidróxido de sódio a 1 N), misturando com 24,9 g de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (sulfato ferroso heptahidratado, arejando por uma noite e completando para um litro de água bi-destilada no dia seguinte.

A composição química dos nutrientes da solução nutritiva indicada por Sarruge (1975) em mg L<sup>-1</sup> foram: Nitrogênio (210,1), Fósforo (31), Potássio (234,6), Cálcio (200,4), Magnésio (48,6), S (64,1), Ferro (4), Boro (0,4), Manganês (0,4), Zinco (0,04), Cobre (0,0016) e Molibidênio (0,0008), segundo Rozane (2007).

Inicialmente os reagentes foram pesados, combinados e diluídos de tal forma a originar as soluções estoques, no Laboratório Temático de Solos e Planta (LTSP / CPCA / INPA), que consistiram de soluções concentradas a partir das quais, mediante a tomada de alíquotas, foram preparadas as soluções nutritivas aplicadas nos solos. As fontes de macro e micronutrientes foram manejadas de modo a dar origem a soluções 1M (um molar). Após preparo das soluções, as mesmas foram transferidas para frascos de cor escura sendo armazenados em geladeira e recobertos com papel alumínio para evitar reações químicas adversas pela luminosidade e temperatura ambiental.

#### **4.6. Análises**

Foram realizadas as análises de fertilidade do solo e nutrição da plantas (macro e micronutrientes) no Laboratório Temático de Solos e Planta I e II (LTSP / CPCA / INPA). Durante o experimento foram realizadas biometria da planta (número de ramos, altura e diâmetro do caule), além da diagnose visual para determinar algum tipo de alteração nutricional provocado pela deficiência ou excesso. Foi determinado o teor de artemisinina das folhas no Laboratório de Princípios Ativos da Amazônia (LAPAAM / INPA).

##### **4.6.1. Fertilidade do solo**

As análises químicas de solo, segundo Embrapa (1997), objetivaram a determinação dos macros e micronutrientes disponíveis. Amostras de solos de cada vaso foram coletadas antes e após o plantio, e com auxílio de uma pá de tamanho pequeno, foram retiradas amostras aleatórias e posteriormente homogeneizadas para compor três repetições, onde foram postas para secagem à temperatura ambiente. Após esta etapa, o mesmo foi destorroado e passado em peneira com malha de 2 mm denominando-o de terra fina seca ao ar (TFSA), sendo armazenado em saco plástico para posteriormente realizar as seguintes determinações:

Carbono orgânico (CO), determinado pelo método Walkley & Black, pela oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se

como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ ou aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal.

Potencial de hidrogênio - pH (em água) e pH (cloreto de potássio - KCl), analisados por meio de eletrodo combinado, imerso em suspensão solo:água na proporção de 1:2,5 mL.

Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) foram extraídos por KCl M (1M). Em outra fração do extrato o cálcio e magnésio serão determinados por Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA). O alumínio trocável, será através de titulação em uma fração do extrato com NaOH 0,025 N, na presença de azul de bromotimol como indicador.

Para Fósforo (P), Potássio (K), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) foi utilizada a solução extratora de Mehlich I, também chamada de solução de duplo-ácido ou Carolina do Norte, ela é constituída por uma mistura de HCl 0,05 M (ácido clorídrico a 1 molar) +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,0125 M (ácido sulfúrico). O emprego dessa solução como extratora de fósforo, potássio, sódio e micronutrientes do solo, baseia-se na solubilização desses elementos pelo efeito de pH, entre 2 e 3, sendo o papel do Cloro (Cl) o de restringir o processo de reabsorção dos fosfatos recém extraídos. A relação solo: extrato sugerido é de 1:10 mL.

A acidez potencial (H + Al) foi extraída pela acidez potencial dos solos com solução de acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato. A extração do  $\text{H}^{++} + \text{Al}^{+++}$  pelo acetato de cálcio é baseada na propriedade tampão do sal, decorrente da presença de ânions acetatos. Com o pH ajustado em 7, ele extrai grande parte da acidez potencial do solo até esse valor de pH.

O Nitrogênio foi pelo método que fundamentou-se na conversão do nitrogênio em sulfato de amônio por meio de uma digestão com uma mistura de sulfato de cobre, ácido sulfúrico e selenito de sódio. Posteriormente, em meio alcalino, o sulfato de amônio convertido da matéria orgânica libera amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) que, em câmara de difusão, é complexada em solução de ácido bórico contendo indicador misto, sendo a dosagem deste por meio da quantificação de  $\text{NH}_3$  liberada pela destilação do digerido. Finalmente, o N é determinado por acidimetria (ácido sulfúrico ou clorídrico). Assim o método processa-se em duas etapas: digestão sulfúrica e destilação seguida de titulação.

Na tabela 4 verifica-se que o solo de *Lae* apresentou o pH mais alcalino (6,32 – moderadamente ácido), maior teor de Nitrogênio, Fósforo, Cálcio, Magnésio, Carbono, Zinco. No *ESK*o nota-se o solo mais ácido (4,02 – extremamente ácido), maior teor de Alumínio, acidez potencial. Verifica-se no *GXve* apresentou maior teor de Potássio, Ferro e Manganês. A acidez potencial dos solos foi considerado média (Ribeiro *et al.*, 1999; Tomé Jr., 1997).

**Tabela 4.** Análise da fertilidade dos diferentes tipos de solos da Amazônia Central.

Solo	pH		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	ac.pot.	K	P	Fe	Zn	Mn	C	N
	H <sub>2</sub> O	KCl	.-----cmolc kg <sup>-1</sup> -----.				.-----mg kg <sup>-1</sup> -----.				.-----g kg <sup>-1</sup> -----.		
<b>PVAd</b>	4,83c	5,08ab	1,40b	0,05b	0,95b	4,24b	0,09b	0,04c	151,16b	0,23c	1,06c	6,97cd	0,66d
<b>ESKo</b>	4,02d	3,83b	0,02b	0,04b	1,49a	4,83a	0,05b	0,14c	147,33b	0,26c	0,63c	10b	0,89c
<b>LAe</b>	6,32a	5,90a	7,60a	1,91a	0,10c	3,81c	0,38b	158,23a	21c	9,90a	71,66b	15,31a	2,85a
<b>GXve</b>	5,39b	3,95b	5,06a	1,74a	0,84b	4,19b	6,50a	82,63b	535a	4,76b	88,33a	7,50bc	0,90c
<b>LAd</b>	4,96c	4,41b	0,07b	0,04b	0,79b	3,62d	0,41b	0,56c	49,33c	0,23c	0,50c	4,08d	1,76b
<b>CV%</b>	2,44	13,8	47,85	46,38	12,51	1,67	15,5	30,18	15,65	14,7	4,31	15,2	5,98

Obs.: Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (minúsculas = entre tratamentos).

. Observa-se na tabela 5 que os solos de *GXve* e *LAe* apresentou um maior capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7 (*T*) e CTC efetiva (*t*) muito bom, soma de bases trocáveis (*SB*) muito bom e percentagem de saturação de bases a pH 7 (*V%*) muito bom e percentagem de saturação por alumínio (*m%*) muito baixo (não prejudicial). Os solos *ESKo* e *PVAd* e *LAd* apresentaram a menor *SB* muito baixo, *t* médio, *T* médio, *ESKo* e *LAd* com *V%* muito baixo e *ESKo* baixo, também *PVAd* com *m%* alto (prejudicial), *ESKo* e *LAd* muito alto (muito prejudicial) (Ribeiro *et al.*, 1999; Tomé Jr., 1997).

**Tabela 5.** Parâmetros de fertilidade dos diferentes tipos de solos da Amazônia Central.

Solo	SB	t	m%	T	V%
			meq 100cm <sup>3</sup>		
<b>PVAd</b>	1,54c	2,49c	38,15c	5,78b	26,64b
<b>ESKo</b>	0,11d	1,6cd	93,13a	4,94b	2,23c
<b>LAe</b>	9,89b	9,99b	1,00d	13,70a	72,19a
<b>GXve</b>	13,3a	14,14a	5,94d	17,49a	76,04a
<b>LAd</b>	0,52d	1,31cd	60,31b	4,14b	12,56b

Obs.: Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (minúsculas = entre tratamentos). S= Soma de bases trocáveis; t= CTC efetiva; m%= percentagem de saturação por alumínio; T= CTC a pH 7; V%= percentagem de saturação de bases a pH 7.

#### 4.6.2. Nutrição da planta

As análises químicas de material vegetal objetivaram a determinação quantitativa de macro e micronutrientes. Foi coletada a parte aérea total das plantas (caule e folhas), sendo postas para secar em estufa com ventilação forçada a 60 °C durante 48 horas, a fim de se evitar degradação das substâncias antimetabólicas, em seguida realizada a pesagem do material para determinação do peso seco da matéria seca. Após a etapa de secagem do material vegetal

foi feita a moagem utilizando moinho tipo Wiley, com quatro lâminas e armazenando o material em sacos de papel para posterior análise nutricional, segundo Malavolta *et al.*, 1997.

Para analisar Nitrogênio total foi usado o método desenvolvido por Kjeldahl em 1883, cujo nome foi dado ao método. Posteriormente, em meio alcalino, o sulfato de amônio convertido da matéria orgânica libera amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) que, em câmara de difusão, é complexada em solução de ácido bórico contendo indicador misto. Finalmente, o nitrogênio é determinado por acidimetria (ácido sulfúrico ou clorídrico). Assim o método processa-se em duas etapas: digestão sulfúrica e destilação.

Para os nutrientes Cálcio, Magnésio, Alumínio, Fósforo, Potássio, Zinco, Ferro, Manganês foi utilizado o método da digestão nitroperclórica, ou seja, utilizando-se uma mistura de ácido nítrico -  $\text{HNO}_3$  concentrado e ácido perclórico -  $\text{HClO}_4$  concentrado. Essa mistura, na proporção de 3:1 é muito oxidante, dissolvendo todos os tecidos vegetais, liberando na solução a quantidade total dos nutrientes da amostra. O carbono foi analisado pelo método de perda ao fogo em mufla.

#### **4.6.3. Determinação do teor de artemisinina**

A determinação do teor de artemisinina foi realizada utilizando a técnica de Cromatografia de Camada Delgada (CCD) acoplada a fotodensitômetro (Bhandari, 2005).

Foram coletadas amostras de folhas deixadas em pequenos sacos de papel, e secas em estufa com circulação forçada de ar, a 45 °C por 48 horas, então o material seco foi passado em moinho. Foi pesado 200 mg do material moído, em balança analítica, então as amostras foram transferidas para tubos de ensaio apropriados para o misturador “Politron” e receberam 5 mL de tolueno, utilizando uma proveta, em seguida levadas ao agitador Turrax (CT-138) por trinta segundos em velocidade média.

Após cada amostra agitada, lavou-se a haste do aparelho com etanol para remover resíduos das amostras, então levadas a balança para estabilização do peso dos tubos com adição de tolueno, sendo levadas para centrífuga com capacidade para quatro amostras, regulada para velocidade de 3.000 rpm, durante 6 min.

Foi utilizada uma cromatoplaça de sílica (Merk, modelo 60F254) para ser realizada a separação dos componentes das amostras. Foi aplicada uma solução padrão de artemisinina (3; 6; 9; 1,2  $\mu\text{L}$ ) na placa, com uma seringa (Hamilton 80300, 10 $\mu\text{L}$  SYR – 26s/2”/2) de

10 $\mu$ L, para referencias quantitativos. Foram retirados 3 $\mu$ L de cada amostras para aplicação na placa e suas respectivas repetições.

Após aplicação das amostras em placa, a mesma foi imersa em eluente composto de uma mistura de clorofórmio/metanol (98,5 : 1,5; v/v) para realização da “corrida”. Utilizando cuba (2 L, 30 x 30 cm) de fundo chato e com vedação eficiente com 100 mL da solução eluente. Mediante saturação da placa com o eluente, retirou-se com o auxílio de pinça e deixou secar para em seguida utilizar a solução de revelação (Solução de anisaldeído) sendo preparada em um erlenmeyer de 100 mL adicionando 50 mL de ácido acético glacial e 0,5 mL de anisaldeído. Em seguida, adicionando lentamente e sob agitação 1,0 mL de ácido sulfúrico concentrado. Não deixando escorrer pelas paredes para evitar oxidação do anisaldeído (Delabays *et al.*, 1992).

A solução reveladora foi aplicada sobre a cromatoplaca da forma mais homogênea possível, utilizando-se um borrifador acoplado em uma bomba de pressão. Aplicado no sentido horizontal e vertical até a placa ficar completamente umedecida, tomando o cuidado para que o revelador não escorra, evitando deformação das bandas. Em seguida, a placa foi colocada em estufa a 110 °C durante 5 minutos.

Para avaliação por densitometria, as placas foram escaneadas pelo aparelho Image Scanner III (General Electric Company<sup>®</sup>), então as imagens são transferidas e analisadas pelo programa computacional Image Quant<sup>®</sup> (TL/1D - v.7).

#### **4.6.4. Estatística**

Foram realizadas análises de variância (ANOVA) no intuito de comparar a variação devida os tratamentos e a variação devida ao acaso. Caso detecte diferença significativa entre os tratamentos, será aplicado um teste de média (Tukey, 5% de probabilidade). Todos os dados foram tabulados e analisados estatisticamente com auxílio do programa Assisat<sup>®</sup> (7.5, beta).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Fertilidade do solo

#### 5.1.1. Influência dos tratamentos nos teores de macronutrientes no solo (Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio)

Na tabela 6 os maiores teores de nitrogênio foram encontrados nos solos *L Ae* (1,84 g kg<sup>-1</sup>) e *L Ad* (1,85 g kg<sup>-1</sup>), contudo, não houve variação significativa em relação a aplicação de solução nutritiva. Apenas o solo *P V Ad* apresentou aumento no teor de Nitrogênio em relação ao tratamento controle variou de 0,52 para 0,80 g kg<sup>-1</sup>.

Os solos *P V Ad* (200 mg kg<sup>-1</sup>) e *L Ae* (220 mg kg<sup>-1</sup>) exibiram elevado teor de Fósforo, porém somente houve variação em *L Ad* (variou de 60 para 130 mg kg<sup>-1</sup>) tiveram aumento significativo em comparação ao controle, enquanto que o único tratamento a obter diminuição no teor de Fósforo em relação ao tratamento controle foi o *G X ve* (de 170 para 140 mg Kg<sup>-1</sup>), que é explicado pelo fato de neste solo houve um aumento no teor de Cálcio com aplicação de solução nutritiva de 3,2 para 11,36 cmolc Kg<sup>-1</sup>, provocando uma reação de imobilização do Fósforo disponível e considerado valores altos segundo Malavolta (1986).

O solo de *ESKo* (0,26 cmolc Kg<sup>-1</sup>) obteve o maior teor de Potássio entre os tratamentos. No entanto, *G X ve* (de 0,55 para 0,22 cmolc Kg<sup>-1</sup>), *L Ad* (de 0,79 para 0,23 cmolc Kg<sup>-1</sup>) e *P V Ad* (de 0,23 para 0,13 cmolc Kg<sup>-1</sup>) tiveram diminuição nos teores de Potássio em relação ao tratamento controle, que é explicado segundo Raij (1982), quanto maiores os teores de Cálcio e Magnésio no solo menor é a disponibilidade de Potássio. Apesar de a análise estatística ter apresentado diferenças significativas, em termos de fertilidade do solo, esses valores são considerados baixos (Malavolta, 1986).

Os teores de Cálcio foram considerados baixos para *P V Ad* (0,06 cmolc Kg<sup>-1</sup>), *ESKo* (0,05 cmolc Kg<sup>-1</sup>), *L Ad* (0,39 cmolc Kg<sup>-1</sup>) e teores baixos de magnésio para *P V Ad* (0,08 cmolc Kg<sup>-1</sup>), *ESKo* (0,01 cmolc Kg<sup>-1</sup>), *L Ad* (0,27 cmolc Kg<sup>-1</sup>). Observa-se uma diminuição no teor de Magnésio no solo de *G X ve* (de 3,74 para 2,80 cmolc Kg<sup>-1</sup>), enquanto nos demais tratamentos não houve diferença estatística. Em solo *L Ae* a acidez potencial apresentou nível médio

(Malavolta, 1986) e alto índice de acidez potencial em *PVAd* (3,5 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>), *ESKo* (3,3 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>) e *LAd* (8,04 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>).

Mediante esses valores encontrados pode-se inferir que as plantas cultivadas nestes solos foram afetadas diretamente pela elevada acidez potencial, pelo alto teor de Alumínio e Ferro no solo em relação aos tratamentos que não obtiveram mortalidade das plantas. O Alumínio tem sido bastante associado com acidez de solos, principalmente em solos tropicais (Raij, 1981). Em condições de acidez elevada podem ocorrer teores de Manganês e Ferro em níveis tóxicos.

**Tabela 6.** Análise química dos solos com a aplicação de solução nutritiva após um período de três meses de crescimento da *Artemisia annua* L. em casa de vegetação.

Tratamentos	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ac. Pot.	K	P	Fe	Zn	Mn	C	N
	cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup>				mg Kg <sup>-1</sup>			g Kg <sup>-1</sup>			
<b>PVAd</b>	0,44aC	0,16aCD	0,51aB	2,06bC	0,13bC	200aA	170,5bB	0,35aNS	1,25aD	3,6aB	0,80aC
<b>ESKo</b>	0,32aC	0,09aD	0,38bC	2,6aB	0,26aA	100aC	15aD	0,45aNS	1,6aD	9,57aC	0,64aD
<b>LAe</b>	5,66bB	2,18aB	0,15aD	2,47aB	0,10bC	220aA	37,5bD	11,85aNS	30,85bB	7,4aA	1,84aA
<b>GXve</b>	11,36aA	2,80bA	0,14bD	0,82aD	0,22bA	140bB	161bB	3,8aNS	45,5aA	7,8bA	0,99aB
<b>LAd</b>	1,16aC	0,28aC	0,95bA	5,36bA	0,23bA	130aB	249aA	1,5bNS	4,65aC	3,0aBC	1,85aA
<b>Tratamento controle</b>											
<b>PVAd</b>	0,06bC	0,08aCD	0,57aB	3,5aB	0,23aC	90bC	129aC	0,35aNS	0,25bB	2,0aC	0,52bD
<b>ESKo</b>	0,05bC	0,01aD	0,45aC	3,3aB	0,20aC	100aB	17,5aD	0bNS	0,05bC	8,01aD	0,70aC
<b>LAe</b>	3,85bA	2,61aB	0,11aE	2,68aC	0,28aC	140bA	52,5aA	10,5aNS	45,75aA	6,2aB	1,89aA
<b>GXve</b>	3,2bA	3,74aA	0,24aD	0,41bD	0,55aB	170aA	257,5aB	4,4aNS	44,3aA	12,0aA	0,98aB
<b>LAd</b>	0,39bB	0,27aC	1,25aA	8,04aA	0,79aA	60bD	176,5bB	3,65aNS	3,05bB	3,1aC	1,90aA
<b>CV%</b>	35,81	7,96	8,44a	4,05	11,34	2,96	17,29	14,72	19,72	26,29	3,68

Obs.: Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula = entre tratamentos / minúsculas = entre o controle). NS = não significativo / Ac. Pot. = acidez potencial.

O coeficiente de variação para quase todas as variáveis ficou na faixa adequada, abaixo de 20% e, isto, permite concluir que ocorreu certa precisão na condução do estudo, exceto para o caso do cálcio (35,81 %) e carbono (26,29 %).

Na tabela 7 verifica-se que todos os solos apresentaram diminuição da percentagem de saturação por alumínio (*m%*) podendo-se inferir a influência da presença de solução nutritiva no aumento de soma de bases. A capacidade de troca de cátions efetiva (*t*) aumentou nos solos em relação aos tratamentos controle, permitindo pressupor que o pH provocou alteração no balanço de cargas da soma de bases. Houve aumento da soma de bases em relação aos tratamentos controle, destacando-se o solo de *GXve* (14,38) e diferindo dos solos de *PVAd* (0,73), *ESKo* (0,67), *LAe* (7,94) e *LAd* (1,66).

A mortalidade das plantas cultivadas nos solos *PVAd*, *ESKo* e *LAd* é explicada pelas análises de solo, ao qual aponta uma elevada concentração de Ferro, Alumínio e acidez

potencial e baixas concentrações de Fósforo, Cálcio, Magnésio, Manganês, Nitrogênio com exceção deste último elemento no solo *LAd*.

Alguma atenção tem sido dada à importância da nutrição mineral (Nitrogênio e Potássio) na produção de artemisinina (Ferreira, 2007). Dada à importância do Nitrogênio na planta influenciando produção de biomassa, e de Potássio no crescimento, é extremamente importante que nós compreendemos claramente a melhor forma para maximizar a produção de biomassa em função da concentração de artemisinina em folha para alcançar melhor rendimento por planta do componente ativo (Davies *et al.*, 2009).

### **5.1.2. Relação C/N e Matéria Orgânica**

Houve um aumento na relação Carbono/Nitrogênio (C/N) nos solos, com exceção do solo *GXve* (12,24:1 para 7,87:1), este fato pode estar associado a diminuição do teor de carbono (12:1 para 7:1 g Kg<sup>-1</sup>) presente no mesmo. O solo de *ESKo* apresentou maior relação C/N (14,95) em relação aos tratamentos, este fato está diretamente ligado ao acidez elevada deste solo, o que ocasiona baixa taxa de decomposição. Os maiores teores de matéria orgânica foram encontrados nos solos de *L Ae* (127,64 g Kg<sup>-1</sup>) e *GXve* (135,47 g Kg<sup>-1</sup>) e o menor em *ESKo* (16,47 g Kg<sup>-1</sup>), na presença de solução nutritiva.

A principal reserva de Nitrogênio do solo é a matéria orgânica, com grande significado para o suprimento do nutriente para as culturas. A curto prazo, a dinâmica do nitrogênio no solo é difícil de ser prevista. A quantidade de Nitrogênio inorgânico no solo depende, entre outros fatores, da disponibilidade de resíduos orgânicos, da relação C/N do solo, da umidade e do pH do solo. Em contrapartida, o teor total de N do solo praticamente não varia a curto prazo, ou mesmo no período de alguns anos (Raij, 1991).

Cerri *et al.* (1997) se a relação C/N da matéria orgânica do solo aumenta, a relação C/N dos ácidos húmicos também aumenta, o que indica menor grau de humificação que degradabilidade potencial mais alta da matéria orgânica dos solos cultivados.

### 5.1.3. Micronutrientes (Ferro, Zinco e Manganês)

Na tabela 7 constata-se que o teor de Ferro apresentou aumento nos solos *LAd* (de 176,5 para 249 mg kg<sup>-1</sup>) e *PVAd* (de 129 para 170,5 mg kg<sup>-1</sup>) apresentando toxidez, enquanto que houve diminuição em *L Ae* (de 52,5 para 37,5 mg kg<sup>-1</sup>) e *GXVe* (de 257,5 para 161 mg kg<sup>-1</sup>). O teor Zinco apresentou uma diminuição no solo *LAd* (de 3,65 para 1,5 mg kg<sup>-1</sup>) enquanto que os demais tratamentos não diferiram estatisticamente. O manganês apresentou aumento nos tratamentos, apenas houve diminuição no *Lae* (de 45,75 para 30,85 mg kg<sup>-1</sup>).

**Tabela 7.** Parâmetros de fertilidade do solo após cultivo de *Artemisia annua* L. em diferentes solos da Amazônia Central com aplicação de solução nutritiva.

Tratamentos	SB	t	m% meq 100cm <sup>3</sup>	T	V%
<b>PVAd</b>	0,73aD	1,24aD	41,20bA	2,79bD	26,11aC
<b>ESKo</b>	0,67aD	1,05aD	36,22bB	3,27aD	20,47aC
<b>L Ae</b>	7,94aB	8,09aB	1,85aC	10,41aB	76,27aB
<b>GXVe</b>	14,38aA	14,52aA	0,96bD	15,20aA	94,60aA
<b>LAd</b>	1,66aC	2,61aC	36,35bB	7,02aC	23,68aC
<b>Tratamento controle</b>					
<b>PVAd</b>	0,24bC	0,81bC	70,19aA	3,74aC	6,47bCD
<b>ESKo</b>	0,16bC	0,61bC	73,85aA	3,46aC	4,61bCD
<b>L Ae</b>	6,14bA	6,25bA	1,76aC	8,82bB	69,60bB
<b>GXVe</b>	6,60bA	6,84bA	3,51aC	7,01bB	94,15aA
<b>LAd</b>	1,01bB	2,26bB	55,26aB	9,05bA	11,18bC

Obs.: Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula = entre tratamentos / minúsculas = entre o controle). S= Soma de bases trocáveis; t= CTC efetiva; m%= percentagem de saturação por alumínio; T= CTC a pH 7; V%= percentagem de saturação de bases a pH 7.

O solo *GXVe* apresentou aumento da soma de bases (SB) de 6,60 para 14,38, capacidade de troca de cátions efetiva (t) de 6,84 para 14,52, capacidade de troca de cátions a pH 7 (T) de 7,01 para 15,20, e alta percentagem de saturação de bases a pH 7 (V%) de 94,60% e baixa porcentagem de saturação por Alumínio (m%) de 0,96%. Segundo Raij (1981), os solos *L Ae* (76%) e *GXVe* (94%) apresentam alta percentagem de saturação de bases a pH 7 (V%), demonstrando que grande parte do seu complexo coloidal está ocupado por cátions em comparação com aqueles ocupados por H + Al<sup>3+</sup> (acidez potencial). Os solos *Lad* (36,35%), *ESKo* (36,22%) e *PVAd* (41,20%) apresentam alta percentagem de saturação por Alumínio (m%).

De acordo com Ribeiro *et al.* (1999) o solo *PVAd*, *ESKo* e *LAd* apresentaram uma SB, t, T e V% considerada baixa, uma m% médio e apenas *LAd* com T médio. Os solos *LAd* e

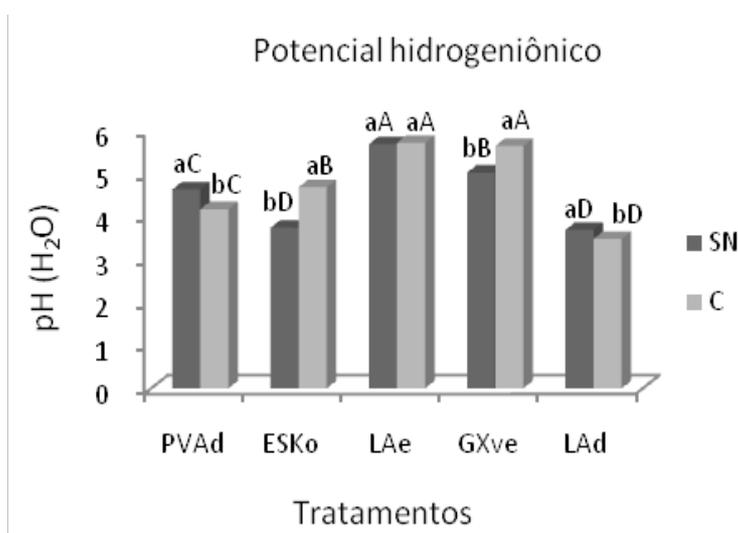
GXve com *SB*, *t* e *V%* considerado muito bom, *m%* muito baixa, *T* bom, apenas *T* do GXve classificado como muito bom.

#### 5.1.4. Potencial hidrogeniônico

Na figura 4 observa-se que, em geral os solos que receberam solução nutritiva completa apresentaram aumento no pH, em consequência os solos *PVAd*, *ESKo*, *LAd*, um aumento na soma de bases, capacidade de troca de cátions efetiva a pH 7, percentagem de saturação de bases da capacidade de troca de cátions a pH 7 e diminuição na porcentagem de saturação por Alumínio, nos teores de Alumínio e Ferro do solo. Nos estudos de Ferreira (2007) o solo utilizado apresentou um pH de 4,1, semelhante aos solos utilizados no presente experimento, o que proporcionou valores nutricionais equivalentes.

Os solos que apresentaram pH extremamente ácido podem ter proporcionado deficiência de Fósforo e aumento no teor Ferro e Alumínio que estão associados à fixação de Fósforo que explica sua baixa disponibilidade, podendo limitar diretamente na decomposição da matéria orgânica presente nos solos dos estudos de Ferreira (2007).

Os solos *PVAd* (4,62 - fortemente ácido) e *LAd* (3,68 - extremamente ácido) apresentaram um pH mais altos e superior ao controle, criando um ambiente hostil para o desenvolvimento da parte aérea e radicular, sendo suficiente para solubilizar Alumínio e Manganês no solo.



Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula = entre tratamentos / minúsculas = entre o controle) / CV% = 2,57.

**Figura 4.** Potencial hidrogeniônico do solo cultivado por *Artemisia annua* L. em diferentes tipos de solo com solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).

Nos solos *ESKo* (3,73 - extremamente ácido) e *GXve* (de 5,63 para 5,01- fortemente ácido) apresentaram uma diminuição de 20% e 11% respectivamente, e no solo *L Ae* (5,67 - moderadamente ácido) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

Com o aumento do pH houve uma diminuição do teor de Alumínio dos tratamentos, exceto no solo *L Ae* (0,15 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>) que não apresentou variação, apresentando caráter de toxidez no mesmo. Observou-se uma diminuição na acidez potencial nos solos *L Ad* (de 1,25 para 0,95 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>) e *PVAd* (de 3,5 para 2,06 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>) e aumento em *GXve* (de 0,41 para 0,82 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>), enquanto que os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa. Portanto, com a elevação do pH houve sensível liberação de cargas dependentes do mesmo, com profundas implicações em uma maior retenção de cátions.

Segundo Laughlin, (1994) *Artemisia annua* L. pode ser cultivada em uma ampla gama de pH (5.0 - 8.0), dependendo da origem vegetal, mas existem poucos estudos sobre o efeito do pH do solo no crescimento vegetativo e concentração de artemisinina em *A. annua* L. Neste contexto, os solos da Amazônia podem também ter implicações para as práticas de correção do solo pela aplicação de calcário, como os solos *ESKo*, *PVAd* e *L Ad*.

## 5.2. Nutrição da planta

### 5.2.1. Influência dos tratamentos nos teores de macronutrientes na planta (Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio)

Na tabela 8 as plantas cultivadas em *PVAd* apresentaram o maior teor de Nitrogênio foliar de 36,16 g Kg<sup>-1</sup>, e as cultivadas em *L Ae* e *GXve* apresentaram um aumento no teor do mesmo elemento em relação ao controle, de 22,98 e 21,21 g Kg<sup>-1</sup> respectivamente, contudo os menores teores dentre os tratamentos. Entre os tratamentos a análise foliar indicou que *L Ae* obteve o maior teor de Fósforo (3,93 g Kg<sup>-1</sup>), e um aumento nos teores de Cálcio de 29% (de 1,24 para 1,6 g Kg<sup>-1</sup>), Magnésio (de 0,94 para 1,58 g Kg<sup>-1</sup>), em relação ao controle, assim como as plantas cultivadas em *GXve* (3,07 g Kg<sup>-1</sup>). Apenas o solo *GXve* apresentou aumento no teor de Fósforo de 25% (de 2,44 para 3,07 g Kg<sup>-1</sup>).

A análise foliar indicou que o *L Ad* (42,9 g Kg<sup>-1</sup>) apresentou maior teor de Potássio, sendo que os tratamentos *L Ae* de 60% (de 24,5 para 9,6 g Kg<sup>-1</sup>) e *GXve* de 10% (de 31 para 27,9 g Kg<sup>-1</sup>) tiveram diminuição no teor do mesmo elemento. No *GXve* obteve maior teor de

Magnésio, menor teores de Cálcio. Houve aumento significativo no teor de Magnésio total nos solos *LAe*, *GXve* com aplicação de solução nutritiva.

**Tabela 8.** Análise foliar de *Artemisia annua* L. cultivada em diferentes tipos de solos com a aplicação de solução nutritiva.

Tratamento	N	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe	Zn	Mn
	g Kg <sup>-1</sup>					mg Kg <sup>-1</sup>		
<b>PVAd</b>	36,16A	2,11C	8,2D	0,98C	0,74C	219A	44A	393A
<b>ESKo</b>	31,44B	2,31aC	34,8B	0,98C	0,64C	138B	26C	271B
<b>LAe</b>	22,98aC	3,93aA	9,6bD	1,6aA	1,58aA	141bB	26bC	43bD
<b>GXve</b>	21,21aC	3,07B	27,9bC	1,42bB	1,04aB	216bA	37bB	126bC
<b>LAd</b>	29,89B	2,52C	42,9A	1,08C	0,66C	122B	46A	350A
<b>Tratamento controle</b>								
<b>LAe</b>	19,13bA	3,15bA	24,5aB	1,24bB	0,94bA	363aA	30aB	128aB
<b>GXve</b>	11,41bB	2,44bB	31aA	1,64aA	0,98bA	342aA	44aA	394aA
<b>CV%</b>	3,06	4,26	0,7	1,29	0,88	0,4	1,8	0,27

Obs.: Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula = entre tratamentos / minúsculas = entre o controle). Devido a mortalidade nos tratamentos nos solos de *PVAd*, *ESKo*, *LAd* foram insuficientes para análises.

Nos estudos de Davies *et al.* (2009) foi observado que o aumento da aplicação de Nitrogênio diminuíram a concentração de Cálcio e Manganês do solo, fato semelhante constatado no presente experimento em solo de *GXve* que recebeu a solução nutritiva, diminuindo os teores de Cálcio (de 1,64 para 1,42 g Kg<sup>-1</sup>), Manganês diminuiu 68% (de 394 para 126 mg Kg<sup>-1</sup>) e Potássio 10% (de 31 para 27,9 g Kg<sup>-1</sup>).

A aplicação de Nitrogênio em *GXve* não diferiu em relação ao controle, no entanto apresentou uma diferença significativa no teor foliar. Houve uma diminuição no teor de Fósforo no solo em relação ao controle, no entanto apresentou um aumento no teor foliar. O teor foliar de potássio diminuiu com a aplicação de solução nutritiva, apresentando efeito semelhante na concentração do solo.

Um exame dos outros minerais fundamentais mostra que aplicação de nitrogênio está ligada ao aumento concentração tecidual da folha de S e declínios em K, Ca e, em menor medida, Mn. Isto pode ser devido ao "efeito de diluição", pois exemplo como o crescimento de limitação elemento, ou de nutrientes, é aplicado, a taxa relativa de aumento de acúmulo de matéria seca mais do que a taxa de absorção de um elemento particular, causando a sua concentração a diminuir (Jarrell & Beverly, *apud* Davies, 2009).

### 5.2.2. Micronutrientes

A concentração do micronutriente Ferro no solo diminuiu, apresentando efeito semelhante no teor foliar. Enquanto que zinco e manganês não apresentaram diferença estatística no solo, houve diminuição no teor foliar comportando-se de forma diferenciada. Embora a altura da planta tenha aumentado em detrimento do efeito dos tratamentos a produtividade não apresentou diferença estatística na avaliação da biomassa seca e também no teor de artemisinina.

As plantas cultivadas em *PVAd* (219 mg kg<sup>-1</sup>) e *GXve* (216 mg kg<sup>-1</sup>) apresentaram o maior teor de Ferro. Os teores de Zinco e Manganês foram maiores em plantas cultivadas *PVAd* (44 e 393 mg kg<sup>-1</sup>) e *LAd* (46 e 350 mg kg<sup>-1</sup>) respectivamente. Houve diminuição significativa no teor de Ferro, Zinco, Manganês nos solos *LAe*, *GXve* com aplicação de solução nutritiva.

### 5.2.3. Diagnose Visual

As plantas cultivadas em *LAe* (controle) apresentaram folhas (base do caule) com clorose (amareladas), inicialmente as mais antigas, e depois manchas necróticas das pontas e margens indicando uma deficiência de Potássio (Figura 5). A análise foliar constata uma diminuição no teor de 24,5 para 9,6 g Kg<sup>-1</sup> de Potássio com aplicação da solução nutritiva, valor aproximado encontrado por Ferreira (2007) de 3,45 g Kg<sup>-1</sup> detectado na omissão de Potássio apresentando características de deficiência aos 38 dias de cultivo. Nas análises de solo o único elemento que teve aumento em teor foi o Fósforo de 57% (de 140 para 220 mg Kg<sup>-1</sup>), é possível que se tenha a imobilização do potássio com a formação de fosfato de Potássio.

Segundo Ferreira (2007), não existe nenhum nível pré-estabelecido de deficiência de macronutrientes de *Artemisia annua* L., as plantas foram consideradas sob estresse de nutrientes após foram expressos sintomas nas folhas.



**Figura 5.** Sintomas nutricionais em folhas (retiradas da base) de *Artemisia annua* L. cultivada em *L Ae* (controle) a esquerda com três meses de crescimento em casa de vegetação.

Em plantas cultivadas *L Ae* na presença de solução nutritiva apresentaram clorose uniforme na folha e necrose das pontas das margens, inicialmente das mais antigas na base do caule. Os níveis de Potássio foliar foi de  $9,6 \text{ g kg}^{-1}$  em tratamento completo em solo *L Ae*, valores aproximados com o trabalho de Ferreira (2007), que foi de  $7 \text{ g kg}^{-1}$ , ao qual as plantas apresentaram sintomas de deficiência.

Aumentar a oferta de Potássio de uma concentração aumentou a concentração foliar nos estudos de Davies *et al.* (2009), oposto do presente estudo, houve diminuição na concentração de Potássio foliar nos solos de *GXve* (de 31 para  $27,9 \text{ g kg}^{-1}$ ) e *L Ae* (de 24,5 para  $9,6 \text{ g kg}^{-1}$ ).

Na figura 6 a planta com dois meses de cultivo em solo *L Ad*, apresentou coloração amarelada nas folhas, sintomas visuais indicam uma deficiência de Nitrogênio (clorose uniforme nas folhas mais antigas), contudo a análise do solo indica uma toxidez por Alumínio e Ferro. Apresentando valores altos de Alumínio ( $1,25 \text{ cmolc Kg}^{-1}$ ) e acidez potencial ( $8,04 \text{ cmolc Kg}^{-1}$ ).



**Figura 6.** Sintomas nutricionais dos tratamentos controle de *Artemisia annua* L. cultivada em *ESKo* (a esquerda) e *L Ad* (a direita) com dois meses de crescimento em casa de vegetação.

Pode-se observar na figura 7 que os solos *PVAd* e *ESKo* não apresentam mais indivíduos vivos ao final do segundo mês de cultivo, podendo inferir, que de acordo com a análise de solo, que os mesmos apresentaram toxidez por Alumínio e Ferro o que contribuiu para o não desenvolvimento radicular e um pH extremamente ácido, contatando-se uma deficiência de Nitrogênio na diagnose visual.

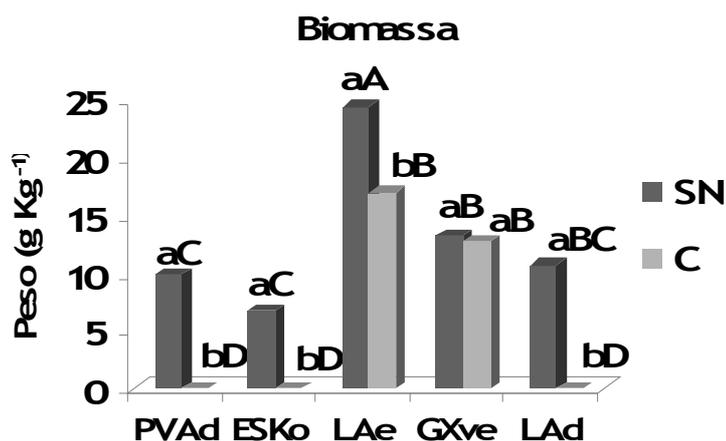
A adição de solução nutritiva demonstrou uma correção parcial da fertilidade do solo refletindo no aumento da taxa de sobrevivência das plantas, sendo constatado na análise de solo e observado na nutrição da planta, ao qual não apresentou as mesmas características de deficiência em relação aos tratamentos controles.



**Figura 7.** Sintomas nutricionais de folha da base de *Artemisia annua* L. cultivada nos diferentes tipos de solos com dois meses de crescimento em casa de vegetação, acima as plantas que receberam solução nutritiva e abaixo o tratamento controle.

### 5.3. Produtividade

Os solos que receberam solução nutritiva apresentaram uma produtividade (figura 8) superior em relação ao tratamento controle, destacando-se as plantas cultivadas em *LAe* (24,38 g Kg<sup>-1</sup>) que obtiveram 44,17% de ganho de biomassa, e apresentando os maiores teores foliares de Fósforo (3,93 g kg<sup>-1</sup>), Ca (1,60 g kg<sup>-1</sup>) e Magnésio (1,58 g kg<sup>-1</sup>), comportamento semelhante ao estudo de Magalhães (1996b), onde a maior produtividade encontraram-se nas plantas com maior teor de Fósforo. Os demais tratamentos tiveram baixa produtividade como em *PVAd* (9,85 g Kg<sup>-1</sup>), *ESKo* (6,74 g Kg<sup>-1</sup>), *LAd* (10,65 g Kg<sup>-1</sup>) e as plantas cultivadas em *GXve* (13,25 g Kg<sup>-1</sup>) que não apresentaram diferença estatística em relação ao controle (Figura 8).



Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula = entre tratamentos / minúsculas = entre o controle) / CV% = 3,33.

**Figura 8.** Biomassa seca da parte aérea da *Artemisia annua* L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Ocidental com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).

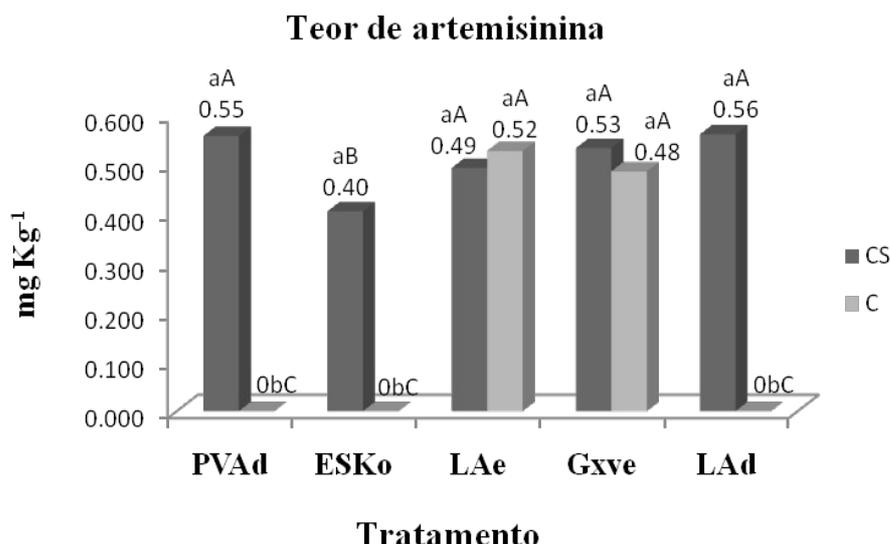
No solo *LAe* a concentração de Nitrogênio não apresentou variação, no entanto houve aumento significativo no teor foliar, podendo inferir que o aumento de biomassa teve influência deste elemento. O Fósforo e Potássio apresentam aumento na concentração do solo refletindo no aumento do teor foliar. O teor dos micronutrientes Ferro e Zinco tiveram diminuição na concentração do solo acompanhado da diminuição no teor foliar, e o manganês não apresentou diferença estatística. Pode-se prever que a aplicação da solução nutritiva

refletiu no aumento de produtividade pela avaliação de biomassa seca, mas não influenciando no teor de artemisinina.

O envolvimento da nutrição nitrogenada em influenciar o crescimento e o desenvolvimento e produção de biomassa é universalmente reconhecida (Fernandes & Rossiello, 1995), porém nestes solos estudados não apresentaram mesmo efeito. O solo *ESKo* (36,16 g Kg<sup>-1</sup>) apresentou maior teor foliar de Nitrogênio, no entanto, o solo *LAe* (22,98 g Kg<sup>-1</sup>) foi que apresentou maior produtividade, contrariando os estudos de Fernandes & Rossiello (1995), neste caso outros fatores relacionados a fertilidade do solo influenciaram.

#### 5.4. Teor de artemisinina

O teor de artemisinina (figura 9), nas plantas cultivadas em *LAe* (0,90 % ou 0,52 mg Kg<sup>-1</sup>) e *GXve* (0,91 % ou 0,53 mg Kg<sup>-1</sup>), não apresentaram diferença significativa em relação aos tratamentos controle, apenas as plantas em *ESKo* obtiveram menor teor de artemisinina (0,67 % ou 0,40 mg) em relação aos demais tratamentos, no entanto não foi possível identificar qualquer padrão nas análises da fertilidade dos solos e pela análise foliar para explicar tal fato. Nos estudos de Srivastava & Sharma (1990), constataram que a diminuição de 25-30% na concentração de artemisinina foi identificada para as plantas deficientes em Fe, Mn, Zn e Cu.



Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula= entre tratamentos / minúsculas = entre o controle) / CV% = 17,93.

**Figura 9.** Teor de artemisinina da *Artemisia annua* L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Ocidental com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).

O teor de óleo essencial de folhas de artemísia determinada no presente estudo (% 0,90 média) esta abaixo dos valores relatados em estudos de Mert (*apud* Ozguven, 2008) que varia de 1,38 a 1,78 %. Na análise foliar das plantas cultivadas em *ESKo*, não foi possível identificar nenhum padrão nutricional em relação aos demais tratamentos que explica-se o fato de menor teor de artemisinina. Foglio (*apud* Quitério, 2006) obtiveram 1% de concentração de artemisinina, aproximando-se do valor encontrado no presente estudo.

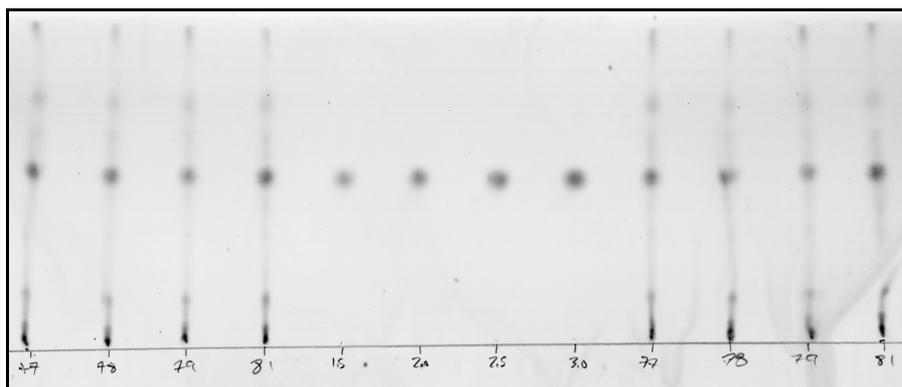
A concentração de artemisinina não variou entre os solos em relação ao teor de Nitrogênio, porém, nos estudos de Davies *et al.* (2009), indicam que o aumento da oferta de Nitrogênio conferiu aumento do princípio ativo, nos estudos de Wallaart *et al.* (*apud* Ozguven, 2008), Fritz *et al.* (*apud* Davies, 2009) e Ferreira (2007) relatam que o aumento no teor de Nitrogênio foliar diminuiu na concentração de artemisinina em cerca de 0,5%.

Estudos apontam que o aumento de Nitrogênio estimula o crescimento de plantas, que dilui a concentração de artemisinina. A interligação das metabolismo de carbono e nitrogênio para além dos requisitos para crescimento e desenvolvimento são bem conhecidos Van Dam *et al.* (*apud* Davies, 2009).

Ferreira (2007) publica o primeiro relatório, onde a deficiência de potássio aumenta significativamente a concentração (g/100 g) de artemisinina, no presente estudo não ficou constatado o mesmo padrão de comportamento, onde o teor foliar de Potássio variou de 42,9 8,2 g Kg<sup>-1</sup> em *PVAd* e *LAd* respectivamente.

De acordo com Wang & Weathers (*apud* Davies, 2009), o Nitrogênio produz efeitos no fator interativo na fotossíntese da planta, no crescimento e o atuando como fonte de produção de metabólitos secundários.

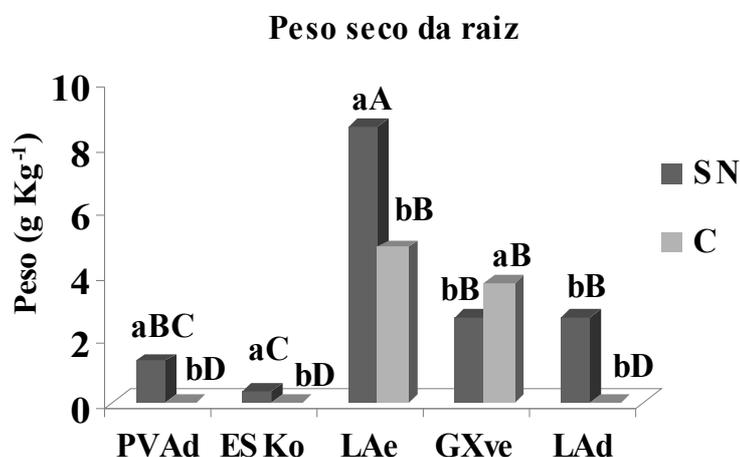
Na figura 10 visualiza-se uma placa cromatográfica (sílica gel) contendo quatro amostras, suas duplicatas e os padrões de artemisinina (1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 µL), ao meio da placa observa-se pontos escurecidos que representam a concentração de artemisinina das amostras ao qual foram submetidas à análise cromatográfica, afim de determinar a concentração das mesmas.



**Figura 10.** Placa cromatográfica referentes à determinação de artemisinina.

### 5.5. Peso seco da raiz

As raízes tiveram peso superior aos tratamentos controle (Figura 11), destacando-se as plantas cultivadas em *LAe* na presença de solução nutritiva que aumentou 77,2% de 4,83 para 8,56 g Kg<sup>-1</sup>. As raízes *GXve* diminuíram cerca de 28,15% de peso seco, de 3,73 para 2,68 g Kg<sup>-1</sup>. As raízes das plantas em *ESKo* (0,33 g Kg<sup>-1</sup>) apresentaram menor peso.



Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula = entre tratamentos / minúsculas = entre o controle) / CV% = 35,6.

**Figura 11.** Peso seco da raiz de *Artemisia annua* L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Ocidental com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).

Visualizadas na figura 12 que as raízes das plantas cultivadas em *PVAd*, *ESKo* e *LAd* apresentaram raízes pouco desenvolvidas, obtiveram menor peso seco e segundo as análises de solo, pode-se inferir que houve toxidez por Alumínio, elevada acidez potencial e pelo alto teor de ferro. Pois a toxidez dos mesmos apresentam características típicas na diagnose visual.

Pode-se observar que a raiz da planta cultivada em *LAe* (com solução) obteve melhor desenvolvimento radicular, apresentando maior peso seco, atribuído as características de fertilidade do solo. Enquanto que a raiz das plantas cultivadas em *ESKo* apresentou sintomas de toxidez por Alumínio e o solo demonstrou baixa fertilidade natural o que refletiu no desenvolvimento da planta.



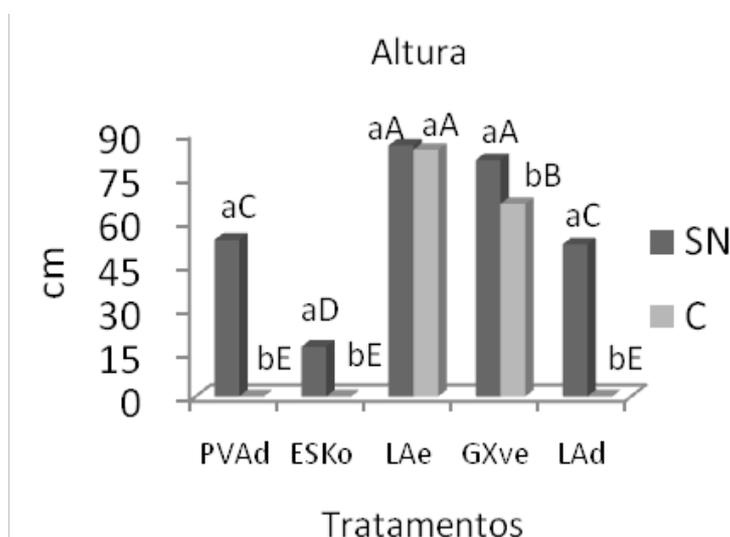
**Figura 12.** Raiz das plantas de *Artemisia annua* L. cultivadas em diferentes tipos de solos da Amazônia Central por um período de três meses em casa de vegetação. Obs: 81(LAd - com solução); 73(GXve - controle); 64(GXve - CS); 53(LAe - C); 43(LAe - CS); 23(PVAd - CS); 5(ESKo -CS).

O pH dos tratamentos, que tiveram pouco desenvolvimento radicular, foram considerados baixos o suficiente para solubilizar Alumínio e Manganês e criar um ambiente hostil para a parte aérea e radicular crescimento. O pH nos tratamentos com solução nutritiva provavelmente foi suficiente superar a maioria limitações associadas a acidez do solo.

Os níveis médios foliares de Mn 1480-3110 mg kg<sup>-1</sup> encontrados nos estudos de Jones (*apud* Ferreira, 2007) na maioria das culturas são fitotóxicos, podendo explicar a atrofia do crescimento radicular observado para plantas no presente estudo, ocasionado pelo alto nível de Manganês, combinação com alto teor de Alumínio e em solos extremamente ácido.

## 5.6. Altura

As plantas cultivadas na presença de solução nutritiva apresentaram crescimento superior aos demais tratamentos, exceto em solo *LAe* que não houve variação (Figura 13). As plantas cultivadas em *LAe* (85,75 cm) e *GXve* (80,75 cm) obtiveram maior desenvolvimento em altura e no *ESKo* (17 cm) o menor valor. A aplicação de solução proporcionou ganho de 22,81% na altura nas plantas cultivadas em *GXve*.



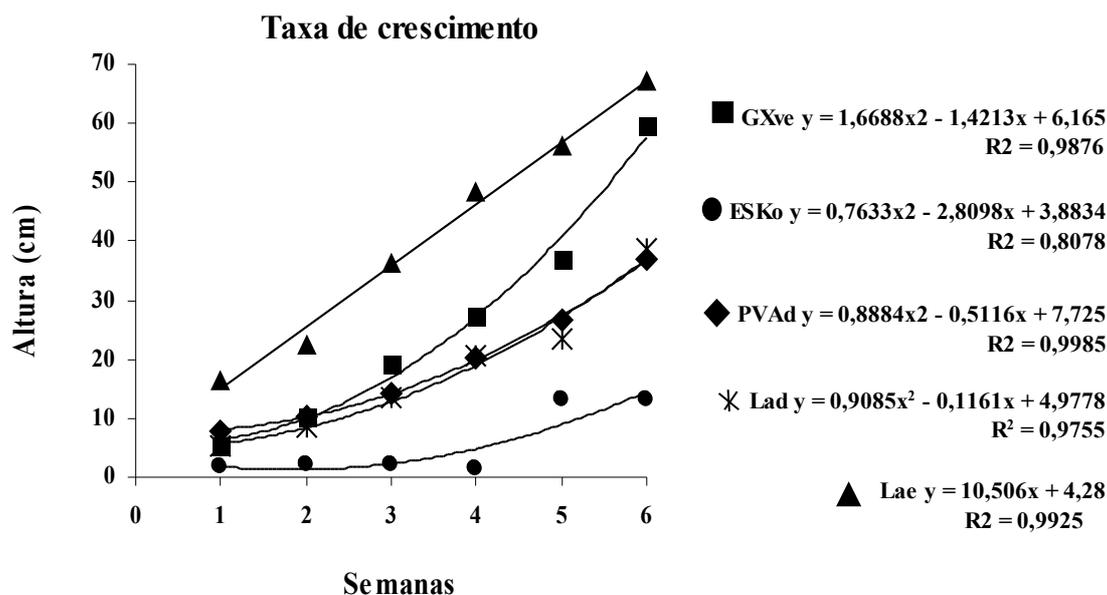
Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula = entre tratamentos / minúsculas = entre o controle) / CV% = 20,68.

**Figura 13.** Altura da planta de *Artemisia annua* L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Central com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).

O crescimento das plantas no solo *LAe* pode ter sido afetado pelo tamanho do vaso, que interfere no desenvolvimento radicular, pois as análises de solo mostram um aumento no teor nutricional do mesmo, já que supriu a necessidade de potássio ao qual encontrou-se com deficiência no tratamento controle do mesmo.

De acordo com a figura 14 a regressão da taxa de crescimento em ambos os solos apresentaram uma linha de tendência linear, que segundo a análise estatística não apresentam diferenças estatísticas na última semana de registro de altura. Porém ao longo do experimento as plantas cultivadas em *GXve* apresentaram uma taxa de crescimento mais lento do que as cultivadas em *LAe*.

A figura 14 representa a taxa de crescimento das plantas ao longo do experimento indicada pelas médias a cada duas semanas de cultivo. Pode-se observar que apenas as plantas cultivadas em *LAe* obtiveram um crescimento exponencial em relação aos demais tratamentos, no solo *GXve* constata-se que entre a 3 e 5 semanas houve um diminuição no ritmo de crescimento em relação ao *LAe*, contudo, a medida da última semana não apresentou diferença estatística com o mesmo.



**Figura 14.** Avaliação da taxa de crescimento de plantas *Artemisia annua* L. cultivadas em solos da Amazônia Central sob efeito da aplicação de solução nutritiva (SN), semanas representadas por médias a cada 2 semanas.

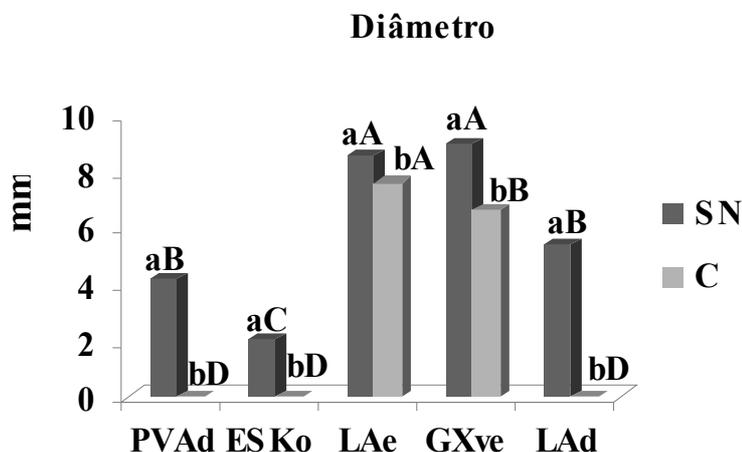
Os solos *PVAd* e *LAd* apresentaram crescimento similar, enquanto que o *ESKo* foi o tratamento de pior desempenho de desenvolvimento das plantas.

### 5.7. Diâmetro do caule

As plantas cultivadas em *LAe* (8,55 mm) e *GXve* (8,98 mm) apresentaram maior diâmetro do caule em comparação aos tratamentos controle obtendo respectivamente 12,7 e 35,03%, registrando-se em *ESKo* (2,05 mm) o menor valor entre os tratamentos.

O diâmetro das plantas cultivadas em *LAe* e *GXve* conferem a mesma uma característica interessante, do ponto de vista agrônomo, de melhor sustentação, maior área específica para o surgimento de folhagem, porém, interfere diretamente na relação de matéria seca foliar e artemisinina, pois segundo Ferreira e Janick (*apud* Marchese, 1999) a

distribuição de artemisinina se concentra principalmente nas folhas e inflorescências e com baixas concentrações nos talos, raiz e pólen.



Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula = entre tratamentos / minúsculas = entre o controle) / CV% = 12,91.

**Figura 14.** Diâmetro do caule da planta *Artemisia annua* L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Central com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).

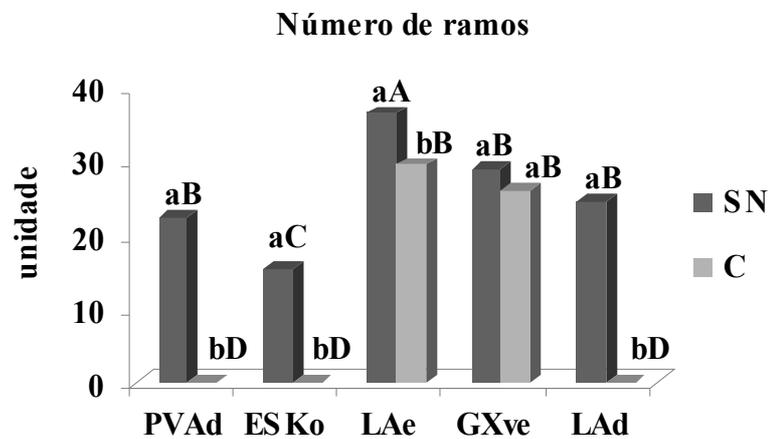
No estudo realizado por Davies *et al.* (2009) relata que o aumento no peso seco da planta, em parte, foi afetado diretamente pela adubação potássica e aumento do diâmetro do caule, ocasionando uma produção de biomassa adicional, o que se assemelha ao presente estudo, aos quais os maiores diâmetros obtiveram melhor rendimento de biomassa e maior número de ramos.

### 5.8. Número de ramos

Os tratamentos que receberam solução nutritiva tiveram o número de ramos superior aos demais tratamentos controle. As plantas cultivadas em *PVAd*, *ESKo*, *GXve* e *LAd* tiveram respectivamente 22,25; 15,5; 29; 24,5 ramos/planta, destacando-se as cultivadas em *LAe* (36,5) que apresentou diferença estatística em relação ao controle, aumentando cerca de 23,72%.

Esta contagem do número de ramos é uma característica fenotípica interessante para o melhoramento de plantas, pois confere as plantas serem identificadas como de maior produtividade por área específica das folhas e conseqüentemente uma maior concentração de artemisinina por planta. A artemisinina é produzido em glandular tricomas, que têm cloroplastos funcionais. Assim, citocininas e clorofila poderia ter um papel importante na

biossíntese de artemisinina, embora indireta, através do desenvolvimento de folhas (Watson, *apud* Ferreira, 2007).



Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula = entre tratamentos / minúsculas = entre o controle) / CV% = 5,82.

**Figura 15.** Número de ramos da *Artemisia annua* L. cultivada em diferentes tipos de solos da Amazônia Central com adição de solução nutritiva (SN) e tratamento controle (C).

## 6. CONCLUSÃO

- As plantas cultivadas em solo de *L Ae* e Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (*GXve*) obtiveram maior produtividade de biomassa, diâmetro do caule, peso seco da raiz e número de folhas em relação aos demais tratamentos.
- O teor de artemisinina diferiu apenas em plantas cultivadas em Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (*PVAd*), ao qual não foi observado nenhum padrão de caráter nutricional que pressupõe uma hipótese consistente.
- A aplicação de solução nutritiva diminuiu o teor de Alumínio dos solos, e consequentemente a percentagem de saturação do mesmo, aumentando a soma de bases, e a capacidade de troca catiônica (CTC).
- O teor nutricional foliar indicou que as plantas cultivadas em Latossolo Amarelo Eutrófico (*L Ae*) apresentam uma leve deficiência de Potássio, confirmada pela diagnose visual.

## 7. REFERÊNCIAS CONSULTADAS

Bhandari P.; Gupta A.P.; Singh, B. 2005. [Simultaneous densitometric determination of artemisinin, artemisinic acid and arteannuin-B in \*Artemisia annua\* using reversed-phase thin layer chromatography](#). *Journal of Separation Science*, 28 (17):2288-2292.

Butle, D.; Maurice, J.; O'Brien, C. 1997. Time to put malária control on the global agenda. *In: Produção e detecção de artemisinina em plantas de *Artemisia annua* L. submetidas a estresse abiótico*. Tese de doutorado, Marchese, J.A., 1999. Campinas, SP, 97p.

Bunnag, D.; Viravan, C.; Looreesuwan, S; Karbwang, J.; Harinasuta, T. 1991. Double blind randomised clinical trial of oral artesunate at once or twice daily dose in falciparum malaria. *In: Salcedo, V.; Miguel, J., et al. Avaliação da eficácia do artesunato associado à tetraciclina na terapêutica da malária falciparum*. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 1997, vol.30, nº 3, pp. 215-222.

Carvalho, L.M. 2001. *Disponibilidade de água, irradiância e homeopatia no crescimento e teor de partenolideo em *Artemisia**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas gerais. 139 pp.

Cerri, C.C.; Bernoux, M.; Feilgl, B.J.; Piccolo, M. *Ciclo do carbono na Amazônia e mudanças globais*. *In: Encontro Brasileiro Sobre Substâncias Húmicas*. n. 2, 1997, São Carlos. Anais. São Carlos: EMBRAPA, 1997, p. 21-25.

CFSEMG (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação*. Lavras, 1999. 359 p.

Cyranoski, D. 2004. Campaign to fight malaria hit by surge in demand for medicine. *In: Ferreira, J.F.S., 2007. Nutrient Deficiency in the Production of Artemisinin*,

Dihydroartemisinic Acid, and Artemisinic Acid in *Artemisia annua* L. *J. Agric.Food Chem.* 55 : 1686 – 1694.

Chen, F.I. & Zhang, G.H. 1987. Studies on several physiological factors in artemisinin synthesis in *Artemisia annua* L. *In: Figueira, G.M.* 1995. Mineral nutrition, production, and artemisinin content in *Artemisia annua* L. Proceedings of the International (Dissertação de mestrado) 91p.

Davies, M.J. *et al.* 2009. Enhancement of artemisinin concentration and yield in response to optimization of nitrogen and potassium supply to *Artemisia annua*. *Annals of Botany*, 104: 315 – 323.

Debrunner, N., Dvorak, V., Magalhães; Delabays, N. 1996. Selection of genotypes of *Artemisia annua* L. for the agricultural production of artemisinin. *In: J. F. S. Ferreira, J. C. Laughlin, N. Delabays and P. M. de Magalhães, 2005.* Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinin. *Plant Genetic Resources* 3(2) : 206 – 229.

Delabays, N.; Blanc, C.; Collet G. 1992. La culture et selection d' *A. annua* L. en vue de la production d' artemisinine. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture et Horticulture*, 24 (4) : 245 - 251.

EMBRAPA. 1997. *Manual de métodos de análises de solo*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro, Brasil. 212 pp.

EMBRAPA. 2006. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro, Brasil. 306 pp.

Falcão, N.P.S.; Carvalho, E.J.M.; Comerford, N.B. 2001. Avaliação da fertilidade de solos Antropogênicos da Amazônia Central. *In: Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira, XI. Grupo de trabalho: Terras pretas arqueológicas na Amazônia: estado da arte.* Congresso. Rio de Janeiro, Brasil. 2p.

Figueira, G.M. 1995. Mineral nutrition, production, and artemisinin content in *Artemisia annua* L. Proceedings of the International (Dissertação de mestrado) 91p.

Ferreira, J.F.S. 1994. *Production and detection of Artemisinin in Artemisia annua L.* Purdue University, Purdue, EUA, Ph.D. thesis. In: Magalhães PM, Raharinaivo J and Delabays N (1996) Influences de la dose et du type d'azote sur la production en artemisinine de l'*Artemisia annua* L. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture* 28:349 – 353.

Ferreira, J.F.S., Simon, J.E. e Janick, J. 1995. Developmental studies of *Artemisia annua*: Flowering and Artemisinin production under greenhouse and field conditions. In: Marchese, J.A., 1999. Produção e detecção de artemisinina em plantas de *Artemisia annua* L. submetidas a estresse abiótico. Campinas, SP, 97p. (*Tese de Doutorado*).

Ferreira, J.F.S., Simon, J.E.; Janick, J. 1997. *Artemisia annua*: botany, horticulture, pharmacology (a review). *Horticultural Reviews*, 19 : 319 – 371.

Ferreira, J.F.S., 2007. Nutrient Deficiency in the Production of Artemisinin, Dihydroartemisinic Acid, and Artemisinic Acid in *Artemisia annua* L. *J. Agric.Food Chem.* 2007, 55 : 1686 – 1694.

Fernandes, M. S. & Rossiello, R. O. P. 1995. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v.14, n.2 p.111 - 148.

Foglio, M.A. 2005. A terapia da artemisia. In: Quitério, G. C. M., 2006. *Produção de artemisinina por Artemisia annua L. Sob influência de micorriza arbuscular.* Instituto Agrônômico, Campinas, SP, 38p. (Dissertação de mestrado).

Fritz, C. *et al.* 2006. Regulation of secondary metabolism by the carbon nitrogen status in tobacco:nitrate inhibits large sectors of phenylpropanoid metabolism. In: Davies, M.J. *et al.* 2009. Enhancement of artemisinin concentration and yield in response to optimization of nitrogen and potassium supply to *Artemisia annua*. *Annals of Botany*, 104 : 315 – 323.

Heywood, V.H., Harbone, J.B., Turner, B.L. 1997. Anthemidae. In: Magalhães, P.M.; Raharinaivo, J.; Delabays, N. 1996. Influences de la dose et du type d'azote sur la production

en artemisinine de l'*Artemisia annua* L. Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture 28 : 349 – 353.

Jarrel, W.M.; Beverly, R.B. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. *In*: Davies, M.J. *et al.* Enhancement of artemisinin concentration and yield in response to optimization of nitrogen and potassium supply to *Artemisia annua* L. Annals of Botany 104: 315 – 323, 2009.

Jones, J.B., Jr. Plant tissue analysis in micronutrients. 1991. *In*: Ferreira, J.F.S., 2007. Nutrient Deficiency in the Production of Artemisinin, Dihydroartemisinic Acid, and Artemisinic Acid in *Artemisia annua* L. *J. Agric.Food Chem.* 2007, 55 : 1686 – 1694.

Kindermans, J.M.; Pilloy J.; Olliaro P.; Gomes, M. 2007. Ensuring sustained ACT production and reliable artemisinin supply. Malaria Journal 6: 125–130. *In*: Davies, M.J. *et al.* Enhancement of artemisinin concentration and yield in response to optimization of nitrogen and potassium supply to *Artemisia annua*. Annals of Botany 104 : 315 – 323, 2009.

Klayman, D.L. 1985. Qinqhaosu (Artemisinin): an antimalarial drug from China. *Science In*: Marchese, J.A., 1999. Produção e detecção de artemisinina em plantas de *Artemisia annua* L. submetidas a estresse abiótico. Campinas, SP, 97 p. (*Tese de Doutorado*).

Klayman, D.L. 1989. Weeding out malaria. *In*: Quitério, G. C. M., 2006. Produção de artemisinina por *Artemisia annua* L. Sob influência de micorriza arbuscular. Instituto Agrônômico, Campinas, SP, 38 p. (*Dissertação de mestrado*).

Laughlin, J.C. 1978. The effect of band placed nitrogen and phosphorus fertilizer on the yield of poppies (*Papaver somniferum* L.) grown on krasnozem soil. *In*: Ferreira, J.F.S.; Laughlin, J.C.; Delabays, N.; Magalhães, P.M. 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinina. Plant Genetic Resources 3(2); 206–229.

Laughlin, J. & Cand Chung B. 1992. Nitrogen and irrigation effects on the yield of poppies (*Papaver somniferum* L.). Acta Horticulturae 306:466–473. *In*: Ferreira, J.F.S.; Laughlin, J.C.; Delabays, N.; Magalhães, P.M. 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinina. Plant Genetic Resources 3(2): 206–229.

Laughlin, J.C. 1993. Effect of agronomic practices on plant yield and antimalarial constituents of *Artemisia annua* L. *Acta Horticulturae* 331:53–61. *In*: Ferreira, J.F.S.; Laughlin, J.C.; Delabays, N.; Magalhães, P.M. 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinin. *Plant Genetic Resources* 3(2): 206–229.

Laughlin, J.C., (1994). Agricultural production of artemisinin review. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 88: 21–22. *In*: Ferreira, J.F.S.; Laughlin, J.C.; Delabays, N.; Magalhães, P.M. 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinin. *Plant Genetic Resources* 3(2): 206–229.

Laughlin, J.C., Heazlewood, G.N.; Beattie, B.M. 2002. Cultivation of *Artemisia annua* L. *In*: Quitério, G. C. M., 2006. *Produção de artemisinina por Artemisia annua* L. *Sob influência de micorriza arbuscular*. Instituto Agronômico, Campinas, SP, 38p. (Dissertação de mestrado).

Laughlin, J.C. 2002. Postharvest drying treatment effects on antimalarial constituents of *Artemisia annua* L. *Acta Horticulturae* 576:315–320 *In*: Ferreira, J.F.S.; Laughlin, J.C.; Delabays, N.; Magalhães, P.M. 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinin. *Plant Genetic Resources* 3(2): 206–229.

Lehmann, J.; Kern, D.C.; Glaser, B.; Woods, W.I. (Eds.) 2003a. Amazon Dark Earths: origin, properties and management. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. U.S.A. 505 pp. *In*: Woods, W.I. Comments on the black earth of Amazonia. *Papers and proceedings of applied geography conferences*.

Lehmann, J.; Kern, D.C.; Glaser, B.; Woods, W.I. (Eds.) 2003b. Amazon Dark Earths: origin, properties and management. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. U.S.A. 505 pp. *In*: Sombroek, W.G., Amazon Soils: A Reconnaissance of the Soils of the Brazilian Amazon Region.

Liu, C.Z.; Guo, C.; Wang, Y.; Ouyang, F. 2003. Factors influencing artemisinin production from shoot cultures of *Artemisia annua* L. *In*: Ferreira, J.F.S.; Laughlin, J.C.; Delabays, N.;

Magalhães, P.M. 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinin. *Plant Genetic Resources* 3(2): 206–229.

Magalhães, P.M.; Raharinaivo, J.; Delabays, N. 1996a. Influences de la dose et du type d'azote sur la production en artemisinine de l'*Artemisia annua* L. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture*, 28 : 349 – 353.

Magalhães, P.M. 1996b. *Seleção, melhoramento e nutrição da Artemisia annua L., para cultivo em região intertropical*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 116 p.

Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Potafos, Piracicaba, São Paulo. 319 pp.

Malavolta, E.; Vitti, G. C.; De Oliveira, S. A. 1986. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 201 p.

Meshnick, S.R. 2002. Artemisinin: mechanisms of action, resistance and toxicity. *In*: Taranto, A.G.; Carneiro, J.W.M.; Araujo, M.T.; Silva, B.M., 2006. Estudos sobre o mecanismo de ação da Artemisinina e dos endoperóxidos, a mais Nova classe de agentes antimaláricos. *Sitientibus*, Feira de Santana, nº. 34, 47 – 58.

Mert, A.,1999. *The effect of some agronomic practices on yield and yield components with quality of Artemisia annua* L. PhD. Thesis. C., Ukurova University, Institute of Natural and Applied Sciences, Adana, Turkey. *In*: Ozguven, M. *et al.* 2008. Effects of varying nitrogen doses on yield, yield components and artemisinin content of *Artemisia annua* L. *Industrial crops and products*, 27 : 60 - 64.

Ministério da Saúde. 2001. *Manual de Terapêutica da Malária*. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 104 p.

Ministério da Saúde. 2008. *Situação epidemiológica da malária no Brasil, ano de 2008*. Sistema de Vigilância Epidemiológica da Malária / Sistema de Vigilância Sanitária/Ministério da Saúde, Brasília.

NAS, N. A. S. *Saing Lies, Buying Time: Economics of Malaria Drugs in an Age of Resistance*; 2004, 15 pp.

Padoch, C.; Ayres, M.; Henderson, P.V. 2000. *Várzea: Diversity, Development, and Conservation in Amazonia's Whitewater Floodplains*. The New York Botanical Garden Press, New York, 407 pp.

Prasad, A.; Ram, M.; Gupta, N.; Kumar, S. 1998. Effect of different soil characteristics on the essential oil yield of *Artemisia annua*. In: Ferreira, J.F.S.; Laughlin, J.C.; Delabays, N.; Magalhães, P.M. 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinin. *Plant Genetic Resources* 3 (2) : 206 – 229.

Quitério, G. C. M., 2006. *Produção de artemisinina por Artemisia annua L. Sob influência de micorriza arbuscular*. Instituto Agronômico, Campinas, SP, 38p. (Dissertação de mestrado).

Raij, B.V. 1981. *Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba*. Instituto da Potassa e Fosfato, 142p.

Raij, B. van. 1991. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres, Potafos, 343p.

Raij, B. Van. 1982. *Disponibilidade de potássio em solos do Brasil*. In: Simpósio sobre potássio na agricultura brasileira, Londrina. Anais, Piracicaba: Instituto Potassa e Fosfato, Instituto Internacional de Potassa, 67 – 76 p.

Resende, M.; Curi, N.; de Rezende, S.B.; Corrêa, G.F. 1999. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. Neput, Viçosa, Minas Gerais. 338 pp.

RENISUS. Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde. Disponível em: <<http://portalweb05.saude.gov.br/prtal/arquivos/pdf/RENISUS.pdf>> Acesso em: Dez / 2009.

Ribeiro, M.N.G. 1976. Aspectos climatológicos de Manaus. *Acta Amazonica*, 6 (2) : 229-233.

Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Alvarez-Venegas, V.H., (1999) *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 359p.

Rozane, D.E. *et al.* 2007. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em diferentes soluções nutritivas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, p. 1020 - 1026.

Sarruge, J.R. & Haag, H.P. 1974. *Análises químicas em plantas*. Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 56 pp.

Simonnet X.; Gaudin M.; Vergeres C. 2001. Lef anageau champd' *Artemisia annua* L.: eleverl a teneur en arte misinine etabaisser lescoutsde production. *In: Ferreira, J.F.S.; Laughlin, J.C.; Delabays, N.; Magalhães, P.M.* 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinina. *Plant Genetic Resources* 3(2): 206–229.

Srivastava, N.K. & Sharma S. 1990. Influence of micronutrient imbalance on growth and artemisinin content in *Artemisia annua*. *In: Ferreira, J.F.S.; Laughlin, J.C.; Delabays, N.; Magalhães, P.M.* 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinina. *Plant Genetic Resources* 3 (2) : 206 – 229.

Trigg, P.I. 1989. Qinghaosu (Artemisinin) asan antimalarial drug. *Economic and Medicinal Plant Research* 3:19–55. *In: Ferreira, J.F.S.; Laughlin, J.C.; Delabays, N.; Magalhães, P.M.* 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinina. *Plant Genetic Resources* 3 (2) : 206 – 229.

Tomé Jr., J.B. Manual para interpretação de análises de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

Van Dam N.M.; De Jong T.J.; Iwasa, Y.; Kubo, T. 1996. Optimal distribution of defences: areplants smart investors. *In: Davies, M.J. et al.* 2009. Enhancement of artemisinin concentration and yield in response to optimization of nitrogen and potassium supply to *Artemisia annua*. *Annals of Botany*, 104: 315 – 323.

Vieira, L.S. *Manual da ciência do solo*. São Paulo: ed. Agronomia, Ceres. 1975.

Watson, L.E.; Bates, P.L.; Evans, T.M.; Unwin, M.M.; Estes, J.R. 2002. Molecular phylogeny of subtribe Artemisiinae (Asteraceae), including *Artemisia* na ditsallied and segregate genera. *In: Ferreira, J.F.S., 2007. Nutrient Deficiency in the Production of Artemisinin, Dihydroartemisinic Acid, and Artemisinic Acid in Artemisia annua L. J. Agric.Food Chem.* 2007, 55 : 1686 – 1694.

Wallaart, T.E. *et al.* 2001. Amorpha - 4,11 - dienesynthase:cloning and functional expression of akeyenzyme in the biosynthetic pathway of the novel antimalarial drug artemisinin. *In: Ozguven, M. et al.* 2008. Effects of varrying nitrogen doses on yield, yiel components and artemisinin content of *Artemisia annua L. Insdustrial crops and products*, 27:60 - 64.

Wang, Y. & Weathers P.J., 2007. Sugars proportionally affect artemisinin production. *In: Davies, M.J. et al.* 2009. Enhancement of artemisinin concentration and yield in response to optimization of nitrogen and potassium supply to *Artemisia annua*. *Annals of Botany*, 104:315 – 323.

WHO (World Health Organization). 2008. *Global malaria control and elimination: report of a technical review*. Global Malaria Programme. Geneva. Disponível em: <<http://malaria.who.int/wmr2008/malaria2008.pdf>> Acesso em: JAN / 2010.

Woerdenbag, H. J.; Pras, N.; Chan, N. G.; Bang, B. T.; Bos, R; Uden, W.; Van, Y. P.; Boi, N. V.; Batterman, S.; Lugt, C. B. 1994. Artemisinin, related sesquiterpenes, and essential oil in *Artemisia annua* during a vegetation period in Vietnam. *In: Ferreira, J.F.S.; Laughlin, J.C.; Delabays, N.; Magalhães, P.M.* 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua L.* for increased production of the antimalarial artemisininina. *Plant Genetic Resources* 3(2):206–229.

Woods, W.I. & McCann, J.M., 1999. *The anthropogenic origin and persistence of amazonian dark earths*. *In: Conference of latin americanist geographers, Yearbook*, 25:7-14.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)