



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE  
E AGROECOSSISTEMAS AMAZÔNICOS

**ANDRÉ LAVEZO**

**MORFOLOGIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS,  
ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO E  
POTENCIAL ALELOPÁTICO DE *Petiveria alliacea*  
L. (PHYTOLACCACEAE)**

**Dissertação de Mestrado**

**ALTA FLORESTA-MT**

**2014**



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE  
E AGROECOSSISTEMAS AMAZÔNICOS**

**ANDRÉ LAVEZO**

**MORFOLOGIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS,  
ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO E  
POTENCIAL ALELOPÁTICO DE *Petiveria alliacea*  
L. (PHYTOLACCACEAE)**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientadora: Profa. Dra. Lúcia Filgueiras Braga

**ALTA FLORESTA-MT**

**2014**

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

### Catálogo na publicação

#### Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias

LAVEZO, ANDRÉ  
MORFOLOGIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS, ASPECTOS  
FISIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO E POTENCIAL ALELOPÁTICO DE  
*Petiveria alliacea* L. (PHYTOLACCACEAE) / ANDRÉ LAVEZO.- 2014.  
126 p.; 30cm

Orientadora: LÚCIA FILGUEIRAS BRAGA  
Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Mato  
Grosso, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias,  
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e  
Agroecossistemas Amazônicos, Alta Floresta, MT, 2014.

1. AGRICULTURA 2. SEMENTES I. BRAGA, LÚCIA FILGUEIRAS  
II. Título.

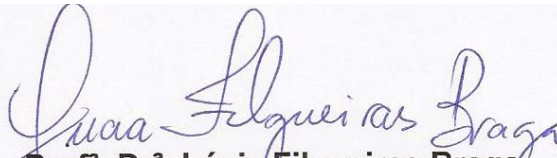
CDU 631 531


**MORFOLOGIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS,  
ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO E  
POTENCIAL ALELOPÁTICO DE *Petiveria alliacea*  
L. (PHYTOLACCACEAE)**

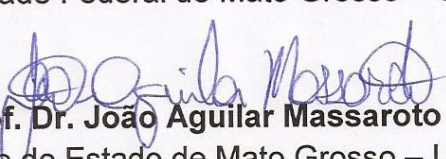
**André Lavezo**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Aprovada em: 19/02/2014

  
**Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Lúcia Filgueiras Braga**  
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT

  
**Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Elisângela Clarete Camili**  
Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

  
**Prof. Dr. João Aguilar Massaroto**  
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT

## DEDICATÓRIA

À Deus pelo fôlego de vida me dado,

Aos meus pais pela minha existência,

Aos meus irmãos pelo carinho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me fortalecer diariamente e guiar meus passos de acordo com sua vontade.

À minha mãe, mulher forte e guerreira, que me educou e sempre me apoiou, dando-me amor e carinho.

Ao meu pai, homem trabalhador e honesto, que com seu exemplo me ensinou a lutar pelos meus ideais, sempre me auxiliando.

Ao meu irmão Alexandre que sempre me incentivou e apoiou minhas decisões.

Ao meu irmão Pedro que com seu amor e sorriso me dava força para prosseguir.

Aos meus familiares, amigos e a todos que com incentivo e apoio, lutaram comigo nas tomadas de decisões importantes às quais fui submetido ao longo de minha vida.

Aos meus colegas Alan, Cleverson e Darline que durante o curso de mestrado deixaram de serem colegas e se tornaram amigos, sempre me auxiliando nas tarefas mais árduas e aconselhando-me.

À Universidade do Estado de Mato Grosso e ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos pela oportunidade.

Ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Propagação de Plantas pela disponibilidade de realização do trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro, através da Bolsa de Estudo.

A Professora Lúcia Filgueiras Braga, pela orientação e amizade durante o curso.

Aos professores: Oscar Mitsuo Yamashita, Marco Antônio Camillo de Carvalho, Ivone Vieira da Silva, Ana Aparecida Bandini Rossi, João Aguilar Massaroto e Paulo Sergio Koga, pela amizade e auxílio prestado.

À banca examinadora, pelas valiosas contribuições e sugestões.

Obrigado!

## EPÍGRAFE

*“ESPEREI com paciência no SENHOR, e ele se inclinou  
para mim, e ouviu o meu clamor”.*

*Tirou-me dum lago horrível, dum charco de lodo, pôs os  
meus pés sobre uma rocha, firmou os meus passos.  
E pôs um novo cântico na minha boca, um hino ao nosso  
Deus; muitos o verão, e temerão, e confiarão no  
SENHOR.*

*Bem-aventurado o homem que põe no SENHOR a sua  
confiança, e que não respeita os soberbos nem os que se  
desviam para a mentira.*

*Muitas são, SENHOR meu Deus, as maravilhas que  
tens operado para conosco, e os teus pensamentos não se  
podem contar diante de tí; se eu os quísiera anunciar, e  
deles falar, são mais do que se podem contar”.*

*Salmos 40:1-5*

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT .....	xvi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	05
3. CAPÍTULOS.....	07
3.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS SEMENTES E DESENVOLVIMENTO PÓS SEMINAL DE <i>Petiveria alliacea</i> L. (PHYTOLACCACEAE) .....	07
Resumo .....	08
Abstract .....	08
Introdução .....	09
Material e Métodos.....	11
Resultados e Discussão.....	12
Conclusões.....	20
Referências Bibliográficas.....	21
3.2 FOTOPERÍODO E TEMPERATURA PARA A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Petiveria alliacea</i> L. ....	23
Resumo.....	24
Abstract .....	24
Introdução .....	25



Material e Métodos.....	27
Resultados e Discussão.....	30
Conclusões.....	37
Referências Bibliográficas.....	38
<b>3.3 ESTRESSE OSMÓTICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Petiveria alliacea</i> L. ....</b>	<b>41</b>
Resumo.....	42
Abstract.....	42
Introdução.....	43
Material e Métodos.....	45
Resultados e Discussão.....	48
Conclusões.....	58
Referências Bibliográficas.....	59
<b>3.4 ALELOPATIA DE EXTRATO FRESCO DE PARTES VEGETAIS DE <i>Petiveria alliacea</i> L. ....</b>	<b>63</b>
Resumo.....	64
Abstract.....	64
Introdução.....	65
Material e Métodos.....	67
Resultados e Discussão.....	69
Conclusões.....	80
Referências Bibliográficas.....	81
<b>3.5 POTENCIAL ALELOPÁTICO DO EXTRATO AQUOSO DE MATERIAL VEGETAL SECO DE <i>Petiveria alliacea</i> L. ....</b>	<b>84</b>

Resumo .....	85
Abstract .....	85
Introdução .....	86
Material e Métodos.....	88
Resultados e Discussão.....	91
Conclusões.....	102
Referências Bibliográficas .....	103
4. CONCLUSÕES GERAIS .....	106

## LISTA DE TABELAS

TABELAS	Página
CAPÍTULO 2	
1. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de <i>Petiveria alliacea</i> L. sob diferentes temperaturas e condição de luz .....	32
2. Tempo médio de germinação (TMG) e Índice de sincronização (E - bits) de sementes de <i>Petiveria alliacea</i> L. sob diferentes temperaturas e condição de luz.....	33
CAPÍTULO 3	
1. Porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de <i>Petiveria alliacea</i> L. expostas a diferentes agentes e potenciais osmóticos.....	48
2. Tempo médio de germinação (TMG) e índice de sincronização (bits) de sementes de <i>Petiveria alliacea</i> L. expostas a diferentes agentes e potenciais osmóticos.....	52
CAPÍTULO 4	
1. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	70
2. Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	71
3. Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de <i>Petiveria alliacea</i> L. ....	72
4. Comprimento de raiz (cm) de plântulas de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	73

5.	Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	76
6.	Comprimento de raiz (cm) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	77

## CAPÍTULO 5

1.	Porcentagem de germinação (%) de sementes de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material vegetal seco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	91
2.	Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	92
3.	Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de <i>Petiveria alliacea</i> L. ....	93
4.	Comprimento de parte aérea (cm) de plântulas de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	94
5.	Comprimento de raiz (cm) de plântulas de alface e pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	95
6.	Massa seca (g) de plântulas de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material vegetal seco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	96
7.	Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	97

8.	Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	98
9.	Comprimento de parte aérea (cm) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	99
10.	Comprimento de raiz (cm) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de <i>Petiveria alliacea</i> L.	100

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Página
CAPÍTULO 1	
1. Aspectos morfológicos da semente e plântula de Guiné ( <i>Petiveria alliacea</i> L.).....	13
2. Aspectos morfológicos da planta jovem de Guiné ( <i>Petiveria alliacea</i> L.) aos 120 dias .....	16
3. Aspectos morfológicos das folhas de Guiné ( <i>Petiveria alliacea</i> L.) em diferentes estádios de desenvolvimento em escala similar de tamanho (1cm).....	17
CAPÍTULO 2	
1. Porcentagem de germinação de sementes de <i>Petiveria alliacea</i> L. expostas a diferentes condições de temperatura.....	31
2. Frequências relativas (Fr) da germinação de sementes de <i>Petiveria alliacea</i> L., em função do tempo de incubação isotérmica, em diferentes temperaturas e na presença de luz (A) ou ausência de luz (B).....	35
CAPÍTULO 3	
1. Frequências relativas (Fr) da germinação de sementes de <i>Petiveria alliacea</i> L., em função de diferentes potenciais e tipos de agentes osmóticos.....	56
CAPÍTULO 4	
1. Porcentagem de germinação (G%) de sementes de alface sob efeito de tipos (A) e concentrações (B) de extratos de material fresco de <i>Petiveria alliacea</i> L.....	69
2. Massa seca (g) de plântulas de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de <i>Petiveria alliacea</i> L..	75

3. Massa seca (g) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de *Petiveria alliacea* L.. 78

## CAPÍTULO 5

1. Massa seca (g) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material vegetal seco de *Petiveria alliacea* L..... 100

## LISTA DE SIGLAS (ou de ABREVIATURAS)

**PPGBioAGRO** Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos

**FCBA** Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias

**FAMEVZ** Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia

**pH** Potencial hidrogeniônico

**nm** Nanômetro

**MPa** Megapascal

**g L<sup>-1</sup>** Gramas por litro

**mL** Mililitro

**mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>** Milimoles por metro quadrado por segundo

**w** Watts

**Fv** fitocromo vermelho forma inativa

**FVD** fitocromo vermelho distante forma ativa

**°C** Grau Celsius

**PEG** Polietileno glicol

**TMG** Tempo médio de germinação

**IVG** Índice de velocidade de germinação

**Fr** Frequência relativa

**Ê** Índice de sincronização

**CV** Coeficiente de variação

**L.** Linnaeus

**S** Sul

**W** Oeste

**Bits** Binary digit



## RESUMO

LAVEZO, André. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, fevereiro de 2014. **Morfologia de sementes e plântulas, aspectos fisiológicos da germinação e potencial alelopático de *Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae).** Orientadora: Lúcia Filgueiras Braga.

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar a morfologia de sementes e plântulas, analisar a influência de temperaturas e fotoperíodo, do estresse osmótico durante a germinação e o potencial alelopático de *Petiveria alliacea* L. sobre espécies receptoras. Sementes de *P. alliacea* foram semeadas no substrato areia+serragem (v:v), sob a temperatura de 25°C em câmara tipo BOD, onde permaneceram durante os primeiros 30 dias e transferidas para viveiro até 120 dias, para a caracterização das sementes e descrição do desenvolvimento pós seminal. Para avaliar o efeito da temperatura e fotoperíodo as sementes foram submetidas à presença e a ausência de luz nas temperaturas constantes de 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C. Para analisar a influência do estresse osmótico as sementes foram submetidas aos agentes NaCl, CaCl<sub>2</sub> e PEG nos potenciais à 0; -0,1; -0,2; -0,3; -0,4; -0,5; -0,6; -0,7; -0,8; -0,9 e -1,0 MPa em temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Para análise do potencial alelopático de *P. alliacea* sobre a germinação e desenvolvimento inicial de alface e pepino realizaram-se dois experimentos, utilizando extrato aquoso fresco e extrato aquoso seco de *P. alliacea* nas concentrações de 5, 10, 15 e 20% obtidos de raízes, folhas, caule herbáceo e caule lenhoso. A semente de *P. alliacea* apresenta quatro ganchos pontiagudos nas porções apical-lateral e uma cerda na porção apical. A germinação é epígea e as plântulas são fanerocotiledonares. A protrusão da raiz primária ocorre aos 7 dias após semeadura e a planta, aos 120 dias, apresenta caracteres morfológicos como, venação do tipo camptódromo-broquidódromo, nervuras terciárias do tipo reticulado ortogonal, caule lenhoso com lenticelas, brotações oriundas de raiz e hábito herbáceo que podem ser utilizados para a identificação da espécie. A temperatura ótima para a porcentagem e velocidade de germinação de sementes de *P. alliacea* é 25°C, sendo favorecida na presença de luz. Em potenciais osmóticos mais negativos que -0,4 MPa, -0,5 MPa, e -0,7 MPa respectivamente nos agentes CaCl<sub>2</sub>, NaCl, e PEG, não ocorre

germinação das sementes de *P. alliacea*. Pode-se concluir que há indícios de fitotoxicidade dos extratos de material vegetal fresco ou seco de *P. alliacea* sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de alface e sobre o desenvolvimento de plântulas de pepino. Para o extrato de material vegetal fresco, maiores efeitos fitotóxicos sobre as espécies alface e pepino são proporcionados quando extraído de raiz de *P. alliacea*. Para o extrato de matéria vegetal seco, maiores efeitos fitotóxicos sobre as espécies alface e pepino são proporcionados quando extraídos do caule herbáceo de *P. alliacea*.

Palavras-chave: guiné, desenvolvimento pós seminal, temperatura e fotoperíodo, estresse osmótico, alelopatia.

## ABSTRACT

LAVEZO, André. M.Sc. University of State of Mato Grosso, February 2014. **Morphology of seeds and seedling physiological aspects of germination and allelopathic potential *Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae).** Adviser: Lúcia Filgueiras Braga.

The objective of this study was to characterize the morphology of seeds and seedlings, examine the influence of temperature and photoperiod, the osmotic stress during germination and allelopathic potential of *Petiveria alliacea* L. about receiving species. Seeds *P. alliacea* were seeded on the substrate sand + sawdust (v:v), under the temperature of 25°C in BOD type chamber, where they remained during the first 30 days and transferred to a nursery to 120 days for the characterization of seed and description development after the seminal. To evaluate the effect of temperature and photoperiod seeds were subjected to the presence and absence of light at constant temperatures of 15, 20, 25, 30, 35 and 40°C. To analyze the influence of osmotic stress seeds were subjected to NaCl, CaCl<sub>2</sub> and PEG agents in the potential 0; -0.1; -0.2; -0.3; -0.4; -0.5; -0.6; -0.7; -0.8; -0.9 and -1.0 MPa at constant temperature of 25°C and 12 hours photoperiod. For analysis of allelopathic potential of *P. alliacea* on germination and early development of lettuce and cucumber were carried out two experiments using fresh aqueous extract and dried aqueous extract of *P. alliacea* concentrations: 5, 10, 15 and 20% obtained roots, leaves, herbaceous stems and woody stem. The seed of *P. alliacea* features four sharp hooks on the apical-lateral portions and a bristle at the apical portion. Germination is epigeal and seedlings are fanerocotylar. The primary root protrusion occurs at 7 days after sowing and plant, at 120 days, as shows morphological characters, venation type camptódromo-brochidodromous, tertiary veins orthogonal lattice type, woody stem with lenticels, shoots arising from roots and herbaceous habit can be used for species identification. The optimum temperature for the percentage and rate of germination of *P. alliacea* is 25°C, being favored in the presence of light. In osmotic potential more negative than -0.4 MPa, -0.5 MPa and -0.7 MPa respectively in CaCl<sub>2</sub>, NaCl, and PEG agents, does not occur germination of *P. alliacea*. It can be concluded that there is evidence of

phytotoxicity of extracts of fresh or dried plant material of *P. alliacea* on germination and seedling growth of lettuce and the development of cucumber seedlings. To the extract of fresh plant material, higher phytotoxic effects on species lettuce and cucumber are provided when extracted root *P. alliacea*. To extract dried vegetable matter, higher phytotoxic effects on species and lettuce peino are provided when extracted from herbaceous stem of *P. alliacea*.

Key-words: guiné, developing seminal post, temperature and photoperiod, osmotic stress, allelopathy.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

*Petiveria alliacea* L. pertencente à família Phytolaccaceae, é uma planta herbácea de 50 a 100 cm de altura, que apresenta um forte odor de alho (GUPTA, 1995).

A espécie *P. alliacea* conhecida popularmente como guiné, ocorre na região Amazônica, sendo encontrada na América Central e América do Sul (GUPTA, 1995). É utilizada na medicina popular para tratar de uma grande variedade de desordens na saúde humana (KUBEC et al., 2003), sendo os ramos secos utilizados para dor de dente (VAN DEN BERG, 1982), o infuso de folhas e colmos empregado como diurético, febrífugo, antireumático, antiespasmódico e antihelmíntico (PIO CORREA, 1978).

Os preparados desta planta apresentam ainda relatos de sua ação anticâncer, antimicrobiana e antiinflamatória (KUBEC e MUSAH, 2005). Gupta (1995) relatou que a decocção das folhas tem propriedades antiinflamatórias e analgésicas, que o extrato metanólico da raiz, rico em sulfetos benzílicos demonstrou atividade profilática e terapêutica no tratamento de doença hepática. O óleo essencial das folhas apresentou atividade supressora da alimentação durante a fase larval de alguns insetos fitopatogênicos e atividade inseticida contra insetos adultos. O extrato alcoólico das folhas apresentou atividade nematicida contra *Meloidogyne* spp.

Apesar de vários estudos revelarem as propriedades medicinais desta espécie, não há relato, até o presente momento, de estudos realizados que visem à compreensão da fisiologia da germinação das sementes e do potencial alelopático da espécie, importantes para caracterizar os aspectos ecológicos da planta.

O conhecimento da germinação, envolvendo os aspectos morfológicos, é importante para estudos taxonômicos, ecológicos e agrônômicos (GENTIL e FERREIRA, 2005). A morfologia de sementes pode auxiliar no entendimento do processo de germinação, vigor, armazenamento, viabilidade e métodos de propagação das espécies e caracterizar a forma de dispersão, estabelecimento de plântulas e fase da sucessão ecológica, contribuindo para a caracterização taxonômica da espécie (MELO et al., 2004).

O processo de germinação inicia-se com a ativação do metabolismo das sementes, decorrente da disponibilidade de recursos essenciais como, água, luz e temperatura. Luz e temperatura são consideradas fatores ambientais (BEWLEY e BLACK, 1994) responsáveis pelo início da germinação das sementes (PONS, 1992; PROBERT, 1992).

A percepção da qualidade da luz pelas plantas ocorre através do fitocromo que corresponde a uma classe de pigmentos envolvida com a indução da germinação de sementes (TAKAKI, 2001).

A temperatura influi na velocidade e no percentual de germinação, especialmente por alterar a velocidade de absorção de água e modificar a velocidade das reações químicas que irão mobilizar as reservas armazenadas e a síntese de várias substâncias para o crescimento das plântulas (BEWLEY e BLACK, 1994).

Como em qualquer reação química, existe uma temperatura ótima na qual o processo se realiza mais rápida e eficientemente (BEWLEY e BLACK, 1994) e permite a expressão do potencial máximo de germinação em menor período de tempo (MAYER e POLJAKOFF MAYBER, 1989).

Da mesma maneira que a temperatura e a luz, a água é indispensável durante o processo germinativo. O processo de embebição é decorrente da quantidade água disponível no meio. A deficiência hídrica provocada por adversidades ambientais durante esta fase pode provocar estresse hídrico.

O estresse hídrico normalmente diminui a porcentagem e a velocidade de germinação, mas existe grande variação entre as espécies, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes (BEWLEY e BLACK, 1985).

Assim como o estresse hídrico, a salinidade afeta a germinação não só dificultando a cinética de absorção da água, mas também facilitando a entrada de íons em quantidade tóxica nas sementes embebidas (BRACCINI et al., 1996).

Um dos métodos mais difundidos para a determinação da tolerância das plantas aos estresses hídrico e salino é a observação da capacidade germinativa das sementes em condições adversas (LARCHER, 2000). A

tolerância à deficiência hídrica e à salinidade pelas plantas torna-se importante no manejo das espécies, podendo-se recomendar a utilização de solos e evitar regiões adversas, conforme o comportamento da espécie, para isso sendo necessário estudo preliminar.

Além do estresse hídrico e salino que influencia a germinação de sementes, segundo Nery et al. (2013) é frequente em testes de germinação a observação de danos como deformações de raízes provocadas por aleloquímicos, como também sementes não germinadas pela ação de substâncias tóxicas à germinação. Estes aleloquímicos podem possuir efeito inibitório ou benéfico, direto ou indireto, de uma planta sobre outra, através da produção de compostos químicos que são liberados no ambiente (RICE, 1984).

A espécie *P. alliacea* contém uma diversidade de substâncias, dentre elas a petiverina, presente no óleo essencial extraído do extrato alcoólico da raiz, glicosídeos saponínicos, isoarborinol-triterpeno, isoarborinol-acetato, isoarborinol-cinamato, esteróides, alcalóides, flavonóides e taninos (ARCHER, 1973), porém não se conhece se estas substâncias possuem potencial alelopático.

O resultado de laboratório é o primeiro passo para a identificação do comportamento de plantas associado com aleloquímicos (RIZZARDI et al., 2008). Os bioensaios consistem em monitorar a germinação de sementes e/ou o desenvolvimento de plântulas de espécies vegetais, na presença de resíduos ou de extratos da planta doadora (RICE, 1984). Segundo Rizzardi et al. (2008) a inibição ou o estímulo da germinação ou do crescimento de plântulas são evidências da atividade alelopática.

Vários estudos são conduzidos visando identificar propriedades alelopáticas em espécies vegetais, como alternativa estratégica principalmente para o controle de ervas daninhas, insetos, assim como na fitopatologia (OLIVEIRA et al., 2009). A utilização destas substâncias alelopáticas em espécies vegetais contribuem para a redução da utilização de agroquímicos que causam danos ambientais, alterações nas propriedades físico-químicas do solo e na deficiência de nutrientes. Assim, a busca de herbicidas naturais que não apresentam os inconvenientes dos herbicidas sintéticos é de fundamental importância (LIMA et al., 2011).

Devido à importância medicinal de *Petiveria alliacea* L. o trabalho teve como objetivo caracterizar a morfologia de sementes e plântulas, analisar a influência de temperaturas, fotoperíodo e estresse osmótico na germinação e o potencial alelopático de *P. alliacea* sobre espécies receptoras.



## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHER, J. Tests for emotionality in rats and mice: a review. **Animal ehavioral**, v.21, n.1, p.205-235, 1973.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. Berlim e New York: Springer Verlag, 1985. 367p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. 2.ed., New York: Plenum Press, 1994. 367p.
- BRACCINI, A.L.; RUIZ, H.A.; BRACCINI, M.C.L.; REIS, M.S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietilenoglicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.1, p.10-16, 1996.
- GENTIL, D.F.O.; FERREIRA, S.A.N.. Morfologia da plântula em desenvolvimento de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae). **Acta amazônica**, Manaus, v.35, n.3, p.337–342, 2005.
- GUPTA, M.P. **Plantas medicinales Iberoamericanas**. Santa Fé de Bogotá: CYTED-SECAB, 1995. 434p.
- KUBEC, R.; KIM, S.; MUSAH, R.A. The lachrymatory principle of *Petiveria alliacea*. **Phytochemistry**, Washington, v.63, n.1, p.37–40, 2003.
- KUBEC, R.; MUSAH, R.A.  $\gamma$ -Glutamyl dipeptides in *Petiveria alliacea*. **Phytochemistry**, Washington, v.66, n.1, p.2494–2497, 2005.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.
- LIMA, C.P.; CUNICO, M.M.; MIGUEL, O.G.; MIGUEL, M.D. Efeito dos extratos de duas plantas medicinais do gênero *Bidens* sobre o crescimento de plântulas de *Lactuca sativa* L. **Revista Ciência Farmacêutica Básica Aplicada**, Araraquara, v.32, n.1, p.83-87, 2011.
- MAYER, A.C.; POLJAKOFF MAYBER, A. **The germination of seeds**. 4.ed. Oxford: Pergamon Press, 1989. 270p.
- MELO, M.G.G.; MENDONÇA, M.S.; MENDES, Â.M.S. Análise morfológica de sementes, germinação e plântulas de jatobá (*Hymenaea intermedia* Ducke var. adenotricha (Ducke) Lee & Lang.) (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Acta amazônica**, Manaus, v.34, n.1, p.9–14, 2004.
- NERY, M.C.; CARVALHO, M.L.M.; NERY, F.C. Potencial alelopático de *Raphanus sativus* L. var. oleiferus. **Informativo Abrates**, Londrina, v.23, n.1, p.15-20, 2013.

OLIVEIRA, A.K.; DIÓGENES, F.E.P.; COELHO, M.F.B.; MAIA, S.S.S. Alelopatia em extratos de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart. – Rhamnaceae). **Acta Botânica Brasileira**, Feira de Santana, v.23, n.4, p.1186-1189, 2009.

PIO CORREA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. 5.ed., 1978. 160p.

PONS, T.L. Seed responses to light. In: FENNER, M. **Seeds: The ecology of regeneration in plant communities**. 2.ed., Wallingford, UK: CAB International. 1992. 428p.

PROBERT, R.J. The role of temperature in germination ecophysiology. In: FENNER, M. **Seeds: The ecology of regeneration in plant communities**. 2.ed., Wallingford, UK: CAB International. 1992. 428p.

RICE, E.L. **Allelopathy**. Orlando, 2.ed., Florida: Academic Press Inc., 1984. 422 p.

RIZZARDI, A.; RIZZARDI, M.A.; LAMB, T.D.; JOHANN, L.B. Potencial alelopático de extratos aquosos de genótipos de canola sobre *Bidens pilosa*. **Planta daninha**, Viçosa, v.26, n.4, p.717-724, 2008.

TAKAKI, M. New proposal of classification of seeds based on forms of phytochrome instead of photoblastism. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Brasília, v.13, n.1, p.103-107, 2001.

VAN DEN BERG, M.E. **Plantas Medicinais na Amazônia: Contribuição ao Seu Conhecimento Sistemático**. Belém: CNPq. 1982. 223p.

### **3. CAPÍTULO 1**

#### **3.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS SEMENTES E DESENVOLVIMENTO PÓS-SEMINAL DE *Petiveria alliacea* L. (PHYTOLACCACEAE) <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Artigo submetido no periódico "Acta Amazônica".

**Resumo – Características morfológicas das sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae).** *Petiveria alliacea* L. é uma espécie herbácea da Amazônia muito utilizada na fitoterapia. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar as sementes e descrever o desenvolvimento pós-seminal de *P. alliacea*. As sementes foram semeadas no substrato areia+serragem (v:v), sob temperatura de 25°C em câmara BOD, onde permaneceram durante 30 dias e transferidas para viveiro até 120 dias. Conclui-se que as sementes de *P. alliacea* são oblongas de coloração castanho-acinzentada quando maduras ou esverdeadas quando não estão completamente maduras. A semente apresenta quatro ganchos pontiagudos nas porções apical-lateral e uma cerda na porção apical. A germinação é epígea e as plântulas são fanerocotiledonares. A protrusão da raiz primária ocorre aos sete dias após semeadura e a planta aos 120 dias apresenta caracteres morfológicos como, venação do tipo camptódromo-broquidódromo, nervuras terciárias do tipo reticulado ortogonal, caule lenhoso com lenticelas, brotações oriundas de raiz e hábito herbáceo que podem ser utilizados para a identificação da espécie.

Palavras-chave: guiné, planta medicinal, morfologia de sementes e plântulas.

**Abstract – Morphological description of seeds, seedlings and germination *Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae).** *Petiveria alliacea* L. is an herbaceous species of Amazonia widely used in herbal medicine. The objective of this study was to characterize and describe the seminal seed development of *P. alliacea* post. The seeds were sown in the sandy substrate sawdust + (v: v) under the temperature of 25°C growth chamber where they remained for the 30 days and transferred to nursery 120 days. We conclude that the seeds of *P. alliacea* are oblong brown-grayish or greenish when ripe when they are not fully ripe. The seed has four hooks sharp in apical-lateral portions and a bristle at the apical portion. Germination is epigeal and seedlings are fanerocotylar. The primary root protrusion occurs at seven days after sowing and plant at 120 days presents as morphological characters, venation type camptódromo-brochidodromous, tertiary veins orthogonal lattice type, woody stem with lenticels, shoots arising from roots and herbaceous habit that can be used for identification of the species.

Key-words: guiné, medicinal plant, morphology of seeds and seedlings.

## Introdução

A Amazônia contém rica biodiversidade que pode ser utilizada de forma sustentável para fomentar atividades sócioeconômicas, mas de acordo com Silva (2002) menos de 1% da flora brasileira foi estudada cientificamente, no entanto, geram enormes somas de divisas em seu comércio interno e externo.

A guiné (*Petiveria alliacea* Linnaeus) é uma Phytolaccaceae, herbácea que ocorre na região Amazônica (GUPTA, 1995), explorada e cultivada em muitas áreas tropicais para fins medicinais e ornamentais (CANO e VOLPATO, 2004). É utilizada na fitoterapia, como planta medicinal, por conter princípios ativos que curam e previnem uma grande quantidade de enfermidades atuando como, diurética, febrífuga, antireumática, antiespasmódica e antihelmíntica (PIO CORREA, 1978). Os preparativos possuem ação anticâncer, antimicrobiana e antiinflamatória (KUBEC e MUSAH, 2001). Apresenta também uso místico em rituais, provavelmente tendo sido trazida ao Brasil pelos africanos (SCHARDONG e CERVI, 2000)

Devido à exploração de *Petiveria alliacea* L., são relevantes para o manejo e conservação da espécie, pesquisas que visem, como afirmou Oliveira (1993), a precisa identificação das espécies vegetais a partir de suas fases juvenis, compreensão da regeneração e outros processos ecológicos.

Os estudos morfológicos de sementes e plântulas auxiliam a identificação botânica das espécies, a interpretação dos testes de laboratório e o reconhecimento das espécies em bancos de sementes do solo e em fase de plântulas (FERREIRA e BORGHETTI, 2004), além de melhorar o conhecimento do processo reprodutivo das espécies vegetais, servindo de subsídio para a produção de mudas, sendo fundamental para uma melhor compreensão do estabelecimento da planta em condições naturais (GUERRA et al., 2006).

O conhecimento da morfologia de sementes pode auxiliar no entendimento do processo de germinação, vigor, armazenamento, viabilidade e métodos de semeadura das espécies e caracterizar aspectos ecológicos da planta, como a dispersão, estabelecimento de plântulas e fase da sucessão ecológica (FERREIRA e BORGHETTI, 2004).

Oliveira (1993) mencionou que a morfologia de plântulas tem merecido atenção como parte de estudos morfológicos, com intuito de ampliar o conhecimento sobre determinada espécie ou agrupamento sistemático de plantas e para facilitar o reconhecimento e identificação das espécies de uma determinada região, dentro de um enfoque ecológico.

De acordo com Leonhardt et al. (2008) as informações relacionadas ao desenvolvimento e morfologia das plântulas são essenciais aos viveiristas para auxiliarem o planejamento da produção de mudas. Muitas vezes, a longa duração do período de germinação e/ou o lento desenvolvimento inicial das plântulas, são comportamentos próprios das espécies, pouco conhecidos e, portanto, não considerados no planejamento e no processo de produção.

Visto a necessidade de informações sobre as espécies medicinais brasileiras, é de fundamental importância estudos sobre biodiversidade, de forma a ampliar o conhecimento sobre as características da semente, do processo germinativo e do desenvolvimento inicial da plântula, para que estes dados sirvam de base para os programas de recuperação e manejo de áreas naturais.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar as sementes e descrever o desenvolvimento pós-seminal de *Petiveria alliacea* L..

## Material e Métodos

As sementes da espécie *Petiveria alliacea* L. foram coletadas durante o ano de 2012 no município de Alta Floresta - MT (localização, 09°53'18.07" S e 56°05'05.88" W), de várias plantas, sendo mantidas em saco plástico no ambiente do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Propagação de Plantas da Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta, ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$  com 50% UR) até a condução dos experimentos.

Para descrição morfológica das sementes e das plântulas em diferentes estádios do desenvolvimento, foram realizadas observações diárias sendo considerada para descrição das sementes a coloração, textura e tipos de estruturas presentes. Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes colocadas para germinar em caixa plástica (51 x 30,3 x 9,7 cm) com capacidade para 9 kg, preenchida com mistura de serragem + areia (v:v) estéril, umedecida a 70% da capacidade de retenção.

Antes da semeadura foi realizada a assepsia superficial das sementes com imersão em solução de hipoclorito de sódio 2% por 5 minutos, e lavagem em água destilada. Em seguida, as sementes foram tratadas com o fungicida Ridomil® (Metalaxil) a 0,5% da massa de cada amostra.

As sementes foram semeadas a 0,5 cm de profundidade, sendo mantidas em germinador à temperatura de 25°C com fotoperíodo de 12 horas e a cada três dias regadas com 50 mL de água destilada.

Para as plantas coletadas em fases sequenciais, os caracteres foram descritos de maneira a diferenciar o desenvolvimento da raiz primária, o surgimento de raízes secundárias a emergência dos cotilédones, o início do crescimento da primeira folha e da gema apical conspícua bem como da expansão do eófilo.

A germinação foi caracterizada quanto ao tipo e as plântulas quanto à forma, coloração, textura, indumentos dos protófilos e da folha. Posteriormente foram realizadas ilustrações das sementes e dos estádios de desenvolvimento das plântulas. De forma geral, as descrições seguiram os critérios e as terminologias adotadas por Beltrati (1992) e Ribeiro et al. (1999). As ilustrações foram feitas manualmente a olho nu.

## Resultados e Discussão

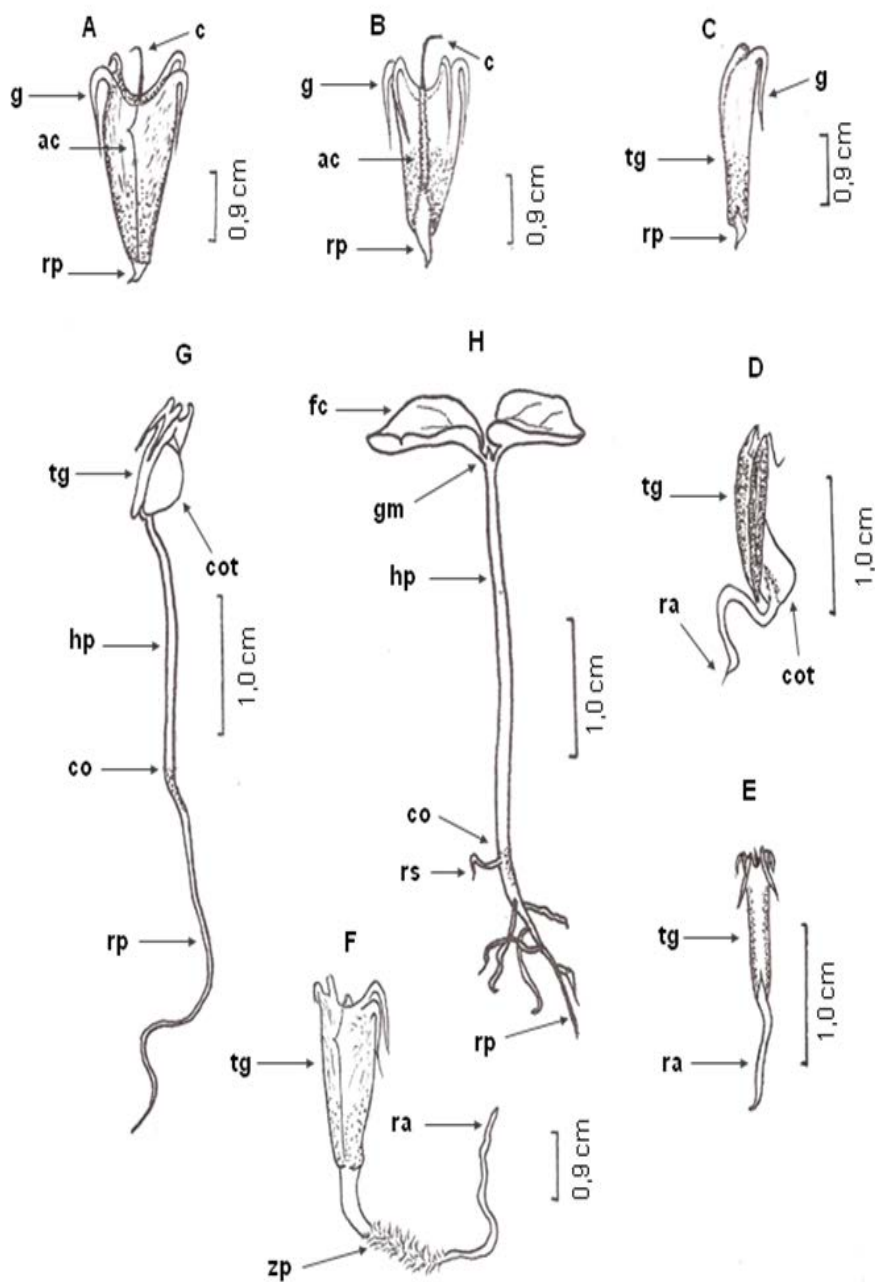
A semente de *Petiveria alliacea* L. (Figura 1A) é oblonga e estriada longitudinalmente (Figura 1 A e B), comprimida dorsiventralmente ocorrendo discreta curvatura na região apical lateral (Figura 1C). O ápice apresenta depressão com uma cerda na porção apical e quatro ganchos pontiagudos nas porções apical-lateral (Figura 1 A e B). Vistos pelo lado lateral da semente (Figura 1C), os ganchos são tão delgados e próximos na região apical, que parecem ser um único gancho em cada lateral da semente.

Segundo Deminiciis et al. (2009) as características morfológicas das sementes podem fornecer informações importantes sobre o potencial de dispersão da espécie. Sementes com ganchos, ou cerdas, conforme verificado em *P. alliacea* são descritas por Stender et al. (1997) como aderentes à pele ou pelos de animais, podendo ser dispersas com eficiência, caracterizando esta dispersão como epizoocoria. Este tipo de dispersão pode ser verificado em Cyperaceae e Polygonaceae e em *Basella* (Baselaceae), *Boehmeria* (Urticaceae), *Petiveria* (Phytolaccaceae) e *Ranunculus* (Ranunculaceae) (FERREIRA e BORGUETTI, 2004).

Groth et al. (1980) observaram nas sementes das espécies *Acanthospermum hispidum* e *Xanthium spinosum* L. (Compositae) a presença de cerdas na morfologia externa do tegumento semelhante ao encontrado em *Petiveria alliacea* L.

O lado dorsal (Figura 1A) e ventral (Figura 1B) das sementes forma dois lobos com aresta cuneada na região mediana longitudinal em cujo lado ventral ocorre a abertura do tegumento na posição distal quando inicia a protrusão da raiz primária (Figura 1B). As sementes apresentam cor castanho-acinzentada quando maduras ou esverdeadas quando não estão completamente maduras.





**Figura 1.** Aspectos morfológicos da semente e plântula de Guiné (*Petiveria alliacea* L.). A. Semente em vista frontal; B. Semente em vista dorsal; C. Semente em vista lateral; A-G. 1ª Fase do desenvolvimento – germinação; H. Plântula. ac – aresta cuneada; co– colo; cot – cotilédone; c- cerda; fc – folha cotiledonar; g – ganchos; gm – gema apical; hp – hipocótilo; rp – raiz primária; ra – alongamento da raiz primária; rs – raiz secundária; tg – tegumento da semente; z – zona pelífera. Ilustração: L.F. Braga.

A protrusão da raiz primária se inicia aos sete dias após a sementeira, apresentando forma cônica, ápice pontiagudo e coloração amarelo clara (Figura 1 A a C) e, à medida que ocorre o alongamento da raiz primária aos 10-12 dias após a sementeira, surgem pelos absorventes, de cor pérola brilhante, na região denominada de zona pelífera (Figura 1 D a F). Entre o 10<sup>o</sup> e o 22<sup>o</sup> dia da sementeira ocorre a saída dos cotilédones da região ventral das sementes (Figura 1 D e G) de coloração verde brilhante. Os cotilédones se elevam acima do solo, caracterizando a germinação como epigea e a plântula como fanerocotiledonar. Ao fim deste período o hipocótilo cilíndrico e glabro já está bem desenvolvido, de coloração esverdeada no ápice e amarelo claro na base. A raiz primária apresenta-se proporcionalmente maior que o hipocótilo, sendo lisa, cônica e amarelo clara (Figura 1G).

Aos 22 dias ocorre a expansão das duas folhas cotiledonares opostas, liberadas do tegumento sequencialmente, sendo possível visualizar entre elas a gema apical de coloração verde claro (Figura 1H).

Lopes et al. (2012) também observaram germinação epigea, hipocótilo e epicótilo glabros e filotaxia oposta para *Gallesia integrifolia* (Phytolaccaceae), característica não determinante para a diferenciação a nível de gênero, pois está presente na família.

As folhas cotiledonares são foliáceas, glabras, brilhosas, delgadas, de forma largo-elíptica com ápice obtuso e base arredondada ou subcordada (Figura 1H e Figura 3A,B), margem inteira, apresentando uma nervura central nítida e as laterais, curtas e finas (Figura 1H). A face adaxial da folha apresenta coloração verde e a face abaxial coloração verde-amarelada. Nesta fase de desenvolvimento é possível visualizar a delimitação do hipocótilo com a raiz primária das plântulas (Figura 1G e H). A distinção é percebida pela coloração na região de transição entre estas duas estruturas, denominada de colo, sendo amarelo-claro na base do hipocótilo e marrom claro na base da raiz. De acordo Oliveira (1993), esta região é um elemento de identificação nas plântulas, apresentando forma constante nas espécies em que ocorre.

O aspecto foliáceo dos cotilédones de *P. alliacea* difere do descrito para *G. integrifolia* que aos 48 dias apresenta cotilédones coriáceos (LOPES et al., 2012).

Na Figura 2, observa-se a planta de *P. alliacea* aos 120 dias após a germinação. As folhas são herbáceas e glabras e de filotaxia alterna. A filotaxia alterna também foi descrita para a espécie por Joly (1987).

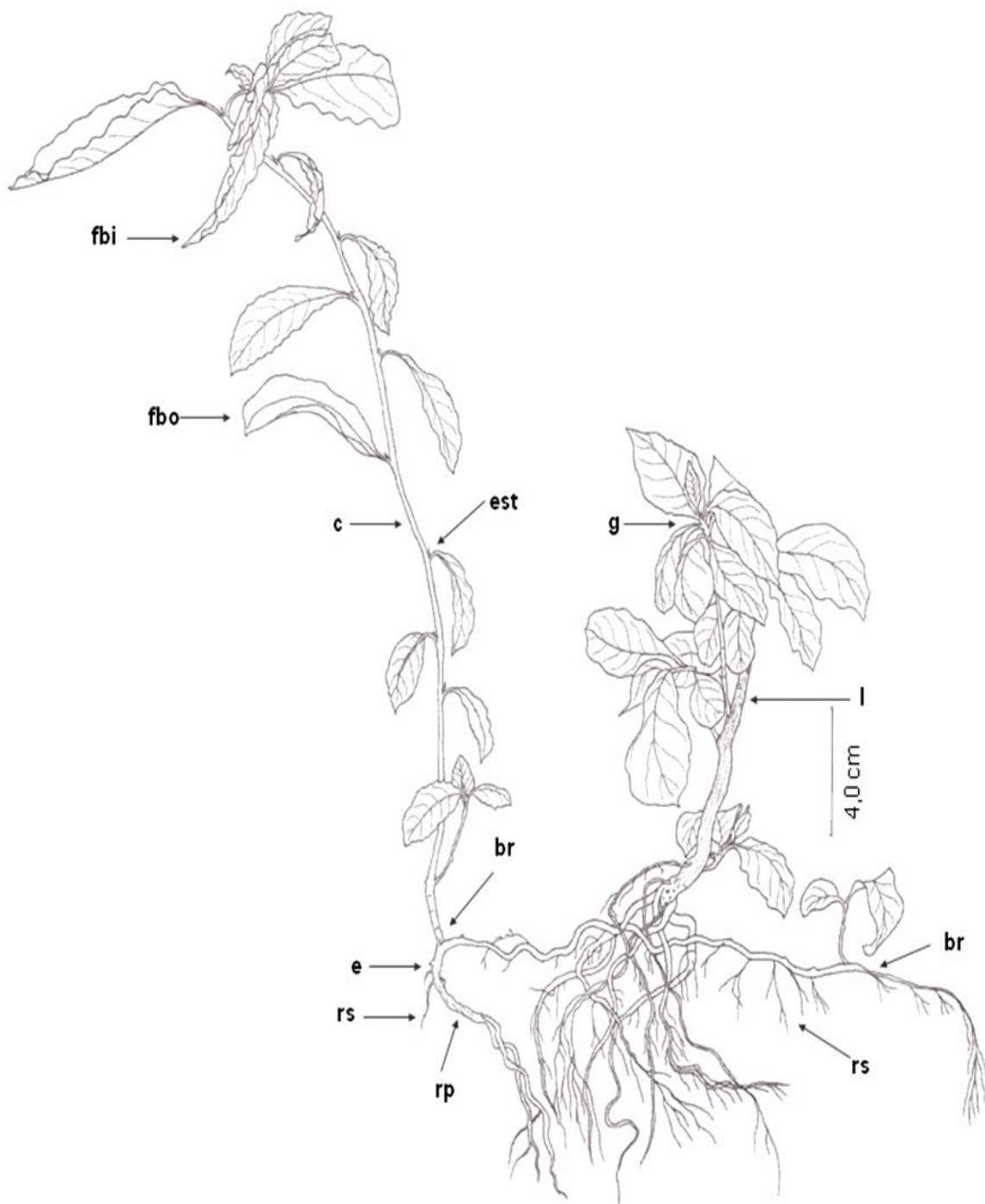
As formas da lâmina foliar variam de oblongo-lanceoladas a lanceoladas (Figuras 2 e 3C, D). A base apresenta forma cuneada (Figuras 2 e 3D). O ápice é obtuso (Figura 3E) ou retuso (Figura 3F). O bordo apresenta-se inteiro em toda a sua extensão ou, eventualmente, ondulado em folhas da parte superior dos ramos (Figuras 2 e 3).

A base cuneada das folhas também foi observada em plantas de *P. alliacea* por Rocha et al. (2006). O aspecto do ápice obtuso ou retuso observados para *P. alliacea* é distinto do verificado por Lopes et al. (2012) para *G. integrifolia* que apresentou ápice agudo, indicando a importância da morfologia foliar como ferramenta para identificação e preservação das espécies a campo.

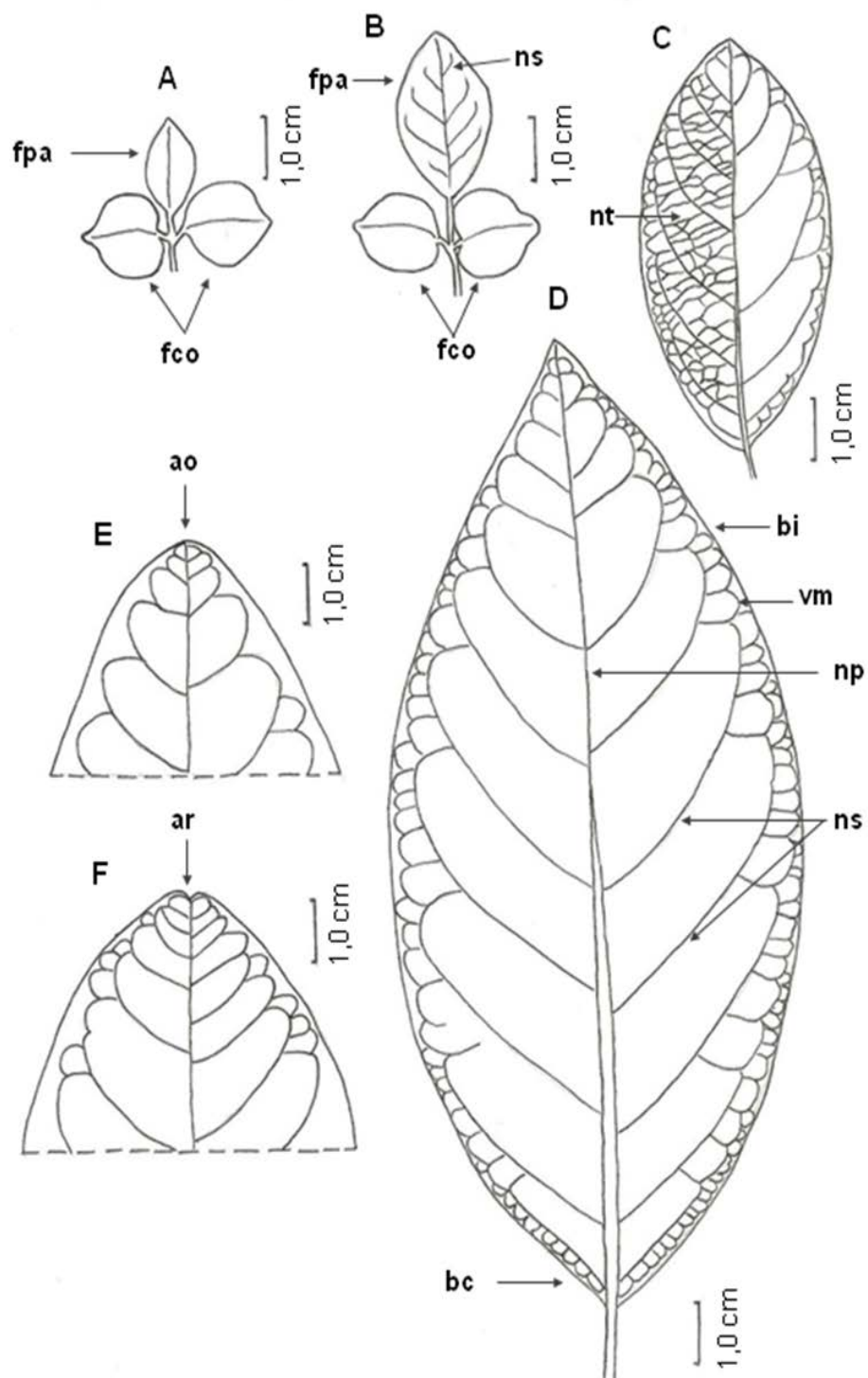
A venação de *P. alliacea* é do tipo camptódromo-broquidódromo (Figura 3 C, D). Esse padrão de venação de acordo com Cardoso e Sajo (2006) se caracteriza por apresentar nervuras secundárias que se anastomosam entre si, desde a base das folhas, formando uma série de arcos próximos ao bordo, sendo que em alguns casos esses arcos podem formar outros menores, de segunda terceira ou quarta ordem. O mesmo padrão de venação observado para *P. alliacea* ocorre em *G. integrifolia* (LOPES et al., 2012) assim como para o gênero *Campomanesia* (Myrtaceae), característica esta marcante para diferenciação entre os gêneros desta família (OLIVEIRA et al., 2011).

Em *P. alliacea* as nervuras secundárias encaminham-se em direção ao bordo formando arcos (Figura 3 B a F). A nervura mediana e as secundárias são proeminentes na face abaxial (Figura 3C, D). As nervuras terciárias são do tipo reticulado ortogonal, conectando-se entre si ou com as nervuras secundárias em ângulos predominantemente retos (Figura 3C). Este tipo de nervação terciária é característica de *G. integrifolia* (LOPES et al., 2012) e do gênero *Campomanesia* (Myrtaceae) (CARDOSO e SAJO, 2006; OLIVEIRA et al., 2011).

A venação marginal é em arco (Figura 3C, D), comum em várias espécies das subtribos Myrtinae, Myrciinae e Eugeniinae (Myrtaceae) conforme descrito por Cardoso e Sajo (2006).



**Figura 2.** Aspectos morfológicos da planta jovem de Guiné (*Petiveria alliacea* L.) aos 120 dias. *fbi* – folha com bordo inteiro; *fbo* – folha com bordo ondulado; *br* – brotação proveniente da raiz; *c* – caule; *e* – estrias; *est* – estípulas; *g* – gema apical; *l* – lenticelas; *rp* – raiz primária; *rs* – raiz secundária. Ilustração: L.F. Braga.



**Figura 3.** Aspectos morfológicos das folhas de Guiné (*Petiveria alliacea* L.) em diferentes estádios de desenvolvimento em escala similar de tamanho (1cm). A-B. Folhas durante a fase de plântula; C-F. Folhas de plantas jovens. *ao*- ápice obtuso; *ar* – ápice retuso; *bc* – base cuneada; *bi* – bordo inteiro; *fco* – folhas cotiledonares opostas; *fpa* – folha primária alternada; *np* – nervura primária; *ns* – nervura secundária; *nt* – nervura terciária; *vm* – venação marginal. Ilustração: L.F. Braga.

As faces adaxial e abaxial das folhas são glabras com coloração verde escura na face adaxial e verde amarelada na face abaxial, características essas que corroboram com a descrição morfológica foliar de *Petiveria alliacea* L. realizada por Rocha et. al (2006). Na base do pecíolo com o caule herbáceo ocorrem estruturas denominadas estípulas.

O caule (Figura 2) é cilíndrico, sendo a maioria do órgão de constituição herbácea de coloração verde clara, e com somente a base lenhosa, de coloração marrom clara. Características similares descritas por Rocha et. al (2006) e Vidal (1995) para *P. alliacea*. Na região lenhosa observada na base do caule verificou-se a presença de lenticelas (Figura 2), o que também foi relatado por Rocha et al. (2006) estudando *P. alliacea*.

Segundo Unict (2006), na família Phytolaccaceae raramente observam-se espécies de hábito herbáceo, característica essa fundamental para a diferenciação entre as espécies e gêneros da família.

A planta apresenta sistema radicular pivotante com raiz primária axial, sublenhosa, estriada, glabra, mais espessa na base e afilada no ápice; coifa cilíndrica, amarelo claro; raízes secundárias curtas, muito ramificadas, nódulos ausentes. Observou-se a presença de ramificações provenientes de raízes que dão origem a novas plantas (Figura 2). A característica de produção de gemas em raízes também foi relatada por Tertuliano e Figueiredo-Ribeiro (1993) para representantes da família Asteraceae.

Estudos morfológicos de sementes, plântulas, da germinação em sua primeira fase de desenvolvimento, antes da produção das folhas definitivas, são de grande importância, pois permitem a visualização de estruturas transitórias, primitivas ou derivadas, as quais somem com o desenvolvimento da planta, mas que podem ter extraordinária relevância para se estabelecer conexões filogenéticas com os grupos em que os órgãos adultos apresentem tais características (RICARDI et al., 1977).

As plantas jovens de *Petiveria alliacea* L. aos 120 dias apresentam características morfológicas semelhantes às da planta adulta, tornando fácil o reconhecimento das mesmas. Os dados apresentados podem ser considerados norteadores para a identificação de sementes, plântulas e para o planejamento da produção de mudas da espécie, mediante as características

morfológicas obtidas. Nesse sentido, os caracteres morfológicos foliares, apontados no presente estudo, serão de grande valia, contribuindo para orientar essas atividades e seu sucesso.

## **Conclusões**

Nas condições do presente estudo pode-se concluir:

A semente de *Petiveria alliacea* é oblonga de coloração castanho-acinzentada com quatro ganchos pontiagudos nas porções apical-lateral e uma cerda apical. A germinação é epígea e as plântulas são fanerocotiledonares. A protrusão da raiz primária ocorre aos sete dias após semeadura e a planta aos 120 dias apresenta caracteres morfológicos como, venação do tipo camptódromo-broquidódromo, nervuras terciárias do tipo reticulado ortogonal, caule lenhoso com lenticelas, brotações oriundas de raiz e hábito herbáceo que podem ser utilizados para a identificação da espécie.



## Referências Bibliográficas

- BELTRATI, C.M. **Morfologia e anatomia de sementes. UNESP – Departamento de Botânica.** Instituto de Biociências (Apostila do curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Área de Biologia Vegetal). Rio Claro, 1992, 51p.
- CANO, J.H., VOLPATO, G.J.. Herbal mixtures in the traditional medicine of Eastern Cuba. **Etnopharmacol**, Santiago de Cuba, v.90, n.1, p.293, 2004.
- CARDOSO, C.M.V.; SAJO, M.G. Nervação foliar em espécies brasileiras de Myrtaceae Adans. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v.20, n.3, p.657-669. 2006.
- DEMINICIS, B.B.; VIEIRA, H.D.; ARAÚJO, S.A.C.; JARDIM, J.G.; PÁDUA, F.T.; CHAMBELA NETO, A. Dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.58, n.r, p.35-58, 2009.
- FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado.** Porto Alegre: ARTMED, 2004. 243p.
- GROTH, D.; BOARETTO, M.R.; SILVA, R.N. da. Morfologia de sementes, frutos e plantas invasoras em algumas culturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v.2, n.2, p.67-98, 1980.
- GUERRA, M.E. de C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALHÃO, M.I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Cerne**, Lavras, v.12, n.4, p.322-328, 2006.
- GUPTA, M.P. **270 Plantas Medicinales Iberoamericanas.** Santa Fé de Bogotá – Colômbia: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo CYTED-SECAB. 1995. 607p.
- JOLY, A.B. **Introdução à Taxonomia Vegetal.** 8.ed. São Paulo: Editora Biblioteca Universitária, 1987. p.258-259. 777p.
- KUBEC, R.; MUSAH, R.A.. Cysteine sulfoxide derivatives in *Petiveria alliacea*. **Phytochemistry**, Washington, v.58, n.1, p.981–985, 2001.
- LOPES, A.; ROSA-OSMAN, S.M.; PIEDADE, M.T.F. Caracterização morfológica das plântulas de cinco espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v.42, n.1, p.105–114, 2012.
- LEONHARDT, C.; BUENO, O.L.; CALIL, A.C.; BUSNELLO, Â.; ROSA, R. Morfologia e desenvolvimento de plântulas de 29 espécies arbóreas nativas da área da Bacia Hidrográfica do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Porto Alegre, v.63, n.1, p.5-14, 2008.

OLIVEIRA, E.C. Morfologia de plântulas In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993, 175p.

OLIVEIRA, M.I.U. de; FUNCH, L.S.; SANTOS, F.A.R. dos; LANDRUM, L.R. Aplicação de caracteres morfoanatômicos foliares na taxonomia de *Campomanesia Ruiz & Pavón* (Myrtaceae). **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.25, n.2, p.455-465. 2011.

PIO CORREA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. 5.ed., 1978. 160p.

RIBEIRO J.E.L.S.; HOPKINS, M.J.G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C.A.; COSTA, M.A.S.; BRITO, J.M.; SOUZA, M.A.D.; MARTINS, L.H. P.; LOHMANN, L.G.; ASSUNCAO, P.A.C.L.; PEREIRA, E.C.; SILVA, C.F.; MESQUITA, M.R.; PROCÓPIO, L.C. **Flora da Reserva Ducke**: Guia de Identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central. Manaus: INPA. 1999. 816p.

RICARDI, M.; TORRES, F.; HERNÁNDEZ, C.; QUINTERO, R. Morfologia de plantulas de arboles venezolanos. **Revista Florestal Venezolana**, Mérida, v.27, n.1, p.15-56, 1977.

ROCHA, L.D.; MARANHO, L.T.; PREUSSLER, K.H. Organização estrutural do caule e lâmina foliar de *Petiveria alliacea* L., Phytolaccaceae. **Revista Brasileira de Farmácia**, Rio de Janeiro, v.3, n.87, p.98-101, 2006.

SCHARDONG, R.M.F.; CERVI, A.C. Estudos etnobotânicos das plantas de uso medicinal e místico na comunidade de São Benedito, Bairro São Francisco, Campo Grande, MS, Brasil. **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, v. 29, n.1, 2, 3, 4, p.187-217, 2000.

STENDER, S.; POSCHLOD, P.; VAUK-HENTZELT, E.; DERNEDDE, T.. Die Ausbreitung durch Galloway-Rinder. **Verhandlungen der GfÖ**, Berlim, v.27, n.1, p.173-180, 1997.

SILVA, R.B.L. **A etnobotânica de plantas medicinais da comunidade quilombola de curiaú, Macapá-AP, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal Tropical) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA. 2002. 174p.

TERTULIANO, M.F.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. Distribution of fructose polymers in herbaceous species of Asteraceae from the cerrado. **New Phytologist**, Lancaster, v.123, n.1, p.741-749, 1993.

UNICT (UNIVERSITÁ DEGLI STUDI DI CATANIA). **Botânica Sistemática**. 2006. 20p.

VIDAL, W.N.; VIDAL, M.R.R. **Botânica - Organografia**. 3.ed. Viçosa : UFV. 1995. 114p.

### **3. CAPÍTULO 2**

#### **3.2 FOTOPERÍODO E TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Petiveria alliacea* L. <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Artigo submetido no periódico "Scientia Horticulturae".

**Resumo – Fotoperíodo e temperatura na germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L.** *Petiveria alliacea* L. ocorre na região Amazônica e vem sendo utilizada para fins medicinais. O objetivo do trabalho foi verificar a influência das temperaturas constantes de 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C, combinadas à presença ou ausência de luz sobre a germinação de *P. alliacea*. As avaliações diárias do número de sementes germinadas foram realizadas durante 30 dias, calculando-se a porcentagem e velocidade de germinação, o tempo médio de germinação, frequência relativa e índice de sincronização. As sementes de *P. alliacea* germinam entre 20 e 35°C, sendo fotoblásticas neutras, com máxima germinação na temperatura de 27,4°C. A temperatura ótima para a velocidade de germinação é 25°C, sendo favorecida na presença de luz. O tempo médio de germinação é de 19,92 dias com distribuição da germinação polimodal, apresentando maior sincronização na temperatura ótima e na ausência de luz.

Palavras-chave: guiné, ecofisiologia, espécie medicinal, qualidade fisiológica.

**Abstract - Photoperiod and temperature on germination of *Petiveria alliacea* L.** *Petiveria alliacea* L. occurs in the Amazon and has been used for medicinal purposes. The objective was to verify the influence of constant temperatures of 15, 20, 25, 30, 35 and 40°C, combined with the presence or absence of light on the germination of *P. alliacea*. The daily estimates of the number of germinated seeds were held for 30 days by calculating the percentage and speed of germination, mean germination time, relative frequency and rate of synchronization. The seeds of *P. alliacea* germinate between 20 and 35°C, and neutral photoblastic, with maximum germination temperature of 27.4°C. The optimum temperature for the germination rate is 25°C, being favored in the presence of light. The mean germination time is 19.92 days with polymodal distribution of germination, with higher synchronization in the optimal temperature and in the absence of light.

Key-words: guiné, ecophysiology, medicinal species, physiological quality.

## Introdução

*Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae) é uma planta herbácea alta, algumas vezes lenhosa na base, com ramos finos e angulares, de 50 a 100 cm de altura, com um forte odor de alho. É nativa do México, Caribe, América Central e América do Sul (GUPTA, 1995). A guiné, como popularmente é conhecida, é cultivada para fins ornamentais, medicinais em muitas áreas tropicais (CANO e VOLPATO, 2004), o óleo essencial das folhas apresenta atividade inseticida contra insetos adultos e o extrato alcoólico das folhas atividade nematicida contra *Meloidogyne* spp. (GUPTA, 1995).

O estudo da fisiologia da germinação de *Petiveria alliacea* L. torna-se importante para a sua propagação uma vez que existem poucas informações disponíveis sobre esta espécie.

A germinação das sementes inicia com o ressurgimento das atividades paralisadas por ocasião da maturidade fisiológica das sementes, sendo para isto, necessários alguns requisitos fundamentais como as sementes estarem viáveis e as condições ambientais serem favoráveis (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Dentre os principais fatores ambientais que afetam a germinação das sementes, merecem destaque a temperatura e a luz (FERREIRA e BORGHETTI, 2004).

A influência da temperatura sobre a germinação está frequentemente associada às temperaturas a que a semente está exposta durante o processo metabólico (VILLALOBOS e PELÁEZ, 2001).

A temperatura pode regular a taxa de germinação, a dormência primária ou secundária e induzir a dormência secundária. A temperatura influencia no processo de germinação, principalmente por alterar a velocidade de absorção de água e das reações químicas, as quais acionam o desdobramento das reservas e seu transporte para a síntese de substâncias na plântula (BEWLEY e BLACK, 1994).

A temperatura ótima propicia a máxima porcentagem de germinação em menor espaço de tempo, enquanto sob temperaturas adversas as sementes pouco germinam (BEWLEY e BLACK, 1994).

A temperatura ótima para a germinação é característica de cada espécie, sendo esta definida geneticamente e, também, em função das

condições fisiológicas das sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Para a maioria das espécies a temperatura ótima situa-se entre 15 e 30°C e a máxima entre 30 e 40°C, podendo a mínima aproximar-se do ponto de congelamento (COPELAND e McDONALD, 1995).

A sensibilidade das sementes ao efeito da luz varia de acordo com a qualidade, a intensidade luminosa e o tempo de irradiação, bem como com o período e a temperatura durante o processo de embebição (LABOURIAU, 1983), sendo uma resposta ecofisiológica da espécie (JESUS e PIÑA-RODRIGUES, 1991).

A influência da luz para a germinação das sementes envolve mecanismos complexos, que dependem do pigmento denominado fitocromo; uma cromoproteína solúvel, presente no citoplasma de células do eixo embrionário. A forma ativa ( $F_{VD}$ ) é convertida pela exposição da forma inativa ( $F_v$ ) a radiações na faixa de 660 nm; enquanto a exposição da forma ativa a 730 nm ou a permanência no escuro fazem com que o fitocromo assumam a forma inativa. O fitocromo na forma ativa atinge concentrações suficientes para disparar o processo de germinação, mediante a síntese de hormônios e o reinício da transcrição da mensagem genética (MARCOS FILHO, 2005).

Em muitas espécies a presença de luz, de alguma forma, favorece a germinação das sementes, designando-se este efeito como fotoblástico positivo; em outras espécies o comportamento germinativo das sementes é melhor na ausência de luz, sendo consideradas fotoblásticas negativas (LABOURIAU, 1983). Klein e Felipe (1991) denominaram as sementes como positiva “preferencial”, quando apresentam alguma germinação na ausência de luz, e de “absoluta”, quando a germinação é nula na ausência de luz.

O estudo da ecofisiologia da germinação permite a compreensão mais precisa dos mecanismos que regulam a longevidade das sementes no solo, o estabelecimento das plantas em condições naturais e os aspectos ideais para o sucesso do processo germinativo (VÁSQUEZ-YANES e OROZCO-SEGOVIA, 1984).

O objetivo do presente trabalho foi verificar a influência de diferentes temperaturas e do fotoperíodo na germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L..

## Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas, na Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta – MT.

Sementes de *Petiveria alliacea* L. foram colhidas na região urbana de Alta Floresta – MT durante o ano de 2012, sendo utilizadas para a realização dos testes logo após a coleta. As sementes foram selecionadas manualmente para a eliminação das imaturas fisiologicamente e atacadas por insetos e, em seguida, as amostras passaram por assepsia superficial em solução de hipoclorito de sódio 2% por 5 minutos, e lavagem em água destilada. Em seguida, as sementes foram tratadas com o fungicida Ridomil® (Metalaxil) a 0,5% da massa de cada amostra.

Para a condução dos testes de germinação, as sementes foram colocadas em caixas plásticas de 11×11×4 cm, sobre uma folha de papel mata borrão previamente umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel, a cada sete dias as caixas foram reumidecidas com 5 mL de água destilada.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2 (temperaturas x condição de luz) totalizando 12 tratamentos com quatro repetições de 25 sementes.

Para avaliações do efeito da luz e da temperatura as sementes de *P. alliacea* foram submetidas à presença e a ausência de luz nas temperaturas constantes de 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C. Na presença de luz, as sementes foram colocadas em caixas plásticas transparentes no interior de câmara de germinação BOD, com fotoperíodo de 12 h com utilização de quatro lâmpadas fluorescentes do tipo luz do dia 20 W, com densidade de fluxo radiante na altura das caixas de 15 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (MENEZES et al., 2000). Para a condição de escuro foram utilizadas caixas plásticas pretas de mesmo tamanho e sob mesmo fotoperíodo, para a avaliação da contagem das sementes germinadas utilizou-se luz verde de segurança.

Foram realizadas as seguintes determinações para caracterizar o potencial físico e fisiológico das sementes:

**Grau de umidade** – Realizado previamente aos tratamentos, utilizando o método da estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas, segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com duas repetições de 20 sementes. Os resultados do grau de umidade (base úmida) foram expressos em porcentagem.

**Porcentagem de germinação** – Foi realizado com quatro subamostras de 25 sementes em germinador tipo BOD nas temperaturas e condições de luz avaliadas. As contagens foram efetuadas diariamente até 30 dias após a semeadura. Utilizou-se como critério a emissão de raiz primária com comprimento igual a 2 mm (REHMAN et al., 1996). Os cálculos foram realizados de acordo com Labouriau e Valadares (1976), segundo a fórmula abaixo:

$$G(\%) = \left(\frac{N}{A}\right) \times 100 \quad \text{onde: } N = \text{Número de sementes germinadas}$$

A = número total de sementes.

**Índice de velocidade de germinação (IVG)** – Foi determinado em conjunto com o teste de germinação. O IVG para cada subamostra foi obtido segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), apresentada a seguir:

$$IVG = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n} \quad \text{onde: IVG = Índice Velocidade de Germinação;}$$

$N_{1:n}$  = número de plântulas germinadas no dia 1, ..., n;

$D_{1:n}$  = dias para ocorrência da germinação

**Tempo médio de germinação (TMG)** – Obtido pela equação proposta por Labouriau e Valadares (1976), com os resultados expressos em dias:

$$TMG = \frac{\sum ni \cdot ti}{\sum ni} \quad \text{onde: } ni = \text{número de sementes germinadas por dia;}$$

$ti$  = tempo da avaliação depois do início do teste;

**Frequência relativa de germinação** – Cálculos realizados através da contagem diária da germinação, conforme fórmulas citadas por Labouriau e Valadares (1976):



$$Fr = \frac{ni}{\sum ni} \quad \text{onde: } Fr = \text{freqüência relativa de germinação};$$

$ni$  = número de sementes germinadas por dia;

$\sum ni$  = número total de sementes germinadas

**Índice de sincronização** – Cálculos realizados através da frequência relativa de germinação, conforme formulas citadas por Labouriau e Pacheco (1978):

$$\bar{E} = - \sum Fr \log_2 Fr$$

onde:  $\bar{E}$  = índice de sincronização;

$Fr$  = frequência relativa de germinação;

$\log_2$  = logaritmo na base 2.

Os tratamentos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade e por regressão polinomial, utilizando o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

## Resultados e Discussão

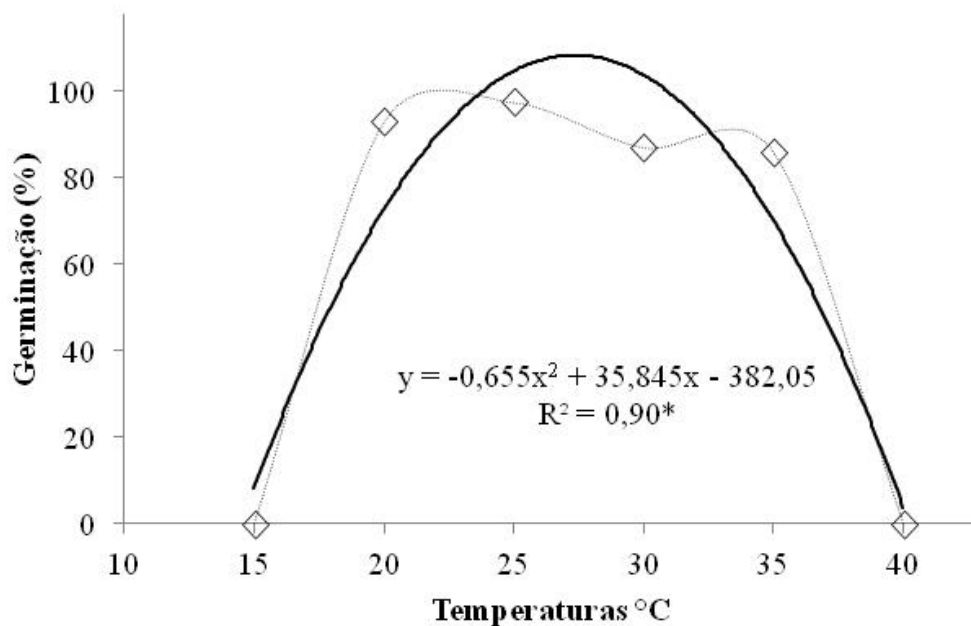
O grau de umidade médio das sementes de *Petiveria alliacea* foi de 21,4%. O limite do grau de umidade máximo antes que ocorra a germinação em sementes com reservas endospermáticas é de 30 a 35% de água, sendo que a partir dessa faixa o processo germinativo é desencadeado (MARCOS FILHO, 2005). Carvalho e Nakagawa (2000) relatam que com grau de umidade superior 13-14% há elevada respiração o que pode causar perda do vigor e eventual redução na germinação. Contudo, considerando os resultados de 97,5% de germinação na temperatura de 25°C (Figura 1) o teor de água inicial não afetou o potencial germinativo das sementes.

Para a porcentagem de germinação não houve efeito da condição de luz, mas ocorreu diferença significativa entre as temperaturas com germinação de *P. alliacea* L. na faixa entre 20 a 35°C. Nas temperaturas de 15 e 40°C não houve germinação (Figura 1).

Barros et al. (2005) estudando o comportamento de *Gallesia integrifolia* Spreng. (Phytolaccaceae) sobre diferentes condições de temperatura e luz também não verificaram diferença significativa para a porcentagem de germinação na ausência ou presença de luz. Segundo Bewley e Black (1994) a germinação em diferentes condições de luz pode ser devida a quantidade suficiente de fitocromo na forma ativa, existente nas sementes para induzir o processo germinativo.

No modelo polinomial de regressão, ajustado para a porcentagem de germinação, observa-se uma tendência a parábola crescente com o aumento das temperaturas obtendo o ponto máximo de germinação (100%) na temperatura de 27,4°C, sendo que a partir deste ponto, com o aumento da temperatura a germinação decresce.

Os resultados da germinação em uma ampla faixa de temperatura observado para *P. alliacea* L. corroboram com os de Souza (2013) que analisando o efeito da temperatura na germinação de *G. integrifolia* (Phytolaccaceae) observou que a germinação ocorreu na faixa de temperatura entre 12,5 e 40°C, afirmando que espécies tropicais são euritérmicas, ou seja, apresentam tolerância a uma ampla faixa de temperatura.



**Figura 1.** Porcentagem de germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L. expostas a diferentes condições de temperatura.

A faixa de temperatura ótima, onde se obtém maiores porcentagens de germinação de *P. alliacea* está entre 25-30°C, sendo a temperatura de 27,4°C a que proporcionou as maiores médias (100%). Resultados diferentes foram obtidos por Barros et al. (2005) para *G. integrifolia* (Phytolaccaceae) onde as sementes nas temperaturas entre 20-25°C apresentaram maiores porcentagens de germinação.

Para as espécies *Tibouchina urvilleana* Cogn. (KRAEMER et al., 2000), *Acacia polyphylla* DC. (ARAÚJO NETO et al., 2003), *Mimosa caesalpiniefloia* Benth. (ALVES et al., 2002) e *Alternanthera tenella* Colla (CANOSSA et al., 2008), a porcentagem de germinação foi superior na temperatura de 25°C, valor este próximo ao observado na temperatura ótima de *P. alliacea* (27,4°C).

Na presença de luz o índice de velocidade de germinação (IVG) foi maior apenas na temperatura de 25°C sendo favorecido na presença de luz, indicando que nesta temperatura as sementes de *P. alliacea* se comportariam como fotoblasticas positivas preferenciais. Nas temperaturas de 15 e 40°C o valor é nulo, pois não ocorreu germinação (Tabela 1).

**Tabela 1.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Petiveria alliacea* L. sob diferentes temperaturas e condição de luz.

Temperaturas (°C)	IVG <sup>1</sup>	
	Luz	Escuro
15	0,00 C a	0,00 D a
20	1,48 B a	1,61 B a
25	2,75 A a	2,38 A b
30	1,59 B a	1,72 B a
35	1,34 B a	1,26 C a
40	0,00 C a	0,00 D a
CV (%)	13,21	

\*Valor de F significativo no nível de 5% de probabilidade; <sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Barros et al. (2005) observaram resultados similares, não verificando diferença estatística para o IVG em sementes de *G. integrifolia* (Phytolaccaceae) sob a condição de luz, exceto na temperatura de 25°C, porém estes autores recomendaram realizar a germinação na presença de luz devido a ativação do fitocromo pela luz que induz o processo germinativo. Estes autores afirmam que abaixo da faixa adequada de temperatura para a porcentagem de germinação (25 a 30°C) o IVG é reduzido.

Rego et al. (2001) estudando o efeito da temperatura em sementes de *Segueira langsdorffi* Moq. (Phytolacaceae) observaram que 25°C foi a temperatura que mais favoreceu a porcentagem e velocidade da germinação.

Conforme Barros et al. (2005) o efeito da condição de luz sobre a porcentagem de germinação e IVG, permite classificar as sementes de *P. alliacea* L. como indiferentes à luz, exceto à 25°C, semelhante ao observado em *G. integrifolia*.

Para o tempo médio de germinação (Tabela 2) verificou-se o menor tempo (19,92 dias) na isoterma de 25°C, diferindo estatisticamente das isotermas de 20, 30 e 35°C. As isotermas de 20 e 30°C não apresentaram diferença entre si. A condição de luz não interferiu significativamente para o TMG.

De acordo Ferreira et al. (2001), o tempo médio de germinação é importante para se estimar a velocidade de ocupação de uma espécie em determinado ambiente. Com isto, verifica-se que na temperatura de 25°C o estabelecimento de *P. alliacea* L. é mais rápido, e em temperaturas acima ou abaixo desta, a espécie demora mais para se estabelecer.

Souza (2013) também observou que nas condições adequadas de temperatura e luz para a germinação de *G. integrifolia* (Phytolacaceae) o estabelecimento da espécie é mais rápido.

Ocorreu melhor sincronização da germinação na ausência de luz (Tabela 2). A concentração endógena do fitocromo na forma ativa em condição de ausência de luz é capaz de promover as respostas fisiológicas (MARCOS FILHO, 2005), não havendo a interferência de fatores externos, o que pode ter promovido uma maior sincronização da germinação de *P. alliacea* em relação à presença de luz. Resultado similar ao obtido por Bufalo et al. (2012) que observaram efeito de diferentes temperaturas e condição de luz em sementes de *Lactuca sativa* L., sendo a porcentagem de germinação mais sincronizada na ausência de luz.

**Tabela 2.** Tempo médio de germinação (TMG) e Índice de sincronização ( $\bar{E}$  - bits) de sementes de *Petiveria alliacea* L. sob diferentes temperaturas e condição de luz.

FATOR	CONDIÇÃO	VARIÁVEL ANALISADA	
		TMG (dias) <sup>1</sup>	$\bar{E}$ <sup>1</sup> (bits)
Luz	Presença	21,84 A	3,17 B
	Ausência	21,73 A	2,93 A
Temperatura (°C)	15	—	—
	20	22,37 B	3,20 A
	25	19,92 A	2,91 A
	30	21,81 B	3,11 A
	35	23,03 C	2,98 A
	40	—	—
Média Geral		21,78	3,05
CV (%)		2,02	10,63

\*Valor de F significativo no nível de 5% de probabilidade; <sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

O aumento da entropia na presença de luz pode estar correlacionado à intensidade com que o processo de conversão do fitocromo ocorre, qualidade e tempo de exposição à luz (LABOURIAU, 1983) que pode promover respostas fisiológicas imediatas ou tardias nas sementes, como síntese de hormônios, reinício da transcrição da mensagem genética e germinação (MARCOS FILHO, 2005).

Quanto às temperaturas analisadas não se verificou diferenças estatísticas para o índice de sincronização, apesar da isoterma de 25°C

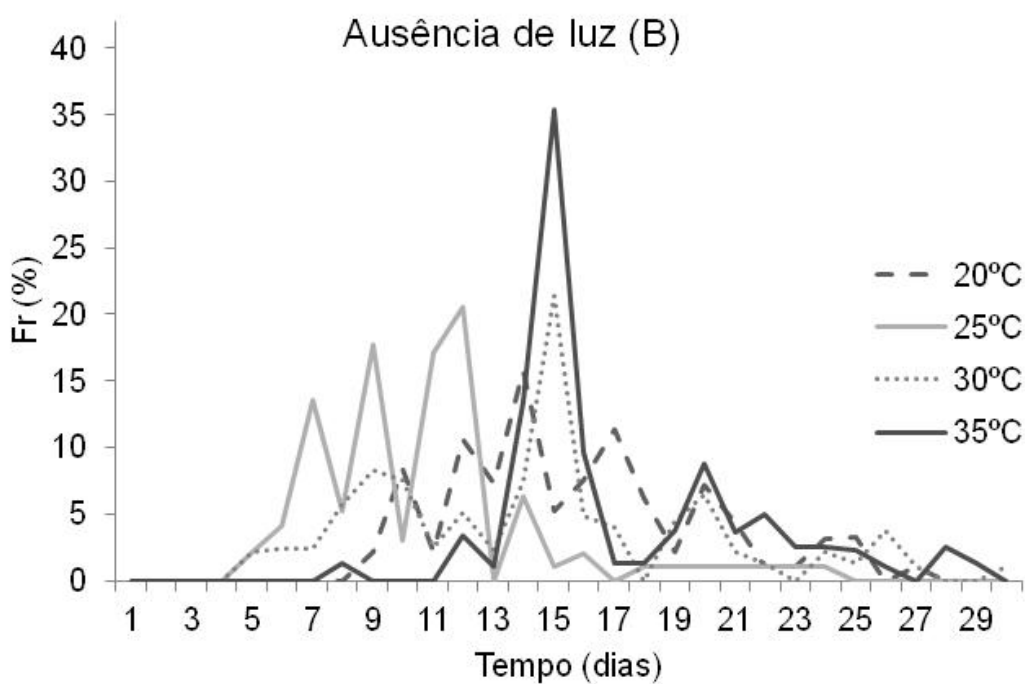
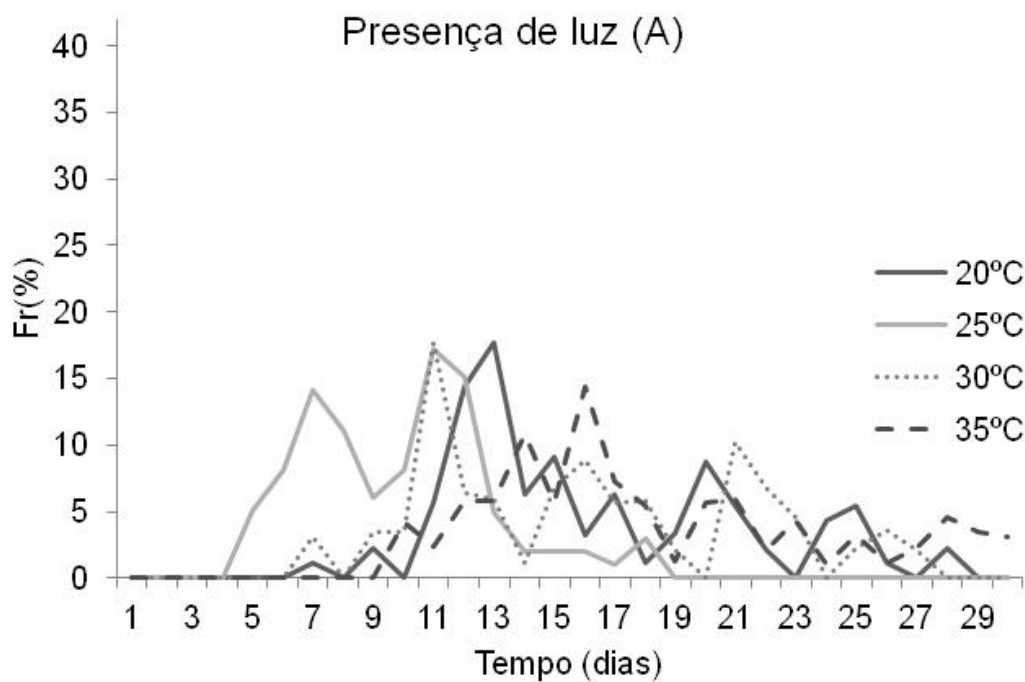
apresentar uma maior sincronização (menor  $\bar{E}$ ) do processo germinativo (Tabela 2). Demuner et al. (2008) observaram resultados semelhantes para o índice de sincronização (entropia informacional) obtendo-se menor valor para a temperatura de 25°C.

Os baixos valores desse índice obtidos em determinada temperatura indicam que ela representa um sinal ambiental (comunicação de energia térmica entre o ambiente externo e a semente) que leva a maior nível de organização do processo, refletindo em maiores valores de porcentagem e velocidade de germinação (LABOURIAU e OSBORN, 1984).

Na Figura 2 observa-se o padrão de distribuição da frequência relativa da germinação nas temperaturas e condição de luz analisadas em que ocorreu germinação. Os polígonos da frequência relativa apresentaram tendência unimodal na temperatura de 25°C, apresentando acúmulo da germinação próximo ao eixo x do gráfico, resultando em menor TMG.

Souza (2013) relatou para *G. integrifolia* (Phytolacaceae) efeito semelhante, onde os polígonos de frequência relativas da germinação apresentaram tendência unimodal na faixa de temperatura ótima (25-30°C), evidenciado pelo deslocamento do pico de germinação para esquerda do gráfico, o que resultou em redução do tempo médio de germinação.

Nas temperaturas de 20, 30 e 35°C sob a presença ou ausência de luz verificou-se caráter polimodal da frequência relativa de germinação de *P. alliacea* (Figura 2).



**Figura 2.** Frequências relativas (Fr) da germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L., em função do tempo de incubação isotérmica, em diferentes temperaturas e na presença de luz (A) ou ausência de luz (B). Nt = número total de sementes germinadas; t = tempo médio de germinação).

A assimetria da distribuição da germinação pode ocorrer pela heterogeneidade devido a uma maioria de sementes que demoram para germinar ou a uma minoria de sementes que germinam rapidamente (ou devido a ambos os casos), dependendo da temperatura (NASSIF e PEREZ, 2000). Observando a Figura 2, verifica-se que o tempo médio de germinação variou entre 19,76 e 23,04 dias, um longo período de germinação, confirmando o aumento da polimodalidade na distribuição.

A maior polimodalidade atribuída à espécie confere maior adaptabilidade à mesma, significando capacidade de distribuir a germinação ao longo do tempo, o que aumenta a chance de propagação da espécie, fato este característico de plantas pioneiras e, de acordo com Luz et al. (2010), de espécies não melhoradas.

Confirmando a tendência unimodal da frequência relativa da germinação na temperatura de 25°C, acima e abaixo desta isoterma os valores de entropia sobem (Tabela 2). Germinação mais homogênea e sincronizada na faixa de temperatura ótima também foi constatada por Souza (2013) para *G. integrifolia* (Phytolaccaceae).

O processo de germinação envolve uma série de atividades metabólicas, durante as quais ocorre uma sequência programada de reações químicas; cada uma dessas reações apresenta exigências próprias quanto à temperatura, principalmente porque dependem da atividade de sistemas enzimáticos específicos (MARCOS FILHO, 2005).

Pode-se considerar que *Petiveria alliacea* L. apresenta seu melhor potencial germinativo a 25°C, com porcentagem de germinação de 97,5%, maior índice de velocidade de germinação e menor tempo médio de germinação (19,92 dias) e maior sincronização, comportando-se como espécie fotoblástica neutra.



## **Conclusões**

Nas condições do presente estudo pode-se concluir:

A germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L. ocorre entre 20 e 35°C, sendo a espécie considerada fotoblástica neutra;

A temperatura de 25°C é recomendada para teste de germinação em laboratório, na presença de luz (fotoperíodo de 12 horas);

A ausência de luz reduz a entropia da germinação;

À temperatura de 25°C, o tempo médio de germinação é de 19,92 dias e o padrão de distribuição da frequência relativa da germinação é polimodal, sem sincronia no processo germinativo.

## Referências Bibliográficas

ALVES, E.U.; PAULA, R.C.; OLIVEIRA, A.P.; BRUNO, R.L.A.; DINIZ, A.A. Germinação de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.1, p.169-178, 2002.

ARAÚJO NETO, J.C.; AGUIAR, I.B.; FERREIRA, V.M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* D.C. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.26, n.2, p.249-256, 2003.

BARROS, S.S.U.; SILVA, A.; AGUIAR, I.B. Germinação de sementes de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms (pau-d'álho) sob diferentes condições de temperatura, luz e umidade do substrato. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.28, n.4, p.727-733, 2005.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. 2.ed., New York, Plenum Press. 1994. 367p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.

BÚFALO, J.; AMARO, A.C.E.; ARAÚJO, H.S.; CORSATO, J.M.; ONO, E.O.; FERREIRA, G.; RODRIGUES, J.D. Períodos de estratificação na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes condições de luz e temperatura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.3, p.931-940, 2012.

CANO, J.H., VOLPATO, G.J. Herbal mixtures in the traditional medicine of Eastern Cuba. **Etnopharmacol**, Reino Unido, v.90, p.293, 2004.

CANOSSA, R.S.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BRACCINI, A.L.; BIFFE, D.F.; ALONSO, D.G.; BLAINSKI, E. Temperatura e luz na germinação das sementes de apaga-fogo (*Alternanthera tenella*). **Planta daninha**, Viçosa, v.26, n.4, p.745-750, 2008.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 2.ed. New York: Macmillan, 1995. 321p.

DEMUNER, V.G.; ADAMI, C.; MAURI, J.; DALCOLMO, S.; HEBLING, S.A. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Erythrina verna* (Leguminosae, Papilionoideae). **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, Santa Teresa, v.24, n.1, p.101-110, 2008.

FERREIRA, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

FERREIRA, A.G.; CASSOL, B.; ROSA, S.G.T.; SILVEIRA, T.S.; STIVAL, A.L.; SILVA, A.A. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.15, n.2, p.231-242, 2001.

GUPTA, M.P. **270 Plantas Medicinales Iberoamericanas**. Santa Fé de Bogotá – Colômbia: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo CYTED-SECAB. 1995. 607p.

JESUS, R.M.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Programa de produção e tecnologia de sementes florestais da Florestas Rio Doce S.A.: uma discussão dos resultados obtidos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, p.59-86, 1991.

KLEIN, A.; FELIPPE, G.M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.7, p.955-966, 1991.

KRAEMER, K.H.; KAMPF, A.N.; ÁQUILA, M.E. Luz e temperatura na germinação de sementes de *Tibouchina urvilleana*. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.6, n.1/2, p.39-45, 2000.

LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.48, n.2, p.263-284, 1976.

LABOURIAU, L.G.; PACHECO, A. On the frequency of isothermal germination in seeds of *Dolichos biflorus* L. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v.19, n.3, p.507-512, 1978.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da OEA, 1983. 173p.

LABOURIAU, L.G.; OSBORN, J.H. Temperature dependence on the germination of tomato seeds. **Journal of Thermal Biology**, Philadelphia, v.9, n.44, p.285-294, 1984.

LUZ, J.M.; CARVALHO, A.F.; SANTANA, D.G.; SILVA, M.A.D. Germinação de sementes e emergência de plântulas de carapiá: espécie primitiva e medicinal. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.28, p.107-110, 2010.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MENEZES, N.L. de; SANTOS, O.S. dos; NUNES, E.P.; SCHMIDT, D. Qualidade fisiológica de sementes de alface submetidas a diferentes temperaturas na presença e ausência de luz. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p.941-945, 2000.

NASSIF, S.M.L.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos da temperatura na germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.1-6, 2000.

REHMAN, S., HARRIS, P.J.C.; BOURNE, W.F.; WILKIN, J. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of *Acacia* seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.25, p.45-57, 1996.

RÊGO, G.M.; LIMA, R.M.B.; POSSAMAI, E. Efeito do substrato e da temperatura sobre a germinação e vigor das sementes de pau-de-alho (*Seguieria langsdorffii* Moq.) - Phytolaccaceae, em laboratório. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.11, n.2, p.256, 2001.

SOUZA, F.B.C. **Morfologia de frutos, sementes e plântulas, e qualidade física e fisiológica de sementes de *Galesia integrifolia* (Spreng.) Harms**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013. 117p.

VÁSQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Fisiologia ecológica de las semillas de arboles de selva tropical. **Ciência**, Santo Domingo, v.35, p.191-201, 1984.

VILLALOBOS, A.E.; PELÁEZ, D.V. Influences of temperature and water stress on germination and establishment of *Prosopis caldenia* Burk. **Journal of Arid Environments**, London, v.49, p.321-328, 2001.

### **3. CAPÍTULO 3**

#### **3.3 ESTRESSE OSMÓTICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Petiveria alliacea* L. <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Artigo submetido no periódico "Revista Brasileira de Plantas Mediciniais".

**Resumo – Estresse osmótico na germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L.** O trabalho teve como objetivo verificar os efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Petiveria alliacea*, bem como definir os limites máximos de tolerância da espécie a esses estresses. As sementes foram submetidas aos agentes osmóticos NaCl, CaCl<sub>2</sub> e PEG nos potenciais à 0; -0,1; -0,2; -0,3; -0,4; -0,5; -0,6; -0,7; -0,8; -0,9 e -1,0 MPa sob temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas, com avaliações diárias durante 30 dias. As variáveis analisadas foram porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, índice de sincronização e frequência relativa da germinação. As sementes de *P. alliacea* sob estresse osmótico apresentam menor porcentagem e velocidade de germinação com a redução dos potenciais osmóticos, principalmente com CaCl<sub>2</sub>. Em potenciais osmóticos mais negativos que -0,4; -0,5 e -0,7 MPa, respectivamente nos agentes CaCl<sub>2</sub>, NaCl, e PEG não ocorre germinação. O padrão de distribuição da frequência relativa aumentou a polimodalidade, o tempo médio de germinação e o índice de sincronização da germinação com a redução dos potenciais osmóticos.

Palavras-chave: estresse hídrico, estresse salino, planta medicinal, guiné.

**Abstract - Osmotic stress on seed germination of *Petiveria alliacea* L.** The study aimed to investigate the effects of water and salt stress on seed germination of *Petiveria alliacea*, and define the limits of tolerance of the species to these stresses. Seeds were subjected to osmotic agents NaCl, CaCl<sub>2</sub> and PEG in the potential 0; -0.1; -0.2; -0.3; -0.4; -0.5; -0.6; -0.7; -0.8; -0.9 and -1.0 MPa at a constant temperature of 25°C and a photoperiod of 12 hours, with daily assessments for 30 days. The variables studied were germination percentage, germination velocity index, middle fear germination, synchronization index and relative frequency of germination. The seeds of *P. alliacea* under osmotic stress have lower percentage and speed of germination by reducing the osmotic potential, especially with CaCl<sub>2</sub>. In more negative osmotic potential than -0.4; -0.5 and -0.7 MPa, respectively in CaCl<sub>2</sub>, NaCl, and PEG agents germination does not occur. The distribution pattern of the relative frequency increased polimodalidade, the average time of germination and germination index of synchronization with the reduction of osmotic potential.

Key-words: water stress, salt stress, medicinal specie, guiné.

## Introdução

*Petiveria alliacea* L., pertencente à família Phytolaccaceae, é um arbusto herbáceo de aproximadamente 1m de altura, perene, sublenhoso, delgado e ereto, nativo da floresta Amazônica e das áreas tropicais da América do Sul e Central, Caribe e África (CAMARGO, 2007).

Na medicina popular a guiné, como a espécie é popularmente conhecida, é utilizada para o tratamento de uma ampla variedade de distúrbios na saúde humana (KIM et al., 2006); além de ser utilizada para fins ornamentais (CANO e VOLPATO, 2004), apresentando também efeito inseticida e nematicida (GUPTA, 1995).

Devido à importância de utilização e exploração de *P. Alliacea*, o conhecimento dos fatores que controlam a germinação das sementes pode gerar alternativas para futuras estratégias de manejo da espécie.

O conhecimento sobre como o estresse influencia na germinação de sementes tem importância especial na ecofisiologia para avaliar os limites de tolerância e capacidade de adaptação das espécies (LARCHER, 2000). Além disso, de acordo com Rosa et al. (2005) a capacidade das sementes de algumas espécies em germinar sob condições de estresse confere vantagens ecológicas em relação a outras espécies que são sensíveis ao estresse.

A germinação das sementes é caracterizada pela reativação do metabolismo paralisado após a maturidade fisiológica e pode ser afetado por fatores internos, externos ou ambientais (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Dentre os fatores que afetam a germinação, a água é, sem dúvida, o mais importante. Quando removida, abaixo do limite suportado pela célula, pode promover o aumento da concentração dos solutos, alteração do pH da solução intracelular, aceleração de reações degenerativas, desnaturação de proteínas e perda da integridade das membranas (SUN e LEOPOLD, 1997).

A disponibilidade da água afeta diretamente a germinação de sementes (MARCOS FILHO, 2005), sendo que a água é disponível exclusivamente por diferença de potencial hídrico entre o interior da semente e meio exterior em que ela se encontra (CARDOSO, 2004).

Pereira et al. (2012) relataram que o déficit hídrico é um dos principais fatores limitantes do processo germinativo, sendo que para cada

espécie existe um valor de potencial hídrico externo abaixo do qual a germinação não ocorre. Soluções salinas promovem o déficit hídrico retendo água, reduzindo o potencial hídrico, tornando a água menos acessível às plantas (NASR et al., 2011), além de deixar o meio externo com alta concentração de sais, os quais presentes nas células podem inativar as enzimas e inibir a síntese proteica (TAIZ e ZEIGER, 2004).

De acordo com Larcher (2000) a resistência à salinidade é descrita como a habilidade de evitar, por meio de uma regulação salina, que excessivas quantidades de sal provenientes do substrato alcancem o protoplasma e também, de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento da concentração de sais.

O efeito da redução dos potenciais osmóticos sobre as sementes e plântulas depende da qualidade inicial das sementes, do tipo de sal e sua concentração (MORAES e MENEZES, 2003).

O estresse hídrico pode limitar a germinação e o desenvolvimento de diversas espécies, a adaptação às condições de estresse resulta em eventos integrados que ocorrem em vários níveis, envolvendo modificações morfológicas, anatômicas, celulares, bioquímicas e moleculares (NOGUEIRA et al., 2005). Essas modificações variam com a espécie e o estágio de desenvolvimento da mesma, assim como com o tipo de estresse, a duração e a intensidade do mesmo (LARCHER, 2000).

Para simular condições de déficit hídrico tem sido utilizado o polietileno glicol (PEG) como agente osmótico, o qual simula o estresse hídrico nas sementes sem provocar toxidez, por não penetrar nas células e não ser degradado, devido ao seu alto peso molecular (VILLELA et al. 1991). Soluções salinas de  $\text{CaCl}_2$  e  $\text{NaCl}$  também podem ser utilizadas para simular o estresse hídrico, mas podem provocar toxidez nas sementes em altas concentrações.

Este trabalho teve como objetivo verificar os efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L., bem como definir os limites máximos de tolerância a esses estresses.



## Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas, na Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta – MT, sendo utilizadas sementes de *Petiveria alliacea* L. obtidas durante o ano de 2012 em plantas existentes na região urbana de Alta Floresta – MT, município situado a 09°53'18.07" S, 56°05'05.88" W e 289,89 m de altitude, sendo os testes realizados logo após a coleta.

As sementes coletadas foram selecionadas e, realizada assepsia superficial mediante a imersão em solução de hipoclorito de sódio 2% por 5 minutos, seguida de lavagem em água destilada. Após, as sementes foram tratadas com o fungicida Ridomil® (Metalaxil) a 0,5% da massa de cada amostra.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 11 (agentes osmóticos x potenciais osmóticos) totalizando 33 tratamentos com quatro repetições de 25 sementes.

Para avaliar o comportamento da espécie, as sementes foram expostas aos agentes osmóticos, polietileno glicol 6000 (PEG), NaCl e CaCl<sub>2</sub> nos potenciais 0 (controle); -0,1; -0,2; -0,3; -0,4; -0,5; -0,6; -0,7; -0,8; -0,9; -1,0MPa, sendo as soluções de PEG preparadas a partir de Vilella et al. (1991) e para o estresse salino pela equação de Vant'Hoff, citada por Braga et al. (1999).

Para a realização dos testes as sementes foram colocadas em caixas plásticas transparentes (11 x 11 x 4 cm) sobre uma folha de papel mata-borrão com 12 mL de cada uma das soluções, na temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. As soluções de PEG 6000 foram trocadas todos os dias para manutenção do potencial hídrico. As avaliações foram realizadas diariamente durante 30 dias.

Foram avaliadas as seguintes características para determinar o potencial físico e fisiológico das sementes:

**Grau de umidade** – Realizado previamente aos tratamentos, utilizando o método da estufa a 105±3°C, durante 24 horas, segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando duas repetições de 20

sementes. Os resultados do grau de umidade (base úmida) foram expressos em porcentagem.

**Porcentagem de germinação** – Utilizou-se como critério a emissão de raiz primária com comprimento igual a 2 mm (REHMAN et al., 1996). Os cálculos foram realizados de acordo com Labouriau e Valadares (1976), segundo a fórmula abaixo:

$$G(\%) = \left( \frac{N}{A} \right) \times 100 \quad \text{onde: } N = \text{Número de sementes germinadas}$$

A = número total de sementes.

**Índice de velocidade de germinação (IVG)** – Foi realizado em conjunto com o teste de germinação, o IVG para cada subamostra foi obtido segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), apresentada a seguir:

$$IVG = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n} \quad \text{onde: } N_{1:n} = \text{número de plântulas germinadas no dia } 1, \dots, n;$$

$D_{1:n} = \text{dias para ocorrência da germinação.}$

**Tempo médio de germinação (TMG)** – Obtido pela equação proposta por Labouriau e Valadares (1976), com os resultados expressos em dias:

$$TMG = \frac{\left( \sum n_i t_i \right)}{\sum n_i} \quad \text{onde: } n_i = \text{número de sementes germinadas por dia;}$$

$t_i = \text{tempo da avaliação depois do início do teste;}$

**Frequência relativa de germinação** – Cálculos realizados através da contagem diária da germinação, conforme fórmula citada por Labouriau e Valadares (1976):

$$Fr = \frac{n_i}{\sum n_i} \quad \text{onde: } Fr = \text{frequência relativa de germinação;}$$

$n_i = \text{número de sementes germinadas por dia;}$

$\sum n_i = \text{número total de sementes germinadas}$

**Índice de sincronização** – Cálculos realizados através da frequência relativa de germinação, conforme formula citada por Labouriau e Pacheco (1978):

$$\bar{E} = - \sum Fr \log_2 Fr$$

onde:  $\bar{E}$  = índice de sincronização;

$Fr$  = frequência relativa de germinação;

$\log_2$  = logaritmo na base 2.

Os tratamentos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade e por regressão polinomial, utilizando o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

## Resultados e Discussão

As sementes de *Petiveria alliacea* apresentaram 21,4% de umidade, teor de água em que, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), há elevada respiração o que pode causar perda do vigor e eventuais quedas na germinação. Contudo, considerando os resultados de 97 a 99% de germinação no tratamento controle (0 MPa) (Tabela 1) o teor de água inicial não representou um fator que interferiu na germinação das sementes.

Para a porcentagem de germinação observou-se interação entre os agentes e os potenciais osmóticos analisados (Tabela 1), não ocorrendo diferença estatística até os potenciais de -0,1; -0,2 e -0,5 MPa respectivamente para os agentes osmóticos CaCl<sub>2</sub>, NaCl e PEG, ocorrendo menor tolerância ao estresse quando as sementes foram expostas aos sais CaCl<sub>2</sub> e NaCl.

Dickman et al. (2005), também relataram que o sal CaCl<sub>2</sub> apresentou um efeito inibitório mais acentuado que o NaCl na germinação de sementes de *Helianthus annuus* L..

**Tabela 1.** Porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Petiveria alliacea* L. expostas a diferentes agentes e potenciais osmóticos.

Poten. osmótico (MPa)	Germinação <sup>1</sup> (%)						IVG <sup>1</sup>					
	NaCl		CaCl <sub>2</sub>		PEG		NaCl		CaCl <sub>2</sub>		PEG	
0	98	Aa	98	Aa	98	Aa	3,03	Aa	3,03	Aa	3,03	ABa
-0,1	99	Aa	94	Aa	97	Aa	2,45	Bb	1,97	Bc	3,13	Aa
-0,2	94	Aa	48	Bb	90	ABa	2,90	Cb	0,66	Cc	2,67	BCa
-0,3	59	Bb	33	Bc	89	ABa	2,16	Db	0,39	Cc	2,31	Ca
-0,4	20	Cb	0	Cc	81	ABCa	0,33	Eb	0	Dc	1,62	Da
-0,5	0	Db	0	Cb	79	ABCa	0	Eb	0	Db	0,98	Ea
-0,6	0	Db	0	Cb	70	Ca	0	Eb	0	Db	0,83	Ea
-0,7	0	Da	0	Ca	0	Da	0	Ea	0	Da	0	Fa
-0,8	0	Da	0	Ca	0	Da	0	Ea	0	Da	0	Fa
-0,9	0	Da	0	Ca	0	Da	0	Ea	0	Da	0	Fa
-1,0	0	Da	0	Ca	0	Da	0	Ea	0	Da	0	Fa
CV(%) =	20,29						17,36					

\*Valor de F significativo no nível de 5% de probabilidade; <sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Para o agente osmótico NaCl, potenciais mais negativos que -0,2 MPa afetaram significativamente o potencial germinativo de *P. alliacea* resultando em redução de 78% da porcentagem de germinação no potencial à -0,4 MPa menor do que o controle, sendo que a partir do potencial à -0,5 MPa não ocorreu germinação.

A ausência de germinação a partir de -0,5 MPa de NaCl também foi relatada para sementes de *Ruta graveolens* L. (YAMASHITA et al., 2009).

Os potenciais à -0,2 e -0,3 MPa de CaCl<sub>2</sub> afetaram significativamente o processo germinativo, reduzindo 50 e 65% respectivamente a germinação, a menos do que o controle, sendo a germinação inibida a partir do potencial à -0,4 MPa.

Com o agente osmótico PEG observa-se redução de 28% da porcentagem de germinação no potencial à -0,6 MPa menor do que controle. Nos potenciais mais negativos que -0,6 MPa a porcentagem de germinação *P. alliacea* L. foi inibida. Pode se observar que nos resultados que *P. alliacea* é mais tolerante ao estresse hídrico do que ao estresse salino.

Estes resultados diferem dos obtidos por Sousa et al. (2008) que observaram que as sementes de *Plantago ovata* Forsk. suportariam mais o estresse salino que o estresse hídrico, tendo verificado decréscimo significativo da porcentagem de germinação com potenciais a partir de -0,4 MPa de NaCl e CaCl<sub>2</sub> e -0,2 de PEG. Do mesmo modo, Fanti et al. (2004) observaram que para a espécie *Chorisia speciosa* St. Hil., a faixa de tolerância ao estresse salino proporcionado por NaCl e CaCl<sub>2</sub> foi respectivamente entre -1,2 e -1,4 MPa, superior ao estresse hídrico simulado por PEG 6000, estando o limite máximo entre -0,4 e -0,5MPa.

O limite de tolerância da espécie *P. alliacea* ao estresse hídrico promovido por soluções de PEG ocorreu entre -0,6 e -0,7 MPa, semelhante ao observado por Fanti et al. (2004) para sementes de *C. speciosa*.

A porcentagem de germinação em sementes de *P. alliacea* reduz drasticamente a partir de -0,4 MPa quando o agente osmótico PEG foi utilizado, porém difere estatisticamente somente no potencial à -0,6 MPa, resultados estes similares aos obtidos Rosa et al. (2005) que estudaram o estresse induzido por PEG em *Ateleia glazioviana* Baill., verificando que a partir de -0,4

MPa existiu decréscimo para a germinação, sendo mais acentuado para os potenciais à -0,6 e -0,8 MPa.

Lima e Torres (2009) observaram resultados semelhantes para a porcentagem de germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. à partir da concentração de -0,4 MPa, com maior restrição da germinação quando utilizaram o agente osmótico NaCl em comparação ao PEG.

Entre os agentes osmóticos observa-se que à -0,2 MPa a porcentagem de germinação de *P. alliacea* é superior estatisticamente nos agentes osmóticos PEG e NaCl. A partir de -0,3 MPa a maior porcentagem de germinação é observada no PEG até -0,6 MPa.

Neste trabalho os menores valores de porcentagem de germinação foram observados com a utilização do agente osmótico CaCl<sub>2</sub> concordando com resultados de Fanti e Perez (1998), que verificaram maior redução da porcentagem de germinação em sementes de *Adenantha pavonina* L. nas soluções salinas, quando comparadas com soluções osmóticas em potenciais equivalentes.

O maior efeito inibitório das soluções de CaCl<sub>2</sub> entre os agentes osmóticos pode estar associado ao fato do Ca<sup>2+</sup> ser um importante mensageiro secundário da transdução de sinais, portanto, pequenas variações na concentração de Ca<sup>2+</sup> alteram as atividades de enzimas associadas a este nutriente (PALLARDY, 2008).

Com o agente osmótico PEG verificou-se maiores porcentagens de germinação, diferindo significativamente do NaCl e CaCl<sub>2</sub> nos potenciais mais negativos. Este comportamento de acordo com Bradford (1995) e Braccini et al. (1996) é devido ao efeito da salinidade que não só dificulta a cinética de absorção da água, mas também facilita a entrada de íons em quantidade tóxica nas sementes em embebição.

Nos resultados do índice de velocidade de germinação observa-se interação entre os agentes osmóticos e os potenciais (Tabela 1).

O IVG sofreu redução significativa a partir de -0,1 MPa nos agentes osmóticos NaCl e CaCl<sub>2</sub>, enquanto no PEG a redução ocorreu à partir de -0,3 MPa. Comparando os valores médios de IVG entre os agentes osmóticos observa-se que os maiores índices ocorreram no agente PEG em todos os

potenciais avaliados (até -0,6 MPa). Entre os sais  $\text{CaCl}_2$  e  $\text{NaCl}$ , o  $\text{CaCl}_2$  reduziu mais os valores de IVG nos potenciais entre -0,1 e -0,4 MPa, enquanto nos demais potenciais não houve diferença significativa entre os sais.

Os resultados observados para sementes de *P. alliacea* são análogos aos resultados de Braga et al. (2009) que avaliando a germinação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) submetidas a estresse salino verificaram menores valores de IVG quando utilizaram soluções de  $\text{CaCl}_2$  em comparação ao  $\text{NaCl}$ . O comportamento das sementes de *P. alliacea* é similar também para a espécie *Ochroma pyramidale* Cav. Ex Lam., em que ocorreu diferença significativa a partir do potencial à -0,1 MPa nas soluções de  $\text{NaCl}$ , conforme descrito por Dalberto e Braga (2013).

Assim como ocorreu redução da velocidade de germinação de *P. alliacea*, diferindo do controle conforme os potenciais osmóticos se tornaram mais negativos, na literatura observam-se resultados semelhantes para sementes de *Ruta graveolens* L. (YAMASHITA et al., 2009), *Pimpinella anisum* L. (STEFANELLO et al., 2006) e *Zizyphus joazeiro* Mart. (LIMA e TORRES, 2009).

O IVG das sementes de *P. alliacea* diferiu significativamente em relação ao controle a partir da concentração de -0,3 MPa com o agente PEG e à partir de -0,1 MPa nos demais agentes osmóticos analisados, sendo que para a porcentagem de germinação obteve amplitude maior diferindo a partir dos potenciais -0,3, -0,2 e -0,6 MPa nos agentes  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  e PEG, respectivamente. Resultados similares foram observados por Rollwagen e Carvalho (2011) em sementes de *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert onde a interferência da salinidade sobre o IVG foi mais drástica do que sobre a porcentagem de germinação, pois com o potencial de -0,2 MPa houve pequena redução do IVG que se acentuou até o potencial de -1,0 MPa.

O efeito mais negativo do  $\text{CaCl}_2$  em relação aos outros agentes osmóticos sobre a velocidade do processo germinativo é devido provavelmente ao seu deslocamento para a superfície externa da membrana plasmática (juntamente com cátions metálicos) com o aumento da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  e o subsequente prejuízo à permeabilidade da membrana e à integridade do conteúdo celular (Tobe et al., 2003), sendo o  $\text{Ca}^{2+}$  essencial na manutenção da

integridade da membrana plasmática contribuindo para a diminuição do extravasamento de  $K^+$ , o qual é responsável pela síntese de proteínas, amido e ativação de muitas enzimas no processo germinativo (FRANCO et al., 1999).

Souza et al. (2008) avaliando o IVG de sementes de *Plantago ovata* Forsk. sob estresse osmótico induzido por NaCl, PEG e  $CaCl_2$ , verificaram menores valores em todos os potenciais para o agente osmótico PEG, em relação aos sais utilizados, diferindo dos resultados observados para *P. alliacea* L., onde no PEG ocorreram os maiores valores de IVG.

A utilização do agente osmótico PEG, quando comparado aos demais agentes osmóticos, provocou menor estresse na germinação de *P. alliacea* L., resultando em maior amplitude e velocidade da germinação para todos os potenciais avaliados. Este resultado de acordo com Fan e Neumann (2004) pode estar relacionado ao fato do PEG ser quimicamente inerte, atóxico para as sementes, simulando a seca e não penetrando no tegumento devido ao tamanho de suas moléculas.

Pela Tabela 2, constata-se a interação entre agentes e potenciais osmóticos para o tempo médio de germinação (TMG) em sementes de *P. Alliacea*.

**Tabela 2.** Tempo médio de germinação (TMG) e índice de sincronização (bits) de sementes de *Petiveria alliacea* L. expostas a diferentes agentes e potenciais osmóticos.

Potencial osmótico (MPa)	TMG <sup>1</sup> (dias)						E <sup>1</sup> (bits)					
	NaCl		CaCl <sub>2</sub>		PEG		NaCl		CaCl <sub>2</sub>		PEG	
0 (controle)	11	Aa	11	Aa	11	Aa	2,1	BCa	2,1	Aa	2,1	Aa
-0,1	12	Aa	16	Bb	19	Bc	2,0	Ba	2,7	Bb	2,6	Ab
-0,2	18	Ba	22	Cb	19	Ba	2,9	Da	2,5	ABb	2,5	Ab
-0,3	17	Ba	26	Dc	20	Bb	2,5	CDab	2,4	ABa	2,9	Ab
-0,4	18	Ba	—	—	21	Bb	1,4	Aa	—	—	2,9	Ab
-0,5	—	—	—	—	25	C	—	—	—	—	2,3	A
-0,6	—	—	—	—	25	C	—	—	—	—	2,6	A
-0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CV (%) =	13,07						18,76					

\*Valor de F significativo no nível de 5% de probabilidade; <sup>1</sup> Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.



O TMG, no agente osmótico NaCl à -0,1 MPa não diferiu estatisticamente do controle (0 MPa), sendo que a medida que os potenciais osmóticos tornaram-se mais negativos o TMG aumentou diferindo significativamente do controle e do potencial à -0,1 MPa (Tabela 2).

Os potenciais osmóticos simulados com NaCl, à medida que se tornaram mais negativos promoveram um aumento de 1 a 7 dias do TMG. Rollwagen e Carvalho (2011) verificaram efeito similar avaliando o estresse induzido por NaCl em sementes de *C. recutita* (L.) Rauschert observando um aumento de quatro para cerca de nove dias do TMG, até o potencial osmótico de -1,0 MPa.

Observou-se aumento progressivo do TMG de sementes de *P. alliacea* a partir de -0,1 MPa quando foi utilizado o agente CaCl<sub>2</sub>. O TMG diferiu estatisticamente a partir do potencial -0,1 MPa no agente osmótico PEG, com maior tempo médio no potencial à -0,6 MPa (25 dias) onde foi verificado 14 dias a mais que o controle.

No agente osmótico NaCl ocorreu TMG inferior aos demais agentes osmóticos, exceto no tratamento controle e no potencial de -0,2 MPa quando comparado ao PEG.

O atraso no início do processo germinativo com o aumento do estresse salino pode estar relacionado com a seca fisiológica induzida, pois quando existe aumento da concentração de sais no substrato de germinação, há redução do potencial osmótico e, conseqüentemente, redução do potencial hídrico, o que afeta a absorção de água pela semente alterando o processo germinativo podendo também elevar a níveis tóxicos a concentração de sais no embrião (TOBE et al., 2000).

Na Tabela 2 verifica-se a interação entre os agentes e potenciais osmóticos para o índice de sincronização ( $\bar{E}$ ). No agente osmótico PEG não se verifica diferença estatística entre os potenciais osmóticos, mas no agente CaCl<sub>2</sub> observou-se maior sincronização do processo germinativo no controle quando comparado ao potencial -0,1 MPa. Para o agente NaCl verificou-se maior sincronia da germinação no potencial -0,4 MPa. O resultado observado no potencial à -0,4 MPa é devido ao reduzido número de sementes germinadas (Nt=5).

Pode-se constatar entre os agentes osmóticos analisados diferença estatística para a sincronização da germinação, obtendo para o agente NaCl maior sincronização da germinação, não diferindo apenas no potenciais à -0,3 MPa do agente CaCl<sub>2</sub>. Essa maior sincronização expressa a menor entropia informacional ou incerteza associada à distribuição de frequências (LABOURIAU, 1983; LABOURIAU E AGUDO, 1987).

Rollwagen e Carvalho (2011) avaliando o estresse induzido por NaCl em sementes de *C. recutita* (L.) Rauschert observaram aumento da entropia a medida que aumentou a concentração osmótica, resultados estes similares aos obtidos para *P. alliacea*.

Para a frequência relativa da germinação nos potenciais e agentes osmóticos analisados não se obteve o padrão da distribuição no gráfico em potenciais acima de -0,5, -0,4 e -0,7 MPa para os agentes osmóticos NaCl, CaCl<sub>2</sub> e PEG, respectivamente, pois nos mesmos não se observou germinação (Figura 1).

Na Figura 1 verifica-se nos potenciais menos restritivos (0 e -0,1MPa) nos agentes osmóticos analisados que o padrão de distribuição dos polígonos apresenta caráter unimodal e menores valores de TMG. À medida que os potenciais osmóticos ficam mais negativos a distribuição da germinação aumenta ao longo do tempo, conferindo um caráter de distribuição polimodal. Os valores de TMG variaram entre 11 dias (0 MPa) e 26 dias (-0,3 MPa no CaCl<sub>2</sub>) indicando aumento na distribuição do tempo médio para germinação das sementes.

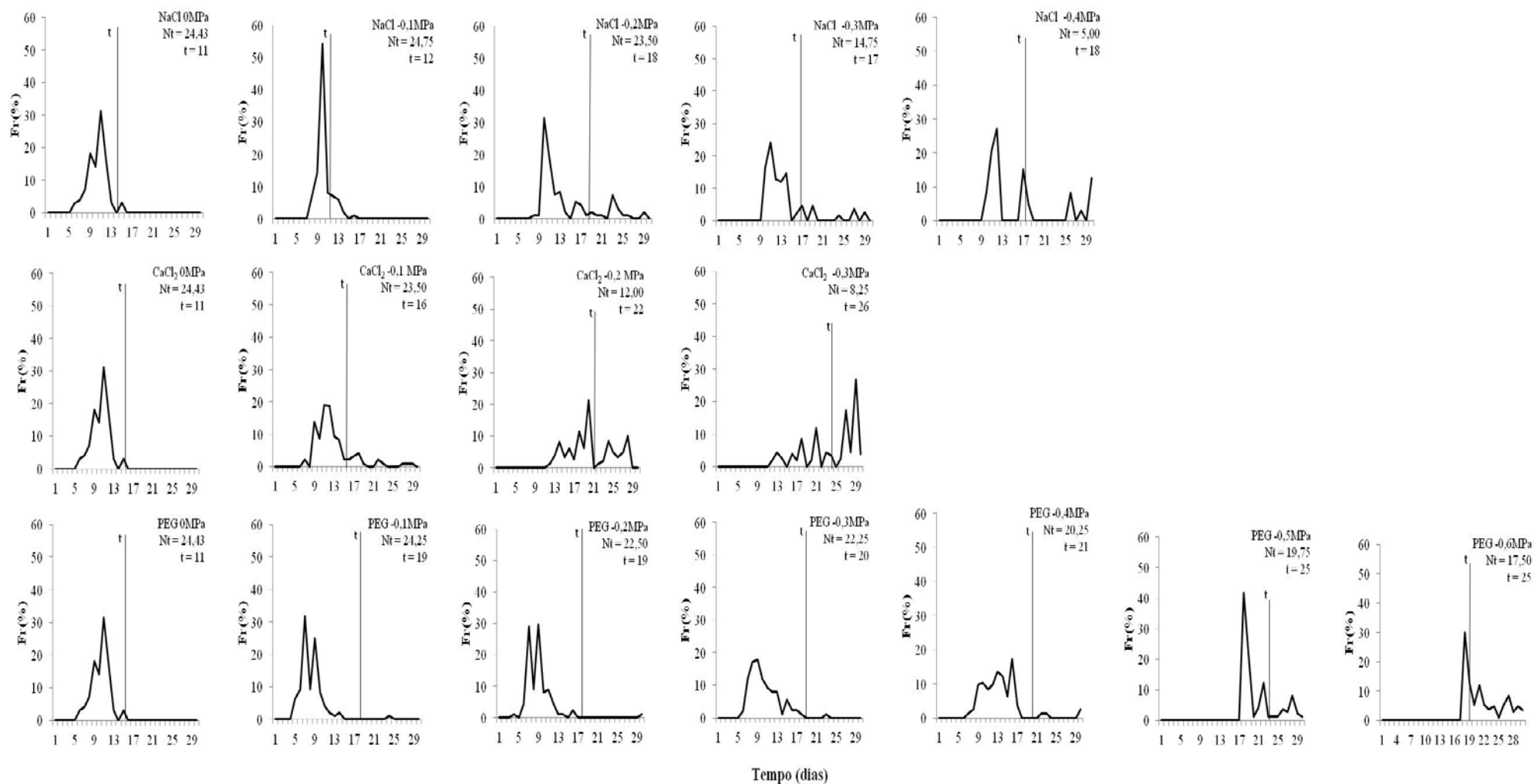
Lemes e Lopez (2010) verificaram em sementes de *Ceiba speciosa* St. Hil. submetidas a estresse salino que os picos das frequências relativas diárias da germinação se deslocaram para tempos maiores de germinação à medida que aumentou a concentração dos potenciais osmóticos, resultados estes similares ao obtidos neste trabalho para *P. alliacea*.

Bewley e Black (1994) afirmam que a maior distribuição da germinação no tempo, em resposta às condições de estresse, ocorre porque nem todas as sementes apresentam a mesma qualidade fisiológica frente ao estresse. Fato este que pode beneficiar as sementes no ambiente

possibilitando maior probabilidade de superação ao estresse devido à germinação assincronizada.

Concentrações osmóticas mais negativas mantiveram maior número de sementes de *P. alliacea* quiescentes. Segundo Vidal e Bauman (1996) esta característica da espécie pode ter significado ecológico ligado à sua sobrevivência, pois previne o desenvolvimento de plântulas em solos sem recursos suficientes para suportar o crescimento subsequente.

Os resultados obtidos em sementes de *P. alliacea*, especialmente no agente osmótico PEG, indicam que as sementes desta espécie possuem pouca exigência de água para germinação, tolerando potenciais osmóticos até -0,6 MPa. Esta tolerância pode ser considerada elevada em relação ao comportamento de outras espécies que apresentam reduções significativas da porcentagem de germinação, como a partir de -0,5 MPa em sementes de *Bowdichia virgiloides* Kunth (SILVA et al., 2001), à -0,1 MPa em sementes de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (BRAGA et al., 2008), entre -0,1 e -0,4 MPa em sementes de *Adenantha pavonina* L.(FANTI e PEREZ, 1998) e -0,4 MPa em sementes de *Erythrina falcata* Benth (PELEGRINI et al., 2013). Este elevado limite de tolerância ao estresse hídrico confere à *P. alliacea* caráter adaptativo, propiciando alta capacidade de estabelecimento em campo em condições de baixo regime hídrico.



**Figura 1.** Frequências relativas (Fr) da germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L., em função de diferentes potenciais e tipos de agentes osmóticos. Nt = número total de sementes germinadas; t = tempo médio de germinação.

Pode-se considerar que *Petiveria alliacea* L. apresenta maior potencial germinativo em potenciais osmóticos menos negativos (controle e -0,1 MPa), com maior tolerância ao estresse com PEG. O agente osmótico  $\text{CaCl}_2$  foi o mais restritivo a germinação considerando todas as variáveis analisadas.

## Conclusões

Nas condições do presente estudo pode-se concluir:

O estresse osmótico em sementes de *Petiveria alliacea* L. reduziu a porcentagem e velocidade de germinação e aumentou a polimodalidade, o tempo médio de germinação e o índice de sincronização da germinação com a redução dos potenciais osmóticos, principalmente no agente  $\text{CaCl}_2$ .

Em potenciais osmóticos mais negativos que -0,4; -0,5 e -0,7 MPa, respectivamente para os agentes  $\text{CaCl}_2$ , NaCl, e PEG, não ocorre germinação em sementes de *Petiveria alliacea* L..

## Referências Bibliográficas

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds** – physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1994. 275p.

BRACCINI, A.L.; RUIZ, H.A.; BRACCINI, M. do C.L.; REIS, M.S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.18, n.1, p.10-16, 1996.

BRADFORD, K.J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. 872p.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; BRAGA, J.F.; SÁ, E.M.E.. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.21, n.2, p.95-102, 1999.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; CESARO, A. dos S.; LIMA, G.P.P.; GONÇALVES, A.N.. Germinação de sementes de pinho-cuiabano sob deficiência hídrica com diferentes agentes osmóticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.36, n.78, p.157-163, 2008.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; ALMEIDA, T.A. Germinação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. submetidas a estresse salino e aplicação de poliamina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.11, n.1, p.63-70, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p.

CAMARGO, M.T.L.A. Contribuição Etnofarmacobotânica ao estudo de *Petiveria alliacea* L. – Phytolacaceae– ("amansa-senhor") e a atividade hipoglicemiante relacionada a transtornos mentais. **Dominguezia**, Buenos Aires, v.23, n.1, p.21-27, 2007.

CANO, J.H., VOLPATO, G.J. Herbal mixtures in the traditional medicine of Eastern Cuba. **Etnopharmacology**, Reino Unido, v.90, n.1, p.293, 2004.

CARDOSO, V.J.M. Germinação. In: KERBAUY, G.B. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 408p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

DALBERTO, D.S., BRAGA, L. F.. Estresse osmótico na germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. (Malvaceae). **Científica**, Jaboticabal, v.41, n.2, p.99–110, 2013.

DICKMAN, L.; CARVALHO, M.A.C.; BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P. Comportamento de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidas a estresse salino. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.3, n.1, p.65- 75, 2005.

FAN, L.; NEUMANN, P.M. The spatially variable inhibition by water deficit of maize root growth correlates with altered profiles of proton flux and cell wall pH. **Plant Physiology**, Waterbury, v.135, n.4, p.2291-2300, 2004.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos do estresse hídrico, salino e térmico no processo germinativo de sementes de *Adenantha pavonina* L. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.20, n.1, p.167-177, 1998.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.39, n.9, p.903-909, 2004.

FERREIRA, D, F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FRANCO, O.L.; ENÉAS-FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMESFILHO, E. Effects of CaCl<sub>2</sub> on the growth and osmoregulator accumulation in NaCl stressed cowpea seedlings. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.11, n.1, p.145-151, 1999.

GUPTA, M.P. **270 Plantas Medicinales Iberoamericanas**. Santa Fé de Bogotá – Colômbia: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo CYTED-SECAB. 1995. 607p.

KIM, S.; KUBEC, R.; MUSAH, R.A. Antibacterial and antifungal activity of sulfur-containing compounds from *Petiveria alliacea* L. **Journal of Ethnopharmacology**, Philadelphia, v.104, n.1, p.188–192, 2006.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria da OEA, 1983. 173p.

LABOURIAU, L.G.; AGUDO, M. On the physiology of germination in *Salvia hispanica* L. Temperature effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.59, n.1, p.37-56, 1987.

LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.48, n.2, p.263-284, 1976.

LABOURIAU, L.G.; PACHECO, A. On the frequency of isothermal germination in seeds of *Dolichos biflorus* L. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v.19, n.3, p.507-512, 1978.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.



LEMES, E.Q.; LOPES, J.C. Frequência Relativa da germinação de sementes de Paineira (*Ceiba speciosa* St. Hil.) sob estresse salino. XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica INIC; X Encontro Latino Americano de Pós Graduação EPG; IV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica Junior INIC Jr, **Anais...** São José dos Campos - SP, p.1-4, 2010.

LIMA, B.G.; TORRES, S.B. Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart.(Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.93-99, 2009.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MORAES, G.A.F.; MENEZES, N.L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.219-26, 2003.

NASR, S.M.H.; PARSAKHOO, A.; NAGHAVI, H.; KOOHI, S.K.S. Effect of salt stress on germination and seedling growth of *Prosopis juliflora* (Sw.). **New Forests**, Holanda, v.42, n.1, p.9265-9269, 2011.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J.A.P.V.; BURITY, H.A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.13, n.1, p.75-87, 2005.

PALLARDY, D.S.G. **Molecules Physiology of Woody Plants (Third Edition)**. San Diego: Academic Press, 2008. 377p.

PELEGRINI, L.L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A.C.; KOEHLER, H.S.; QUOIRIN, M.G.G. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.2, p.511-519, 2013.

PEREIRA, M.R.R.; MARTINS, C.C.; SOUZA, G.S.F.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.4, p.537-545, 2012.

ROLLWAGEN, D.G.; CARVALHO, R.I.N. Qualidade fisiológica de sementes de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] após envelhecimento acelerado e estresse salino. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, n.2, p.139-145, 2011.

ROSA, L.S.; FELIPPI, M.; NOGUEIRA, A.C.; GROSSI, F. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica

da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Bail (Timbó). **Revista Cerne**, Lavras, v.11, n.1, p.306-314, 2005.

REHMAN, S., HARRIS, P.J.C.; BOURNE, W.F.; WILKIN, J. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.25, n.1, p.45-57, 1996.

SILVA, L.M.M.; AGUIAR, I.B. de; RODRIGUES, T. de J.D. Seed germination of *Bowdichia virgilioides* Kunth, under water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.115-118, 2001.

SOUSA, M.P.; BRAGA, L.F.; BRAGA, J.F.; DELACHIAVE, M.E.A. Estresses hídrico e salino no processo germinativo das sementes de *Plantago ovata* Forsk. (Plantaginaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.1, p.33-38, 2008.

STEFANELLO, R.; GARCIA, D.C.; MENEZES, N.L.; WRASSE, C.F. Influência da luz, temperatura e estresse hídrico na germinação e no vigor de sementes de anis. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.12, n.1, p.45-50, 2006.

SUN, W.Q.; LEOPOLD, A.C. Cytoplasmic vitrification and survival of anhydrobiotic organisms. **Comparative Biochemistry and Physiology**, London, v.117A, n.3, p.327- 333, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K.. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, Reino Unido, v.85, n.3, p.391-6, 2000.

TOBE, K.; ZHANG, L.; OMASA, K. Alleviatory effects of calcium on the toxicity of sodium, potassium and magnesium chlorides to seed germination in three non-halophytes. **Seed Science Research**, Reino Unido, v.13, n.1, p.47-54, 2003.

VIDAL, R.A.; BAUMAN, T.T. Surface wheat (*Triticum aestivum*) residues, giant foxtail (*Setaria faberi*), and soybean (*Glycine max*) yield. **Weed Science**, Lawrence, KS, v.44, n.4, p.939-943, 1996.

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.

YAMASHITA, O.M.; FERNANDES NETO, E.; CAMPOS, O.R.; GUIMARÃES, S.C.. Fatores que afetam a germinação de sementes e emergência de plântulas de arruda (*Ruta graveolens* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.11, n.2, p.202-208, 2009.

### **3. CAPÍTULO 4**

#### **3.4 ALELOPATIA DE EXTRATO FRESCO DE PARTES VEGETAIS DE *Petiveria alliacea* L. <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Artigo submetido no periódico "Horticultura Brasileira".

**Resumo – Alelopatia de extrato fresco de partes vegetais de *Petiveria alliacea* L.** O presente trabalho teve como objetivo verificar a influência do extrato aquoso de material vegetal fresco de *P. alliacea* na germinação e desenvolvimento inicial de alface e pepino. Foram avaliadas concentrações na proporção massa/volume (0, 5, 10, 15 e 20%) e tipos de extratos (raiz, folha, caule herbáceo e caule lenhoso) sobre a porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, comprimento de parte aérea e raiz e massa seca de plântulas de alface e pepino. Pode-se constatar que os extratos aquosos de material vegetal fresco *P. alliacea* possuem fitotoxicidade sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de alface e sobre o desenvolvimento de plântulas de pepino. Os maiores efeitos fitotóxicos sobre as espécies alface e pepino foram proporcionados quando o extrato foi extraído de raiz de *P. alliacea* na concentração de 20%.

Palavras-chave: guiné, extrato fresco, germinação, alface, pepino.

**Abstract - Allelopathy of extract of fresh plant parts *Petiveria alliacea* L.** The present study aimed to evaluate the influence of aqueous extract of fresh plant material of *P. alliacea* on germination and early development of lettuce and cucumber. Concentrations in the mass ratio/volume (0, 5, 10, 15 and 20%) and types of extracts (root, leaf, herbaceous stems and woody stem) on the germination percentage, germination velocity index, mean time were evaluated germination, length of shoot and root dry weight and seedling lettuce and cucumber. It can be seen that the aqueous extracts of fresh plant material *P. alliacea* possess phytotoxicity on seed germination and seedling growth of lettuce and the development of cucumber seedlings. The larger phytotoxic effect on cucumber and lettuce species were provided when the extract has been extracted from the root of *P. alliacea* concentration of 20%.

Key-words: guine, fresh extract, germination, lettuce, cucumber.

## Introdução

*Petiveria alliacea* L. pertencente à família Phytolaccaceae ocorre na região Amazônica (GUPTA, 1995), é uma planta herbácea alta, algumas vezes lenhosa na base, com ramos finos e angulares, de 50 a 100 cm de altura, com forte odor de alho. A espécie *P. alliacea* é cultivada para fins ornamentais e medicinais (CANO e VOLPATO, 2004). O óleo essencial das folhas possui atividade inseticida contra insetos adultos e o extrato alcoólico das folhas atividade nematicida contra *Meloidogyne* spp. (GUPTA, 1995).

O interesse pelo estudo fitoquímico da espécie *P. alliacea* foi estimulado pela amplo uso medicinal e pela presença de aleloquímicos como relatado por Oliveira et al. (2007) que avaliando a composição química do óleo essencial de *P. alliacea* observaram a presença de carvacrol, sendo esta substância o componente principal identificado no óleo da folha (50,9%) e do caule (48,3%), enquanto que na raiz e inflorescência apresentam, respectivamente, álcool benzílico (46,6%) e (Z)-benzoato de hexen-3-il (30,5%).

A distribuição das substâncias alelopáticas como mencionado por Goldfarb et al. (2009) ocorrem em concentrações variadas em diferentes partes da planta e durante seu ciclo de vida.

O efeito destas substâncias químicas, quando liberadas no ambiente, pode interferir de maneira inibitória ou benéfica, direta ou indireta, de uma planta sobre outra, sendo esta interferência o que define a alelopatia (MONOEL et al., 2009). A atividade dos aleloquímicos tem sido usada como alternativa ao uso de herbicidas, inseticidas e nematicidas (defensivos agrícolas) (FERREIRA e AQUILA, 2000).

O primeiro passo para a identificação do comportamento de plantas associado com aleloquímicos é através do resultado de laboratório, das interferências intraespecífica e interespecífica (RIZZARDI, 2008). A resistência a esses metabólitos secundários é mais ou menos específica, existindo espécies mais sensíveis que outras, como por exemplo, *Lactuca sativa*, *Lycopersicum esculentum* e *Cucumis sativus*, sendo assim, muito usadas em biotestes de laboratório e consideradas plantas indicadoras de atividade alelopática (ALVES et al., 2004).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi verificar o potencial alelopático do extrato aquoso de material vegetal fresco de *P. alliacea* na germinação e desenvolvimento inicial de alface e pepino, contribuindo assim para ampliar o conhecimento sobre alelopatia de espécies medicinais de ocorrência na Amazônia.

## Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas, na Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta – MT. Plantas de *Petiveria alliacea* L. foram coletadas na região urbana de Alta Floresta-MT (localização, 09°53'18.07" S e 56°05'05.88" W) para obtenção de extratos aquosos de folhas, raízes, caule herbáceo e lenhoso.

O material vegetal fresco foi picado e processado separadamente em liquidificador imediatamente após a coleta, sendo utilizados 200g do material fresco para cada 1000 mL de água destilada ( $20\text{g L}^{-1}$ ). Os extratos foram filtrados em papel filtro e mantidos em descanso por 24 horas na geladeira (temperatura  $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), sendo este extrato considerado a solução inicial  $20\text{g L}^{-1}$  (na proporção equivalente peso/volume de 20%), a qual foi utilizada para diluições a 15, 10 e 5%, constituindo as concentrações utilizadas, além da testemunha 0% (água destilada).

Foram conduzidos dois experimentos, um para cada espécie receptora: alface (*Lactuca sativa* cv. Hanson - tipo crespa repolhuda) e pepino (*Cucumis sativus* L. cv. Comprido Verde), sendo o delineamento estatístico utilizado nos experimentos inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 5 (tipos de extratos - folha, caule herbáceo, caule lenhoso e raiz x concentrações dos extratos - 0, 25, 50, 75 e 100%), com quatro repetições de 25 sementes.

Nos experimentos as sementes foram dispostas para germinar em caixas plásticas transparentes (11 x 11 x 4 cm) sobre uma folha de papel mata-borrão umedecido com 12 mL de cada um dos extratos. As caixas foram mantidas em câmara de germinação tipo BOD com fotoperíodo de 12 horas à temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ , sendo avaliados a porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação diariamente e, o comprimento de raiz e parte aérea e massa seca de plântulas no sétimo dia, ao final do período de avaliação, conforme descrito a seguir:

**Porcentagem de germinação** – Considerou-se como critério para a germinação a emissão de raiz primária com comprimento igual a 2 mm

(REHMAN et al., 1996). Os cálculos foram realizados de acordo com Labouriau e Valadares (1976), segundo a fórmula abaixo:

$$G(\%) = \left(\frac{N}{A}\right) \times 100 \quad \text{onde: } N = \text{Número de sementes germinadas}$$

A = número total de sementes.

**Índice de velocidade de germinação (IVG)** – Foi realizado em conjunto com o teste de germinação, o IVG para cada subamostra foi obtido segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), apresentada a seguir:

$$IVG = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n} \quad \text{onde: } N_{1:n} = \text{número de plântulas germinadas no dia } 1, \dots, n;$$

$D_{1:n}$  = dias para ocorrência da germinação.

**Tempo médio de germinação (TMG)** – Dada pela equação proposta por Labouriau e Valadares (1976), com os resultados expressos em dias:

$$TMG = \frac{\sum niti}{\sum ni} \quad \text{onde: } ni = \text{número de sementes germinadas por dia;}$$

$t_i$  = tempo da avaliação depois do início do teste;

**Comprimento de parte aérea e raiz das plântulas** – Foram avaliados em conjunto com o teste de germinação, utilizando-se todas as plântulas normais de cada repetição, medidas com régua graduada em milímetros. Os comprimentos da parte aérea e raiz das plântulas, para cada amostra, foram calculados dividindo-se o total das medidas pelo número de plântulas avaliadas, obtendo-se valores médios.

**Massa seca de plântula** – Definida como a massa média, expressa em gramas, correspondente à massa de cada plântula por repetição, utilizando para secagem estufa com circulação de ar, regulada para  $65 \pm 3^\circ\text{C}$  durante 2 dias, com pesagem em balança com precisão de 0,001g.

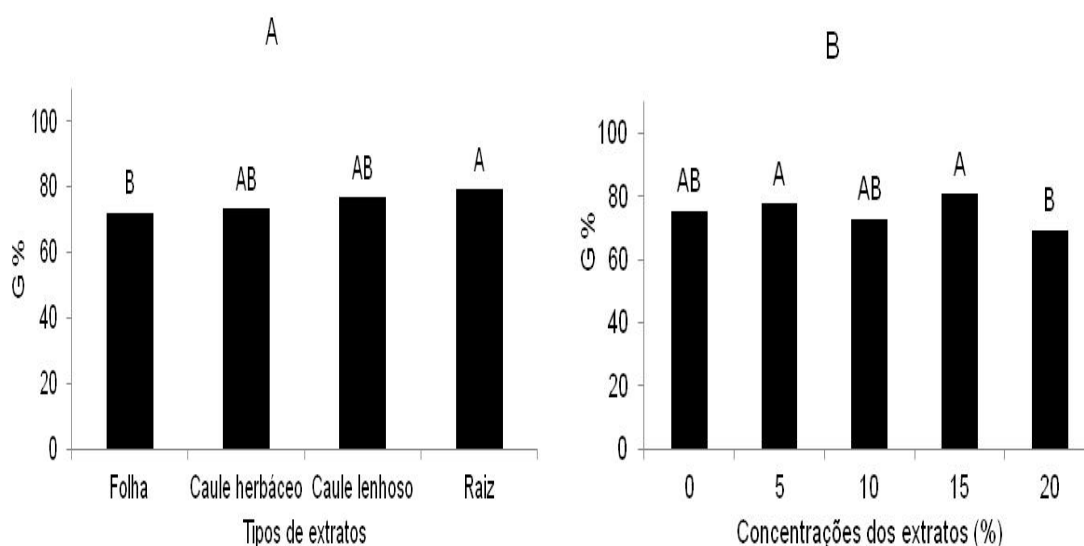
Os tratamentos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade e por regressão polinomial, utilizando o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).



## Resultados e Discussão

### Alface

Na porcentagem de germinação de sementes de alface se verifica efeito isolado dos tipos e concentrações dos extratos utilizados (Figura 1), sendo que a germinação da alface apresentou menor porcentagem quando as sementes foram expostas ao extrato obtido das folhas de *P. alliacea*, mas esta redução só foi significativa quando comparada ao extrato obtido das raízes (Figura 1A). A menor porcentagem de germinação na alface foi observada na concentração de 20% dos extratos diferindo estatisticamente das concentrações de 5 e 15% (Figura 1B).



**Figura 1.** Porcentagem de germinação (G%) de sementes de alface sob efeito de tipos (A) e concentrações (B) de extratos de material fresco de *Petiveria alliacea* L. \*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. CV(%)=10,64.

As diferenças significativas observadas na porcentagem de germinação em sementes de alface para as concentrações foram de 11,3 pontos percentuais, em relação à máxima e a mínima porcentagem de germinação, não ocorrendo diferenças extremas, o que pode atribuir a esta diferença a característica da própria semente. Pivetta et al. (2008) afirmam que a porcentagem de germinação pode ser afetada por fatores intrínsecos à semente. Constata-se, portanto que, os valores obtidos para a germinação de sementes de alface em extratos aquosos não foram prejudiciais, apesar de ter ocorrido redução significativa da porcentagem de germinação.

O aumento gradativo da concentração do extrato de folhas de *P. alliacea* não interferiu na velocidade de germinação das sementes de alface (Tabela 1). O IVG das sementes germinadas no extrato de caule herbáceo foi reduzido na concentração de 20% diferindo da testemunha e à 5 e 15% de concentração do extrato. Quando foi utilizado o extrato de caule lenhoso observou-se redução do IVG na concentração de 20% diferindo das concentrações de 5 e 15%. As sementes de alface submetidas aos extratos de raiz de *P. alliacea*, nas concentrações de 15 e 20% reduziram significativamente o IVG quando comparadas às concentrações de 0 e 5% (Tabela 1).

A variação dos resultados para a porcentagem e o índice de velocidade de germinação em sementes de alface nas diferentes concentrações (Tabela 1), pode ser atribuído ao nível de vigor das sementes de alface utilizadas (PÁDUA e VIEIRA, 2001) adquiridas do comércio local de um mesmo lote. O reflexo sobre os diferentes níveis de vigor de acordo com Marcos Filho (2005) é sobre a porcentagem e a velocidade de germinação.

**Tabela 1.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	IVG							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	6,69	Aa	7,16	Aa	6,26	ABa	7,14	Aa
5	6,52	Aa	6,70	Aa	7,07	Aa	7,08	Aa
10	6,18	Aa	5,62	ABa	6,13	ABa	5,94	ABa
15	7,11	Aa	6,03	Aab	6,70	Aa	5,08	Bb
20	6,71	Aa	4,36	Bb	4,91	Bb	4,46	Bb
CV(%)	13,31							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Os resultados observados para *P. alliacea* são similares aos obtidos por Gatti et al. (2004) que constataram diminuição na velocidade de germinação de sementes de rabanete devido à ação de extratos aquosos de raiz, caule, folha, flor e fruto de *Aristolochia esperanzae*, sendo que os

decréscimos se intensificaram com o aumento das concentrações comparado ao controle.

Ao comparar a ação dos diferentes tipos de extratos obtidos de partes vegetais frescas de *P. alliacea* em cada concentração, observa-se que somente a 15% de concentração no extrato de raiz e a 20% de concentração nos extratos de caule lenhoso, caule herbáceo e raiz ocorrem redução do IVG em relação aos outros extratos, o que indica maior atividade destes extratos, em relação ao extrato de folhas, e da intensificação dos efeitos nas maiores concentrações.

Analisando a interação entre os tipos e concentrações de extratos para o tempo médio de germinação (TMG) de sementes de alface (Tabela 2) verifica-se que o extrato de folhas de *P. alliacea* não interferiu no TMG em nenhuma concentração avaliada, mas nos extratos de caule herbáceo e lenhoso a 20% de concentração as sementes de alface apresentaram o maior TMG que só diferiu significativamente da concentração a 5% no extrato de caule herbáceo e 5 e 10% no extrato de caule lenhoso, onde as sementes de alface germinaram em menor tempo. Nos extratos obtidos das raízes de *P. alliacea* a 15 e 20%, as sementes de alface apresentaram maior TMG em relação à testemunha e a 5% de concentração.

**Tabela 2.** Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	TMG							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	4,95	Aa	5,00	ABa	5,16	ABa	4,93	Aa
5	4,91	Aa	4,98	Aa	4,89	Aa	5,09	ABa
10	4,92	Aa	5,16	ABab	5,00	Aab	5,22	BCb
15	4,94	Aa	5,15	ABa	5,16	ABa	5,45	CDb
20	4,89	Aa	5,28	Bb	5,34	Bbc	5,61	Dc
CV(%)	2,86							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Entre os tipos de extratos avaliados, não há diferença significativa para o TMG das sementes de alface na concentração de 5%. Nos extratos de

caule herbáceo, caule lenhoso e raiz a 20% de concentração ocorreu maior TMG que no extrato de folhas, enquanto nas concentrações de 15% o extrato de raiz foi o tipo de extrato em que ocorreram maiores valores de TMG. As sementes de alface expostas ao extrato de raiz na concentração de 10% apresentaram TMG superior quando comparado ao extrato de folhas.

Os resultados de TMG, da mesma maneira como observado para o IVG, indicam maior efeito do extrato de raiz no atraso da germinação, mas à medida que a concentração aumentou, os extratos de caule herbáceo ou lenhoso também atrasaram a germinação.

Resultados similares em relação ao TMG foram observados por Borges et al. (2007) onde houve atraso no processo germinativo das sementes de alface quando se aumentava a concentração do extrato.

No comprimento de parte aérea de plântulas de alface houve interação significativa entre os tipos de extratos e concentrações analisadas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	Comprimento de parte aérea (cm)							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	24,32	Aa	22,22	Aa	21,82	Aa	22,27	Aa
5	23,27	Aa	20,42	ABa	18,87	ABa	22,69	Aa
10	22,02	Aa	15,60	BCb	15,75	Bb	14,67	Bb
15	21,10	Aa	12,95	Cb	15,61	Bb	13,25	Bb
20	19,05	Aa	10,83	Cb	16,53	ABa	6,62	Cb
CV(%)	15,61							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Para as plântulas de alface, o comprimento da parte aérea não sofreu alterações quando expostas as concentrações de extratos de folhas de *P. alliacea*, contudo quando os extratos de caule herbáceo e raiz foram utilizados o comprimento da parte aérea das plântulas de alface diminuiu com o aumento da concentração dos extratos. Com o extrato de caule lenhoso os menores comprimentos de parte aérea foram verificados a 10 e 15% de concentração, porém não diferiram de 5 e 20% de concentração.

Entre os tipos de extratos utilizados, no extrato de raiz a partir de 10% de concentração ocorreram menores comprimentos de parte aérea de plântulas de alface.

Maraschin-Silva e Áquila (2006a) também verificaram reduções do comprimento da parte aérea em relação ao controle (0%) quando utilizaram extratos aquosos de plantas nativas (*Cecropia pachystachya*, *Peltophorum dubium*, *Psychotria leiocarpa*, *Sapium glandulatum* e *Sorocea bonplandii*) na germinação de sementes. Oliveira et al. (2013) avaliando o potencial alelopático de *Solanum cernuum*, observou efeito similar no comprimento da parte aérea de plântulas de *Lactuca sativa*, onde ocorreu redução do comprimento de parte aérea com o aumento das concentrações do extrato.

Utilizando o extrato de folhas de *P. alliacea*, o menor comprimento de raiz foi observado na concentração de 20%, diferindo apenas de 5%. Quando utilizado o extrato de caule herbáceo o menor comprimento de raiz também ocorreu a 20% de concentração, porém diferiu a 0, 5 e 10% de concentração (Tabela 4).

No extrato aquoso de caule lenhoso de *P. alliacea* a 15 e 0% as plântulas de alface apresentaram menor comprimento de raiz, diferente estatisticamente somente da concentração de 10%. No extrato de raízes de *P. alliacea*, as menores médias de comprimento de raiz de alface ocorreram nas concentrações de 20, 15 e 10%, respectivamente, diferindo somente da concentração de 5% (Tabela 4).

**Tabela 4.** Comprimento de raiz (cm) de plântulas de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	Comprimento de raiz (cm)								
	Tipos de Extratos								
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz		
0	9,27	ABa	8,20	Ba	7,42	Ba	9,19	ABa	
5	11,44	Aab	14,22	Aa	9,78	ABb	12,78	Aab	
10	9,92	ABab	8,02	Bb	12,79	Aa	7,07	BCb	
15	8,74	ABa	5,49	BCa	8,02	Ba	6,40	BCa	
20	6,55	Bab	2,48	Cc	8,76	ABa	3,43	Cbc	
CV(%)								25,13	

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Plântulas de alface também apresentaram reduções acentuadas no comprimento radicular conforme aumentou as concentrações nos extratos de *Erythroxylum argentium* e *Ocotea puberula* (MARASCHIN-SILVA e AQUILA et al., 2006b).

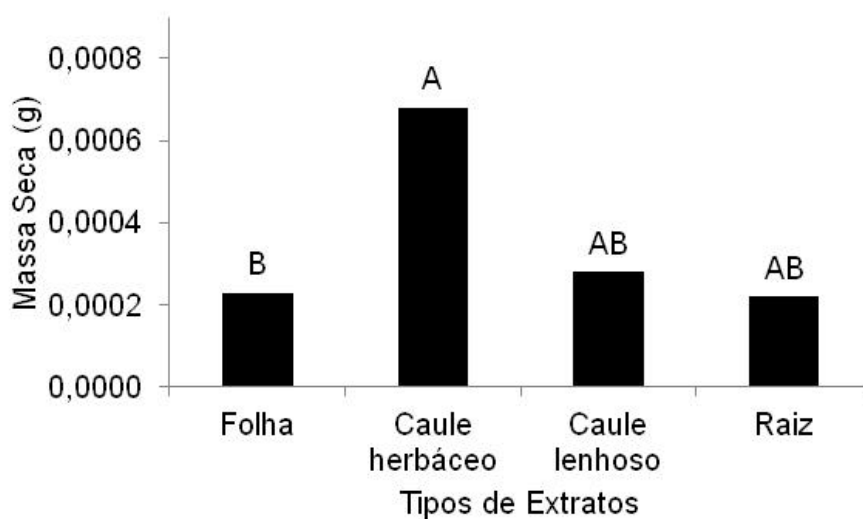
Quando se compara o efeito dos tipos de extratos obtidos de *P. alliacea*, verifica-se que a 15% de concentração o comprimento de raiz de plântulas de alface foi semelhante, não sofrendo efeito de nenhum tipo de extrato. À 10 e 20% de concentração ocorreram menores médias de comprimento de raiz de alface com os extratos do caule herbáceo e de raízes de *P. alliacea*, havendo diferença significativa em relação ao extrato de caule lenhoso. Na concentração de 5% no extrato do caule lenhoso de *P. alliacea* ocorreu menor comprimento de raiz quando comparado ao extrato do caule herbáceo de *P. alliacea* (Tabela 4).

Verificou-se redução do comprimento de raiz em plântulas de alface em função da concentração dos extratos, resultado similar ao observado por Gatti et al. (2004) que constataram redução do comprimento radicular de alface e rabanete, ao serem tratados com extratos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze.

De acordo com Chung et al. (2001) o efeito inibitório mais acentuado sobre as raízes é devido ao contato mais íntimo destas com a solução do aleloquímico, em relação à parte aérea.

Para a massa seca de plântulas de alface ocorreu diferença significativa para os tipos de extratos utilizados (Figura 2).

Analisando a Figura 2, observa-se que quando expostas ao extrato de folhas as plântulas de alface apresentam menor massa seca quando comparadas as plântulas expostas ao extrato do caule herbáceo de *P. alliacea*. Observa-se com este resultado que apesar do extrato de folhas não ter afetado tanto o IVG, TMG e comprimento de parte aérea o acúmulo de massa nas plântulas pode ter sido reduzido devido a menor porcentagem de sementes germinadas neste tipo de extrato, reduzindo o número de plântulas formadas.



**Figura 2.** Massa seca (g) de plântulas de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de *Petiveria alliacea* L. \*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. CV(%)=0,94. Variável transformada por raiz quadrada de  $y+0,5$ .

## Pepino

Analisando o efeito alelopático do extrato aquoso de material vegetal fresco de *P. alliacea* L. na germinação de pepino não se observou diferença significativa para a porcentagem de germinação, IVG e TMG, nos diferentes tipos de extratos e concentrações utilizadas. A média da germinação, IVG e TMG obtidos em todos os tratamentos para o pepino foram de 99,95%, 24,36 e 2,02, respectivamente.

Ferreira e Aquila (2000) afirmam que muitas vezes o efeito alelopático não é sobre a germinabilidade, mas sobre o desenvolvimento de plântulas.

No comprimento de parte aérea de plântulas de pepino houve interação entre os tipos de extratos e concentrações analisadas (Tabela 5), havendo redução significativa na concentração de 20% com o extrato aquoso obtido de folhas de *P. alliacea* em relação ao controle (0%). No extrato aquoso obtido do caule herbáceo de *P. alliacea* foi observada redução significativa do comprimento da parte aérea de plântulas de pepino na concentração de 15% e 20% em relação ao controle (0%). Já o extrato obtido do caule lenhoso de *P. alliacea* não interferiu no comprimento de parte aérea de plântulas de pepino.

No extrato aquoso obtido da raiz de *P. alliacea* nas concentrações de 5, 15 e 20% observou-se menor comprimento da parte aérea de plântulas de pepino em relação à testemunha e à 10% de concentração (Tabela 5).

Barreiro et al. (2005) verificaram efeito similar no comprimento da parte aérea de plântulas de pepino, com efeito alelopático do extrato de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville ocorrendo maior comprimento da parte aérea no controle (0%).

**Tabela 5.** Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	Comprimento de parte aérea (cm)							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	71,86	Aa	79,54	Aa	74,09	Aa	70,45	Aa
5	69,18	ABb	72,68	ABab	82,91	Aa	51,98	Bc
10	62,56	ABb	71,42	ABCab	83,07	Aa	68,97	Ab
15	66,42	ABb	59,14	Cbc	85,69	Aa	49,25	Bc
20	58,35	Bb	61,43	BCb	85,65	Aa	49,60	Bb
CV(%)	9,32							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Para as plântulas de pepino, os menores valores de comprimento de parte aérea foram observados nos extratos de raiz, sem diferir estatisticamente dos extratos de caule herbáceo (a 10, 15 e 20%) e de folha (a 10 e 20%).

Oliveira et al. (2013) avaliando o potencial alelopático de *Solanum cernuum*, observou efeito similar no comprimento da parte aérea de plântulas de *Sorghum bicolor* e *Bidens pilosa*, onde ocorreu redução do comprimento de parte aérea com o aumento das concentrações do extrato.

O extrato de folha e caule lenhoso de *P. alliacea* não afetaram o comprimento de raiz enquanto nos extratos de caule herbáceo e raiz a 20% de concentração ocorreram menores médias de comprimento de raiz, diferindo em relação as concentrações 0, 5 e 10% (Tabela 6).



**Tabela 6.** Comprimento de raiz (cm) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	Comprimento de raiz (cm)							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	65,15	Aa	74,90	Aa	72,78	Aa	69,96	Aa
5	58,78	Aa	59,99	ABa	64,43	Aa	63,76	Aa
10	50,35	Ab	54,44	Bb	71,90	Aa	61,01	ABab
15	61,97	Aa	36,32	Cb	69,20	Aa	44,41	BCb
20	48,90	Aab	33,40	Cb	59,49	Aa	40,76	Cb
CV(%)	14,66							

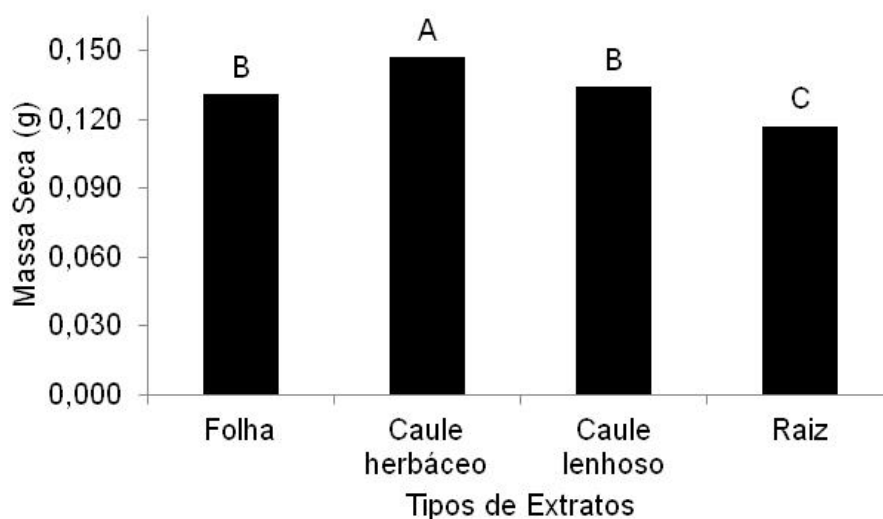
Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Entre os tipos de extratos avaliados, a partir de 10% de concentração ocorreu diferença estatística, sendo no extrato de caule herbáceo onde ocorreram menores médias de comprimento de raiz de plântulas de pepino, diferindo do extrato de caule lenhoso (a 10 e 20%) e do extrato de folha e caule lenhoso (a 15%).

Verificou-se redução do comprimento de raiz em plântulas de pepino (Tabela 6) em função da concentração dos extratos, resultado similar ao observado por Pires et al. (2001) em plântulas de milho submetidas a extrato de *Leucaena leucocephala*, onde o efeito da redução do comprimento de raiz foi crescente com o aumento da dose.

Souza Filho et al. (1997) mencionam que a interferência sobre o desenvolvimento da raiz primária é um dos melhores indicadores para o estudo de extratos com potencial alelopático, como observado no presente estudo em que o efeito sobre o comprimento de raiz de plântulas de pepino sob exposição aos extratos foi maior em relação ao efeito observado na parte aérea.

Para a massa seca de plântulas de pepino observou-se diferença significativa entre os tipos de extratos utilizados (Figura 3).



**Figura 3.** Massa seca (g) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material fresco de *Petiveria alliacea* L. \*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. CV(%)=11,34.

Foi observada menor massa seca das plântulas de pepino quando foram expostas ao extrato de raiz de *P. alliacea* em comparação aos demais extratos utilizados, sendo que a maior massa seca foi obtida quando as plântulas de pepino ficaram expostas ao extrato de caule herbáceo.

Analisando as diferentes concentrações e tipos de extratos obtidos de material vegetal fresco de *P. alliacea* observou-se a influência fitotóxica dos extratos nas espécies receptoras com o aumento das concentrações para todas as variáveis analisadas, exceto para a porcentagem, velocidade e tempo médio de germinação em sementes de pepino que não diferiram. Harper e Balke (1981) afirmam que o grau de inibição proporcionado por algum aleloquímico é dependente da sua concentração, o que para a espécie *P. alliacea* nos extratos extraídos de material vegetal fresco podem ser verificados nas maiores concentrações (20%).

Os tipos de extratos analisados interferiram significativamente, sendo, de modo geral, mais prejudicial o extrato obtido da raiz de *P. alliacea* para todas as variáveis analisadas na alface e no pepino.

O efeito dos extratos aquosos de material vegetal fresco sobre as espécies receptoras prejudicou a germinação e o desenvolvimento da alface, enquanto que para o pepino afetou o desenvolvimento. Ferreira e Áquila (2000) afirmam que a resistência ou tolerância aos metabólitos secundários que

funcionam como aleloquímicos é mais ou menos específica, existindo espécies mais sensíveis que outras, como por exemplo, a alface (*Lactuca sativa*).

## **Conclusões**

Nas condições do presente estudo pode-se concluir que:

Os extratos aquosos de material vegetal fresco *P. alliacea* possuem fitotoxicidade sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de alface e sobre o desenvolvimento de plântulas de pepino.

Os maiores efeitos fitotóxicos sobre as espécies alface e pepino foram proporcionados quando o extrato foi extraído de raiz de *P. alliacea* na concentração de 20%.

## Referências Bibliográficas

- ALVES, M.C.S.; MEDEIROS FILHO, S.; INNECCO, R.; TORRES, M.S.B. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1083-1086, 2004.
- BARREIRO, A.P.; DELACHIAVE, M.E.A.; SOUZA, F.S. Efeito alelopático de extratos de parte aérea de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) na germinação e desenvolvimento da plântula de pepino. **Revista Brasileira de Plantas Medicináveis**, Botucatu, v.8, n.1, p.4-8, 2005.
- BORGES, C.S.; CUCHIARA, C.C.; MACULAN, K.; SOPEZKI, M.S.; BOBROWSKI, V.L. Alelopatia do Extrato de Folhas Secas de Mamona (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, n.2, p.747-749, 2007.
- CANO, J.H., VOLPATO, G.J. Herbal mixtures in the traditional medicine of Eastern Cuba. **Etnopharmacol**, Reino Unido, v.90, p.293, 2004.
- CHUNG, I.M.; AHN, J.K., YUN, S.J. Assesment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-gall*) on rice (*Oriza sativa* L.) cultivars. **Crop Protection**, Guildford, v.20, n.10, p.921-928, 2001.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FERREIRA, A.G.; AQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.12 (Edição especial), p.175-204, 2000.
- GATTI, A.B.; PEREZ, S.C.J.G.A.; LIMA, M.I.S. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.18, n.3, p.459-472, 2004.
- GOLDFARB, M.; PIMENTEL, L.W.; PIMENTEL, N.W. Alelopatia: relações nos agroecossistemas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.3, n.1, p.23-28, 2009.
- GUPTA, M.P. **270 Plantas Medicinales Iberoamericanas**. Santa Fé de Bogotá – Colômbia: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo CYTED-SECAB. 1995. 607p.
- HARPER, J.R.; BALKE, N.E. Characterization of the inhibition of k<sup>+</sup> absorption in oat roots by salicylic acid. **Plant Physiology**, Estados Unidos, v.8, n.6, p.1349-1353, 1981.

LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.48, n.2, p.263-284, 1976.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MANOEL, D.D.; DOICHE, C.F.R.; FERRARI, T.B.; FERREIRA, G. Atividade alelopática dos extratos fresco e seco de folhas de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) e pata-devaca (*Bauhinia forficata* link) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de tomate. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.1, p.63-70, 2009.

MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M.E.A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Acta Botânica Brasílica**, Brasília, v.20, n.1, p.61- 69, 2006a.

MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M.E.A. Contribuição ao estudo do potencial alelopático de espécies nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.4, p.547-555, 2006b.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

OLIVEIRA, L.G.A.; DUQUE, F.F.; BELINELO, V.J.; SCHMILDT, E.R.; ALMEIDA, M.S.de. Atividade alelopática de extrato acetato-etílico de folhas de *Solanum cernuum* Vell. **Revista de Ciências Agrárias**, Fortaleza, v.44, n.3, p.538-543, 2013.

OLIVEIRA, J.C.S.; NEVES, I.A.; MAIA, C.S.; CAMARA, C.A.G. da; SILVA, L.L.D.; ALMEIDA, A.V. de; SCHWARTZ, M.C.E. Composição química do óleo essencial de *Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae). Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 30., **Resumos...** Águas de Lindoia-SP, 2007. p.41.

PÁDUA, G.P.; VIEIRA, R.D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.2, p.255-262, 2001.

PIRES, N. de M.; SOUZA, I.R.P.; PRATES, H.T.; FARIA, T.C.L. de; PEREIRA FILHO, I.A.; MAGALHÃES, P.C. Efeito do extrato aquoso de leucena sobre o desenvolvimento, índice mitótico e atividade da peroxidase em plântulas de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.13, n.1, p.55-65, 2001.

PIVETTA, K.F.L.; SARZI, I.; ESTELLITA, M.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.. Tamanho do diásporo, substrato e temperatura na germinação de sementes de *Archontophoenix cunninghamii* (Arecaceae). **Revista de Biologia e**

**Ciências da Terra**, Paraíba, v.8, n.1, p.126-134, 2008.

REHMAN, S., HARRIS, P.J.C.; BOURNE, W.F.; WILKIN, J. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.25, n.1, p.45-57, 1996.

RIZZARDI, A.; RIZZARDI, M.A.; LAMB, T.D.; JOHANN, L.B. Potencial alelopático de extratos aquosos de genótipos de canola sobre *Bidens pilosa*. **Planta daninha**, Viçosa, v.26, n.4, p.717-724, 2008.

SOUZA FILHO, A.P.S.; RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. Efeitos do potencial alelopático de três leguminosas sobre três invasoras de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.2, p.165-170, 1997.

### **3. CAPÍTULO 5**

#### **3.5 POTENCIAL ALELOPÁTICO DO EXTRATO AQUOSO DE MATERIAL VEGETAL SECO DE *Petiveria alliacea* L. <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Artigo submetido no periódico "Allelopathy Journal".



**Resumo – Potencial alelopático do extrato aquoso de material vegetal seco de *Petiveria alliacea* L.** Devido *Petiveria alliacea* L. apresentar substâncias com reconhecido papel como aleloquímicos, o objetivo do presente trabalho foi verificar a influência do extrato aquoso de material vegetal seco de *P. alliacea* na germinação e desenvolvimento inicial de alface e pepino. Realizaram-se experimentos, com o extrato seco de *P. alliacea* em diferentes concentrações na proporção massa/volume (0, 5, 10, 15 e 20%) e tipos de extratos (raiz, folha, caule herbáceo e caule lenhoso) sobre a porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, comprimento de parte aérea e raiz e massa seca de plântulas de alface e pepino. Pode-se concluir que há indícios de fitotoxicidade dos extratos de material vegetal seco de *P. alliacea* sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de alface e sobre o desenvolvimento de plântulas de pepino. Maiores efeitos fitotóxicos sobre as espécies são proporcionados quando utilizado extrato de caule herbáceo de *Petiveria alliacea* L.

Palavras-chave: guiné, alelopatia, germinação, alface, pepino.

**Abstract - Allelopathic potential of aqueous extract of dried plant material *Petiveria alliacea* L.** Due *Petiveria alliacea* L. submit substances with recognized role as allelochemicals, the objective of this study was to evaluate the influence of aqueous extract of dried plant material of *P. alliacea* on germination and early development of lettuce and cucumber. Experiments were carried out with the dry extract of *P. alliacea* at different concentrations in the mass ratio/volume (0, 5, 10, 15 and 20%) and types of extracts (root, leaf, stem herbaceous and woody stems) on the germination percentage, germination velocity index, mean germination time, length of shoot and root dry weight and seedling lettuce and cucumber. It can be concluded that there is evidence of phytotoxicity of extracts of dried plant material of *P. alliacea* on germination and seedling growth of lettuce and the development of cucumber seedlings. Phytotoxic effects on larger species are provided when used herbal extract stem *Petiveria alliacea* L.

Key-words: guine, allelopathy, germination, lettuce, cucumber.

## Introdução

O termo alelopatia é definido como “qualquer processo envolvendo metabólitos secundários produzidos por plantas, algas, bactérias e vírus que influencia no crescimento e desenvolvimento de sistemas biológicos e na agricultura; estudo das funções de metabólitos e seus significados na organização dos sistemas biológicos, a origem e evolução dos mecanismos envolvendo interações planta-planta, planta-microorganismos, planta-vírus, planta-inseto, planta-solo” (MALLIK e INDERJIT, 2002).

Essas substâncias químicas, que são denominadas de aleloquímicos, quando liberadas no ambiente, estimulam ou inibem a germinação de sementes e/ou o desenvolvimento de plântulas do seu entorno (RODRIGUES e LOPES, 2001).

Os compostos químicos podem estar presentes em muitas espécies e em diferentes órgãos como folhas, flores, frutos, caules, raízes ou sementes. Estas substâncias pertencem a diferentes categorias dos compostos secundários (ALVES et al., 2004) entre eles terpenos, alcalóides, compostos fenólicos, esteróides, ácidos graxos de cadeia longa, óleos essenciais, derivados de cumarina e lactonas insaturadas (MALHEIROS e PERES, 2001; WANDSCHEER e PASTORINI, 2008), saponinas, taninos e flavonóides, que apresentam solubilidade em água (FERREIRA e AQUILA, 2000).

Friedman (1995) afirmou que todos os órgãos da planta têm potencial para armazenar aleloquímicos, mas a quantidade e o caminho pelos quais são emitidos diferem de espécie para espécie.

Em testes de germinação é frequente a observação de danos como queima das radículas ou deformações de raízes provocadas por aleloquímicos, além de sementes não germinadas pela ação de substâncias tóxicas à germinação (NERY et al., 2013), sendo a alface e o pepino as espécies mais frequentemente utilizadas em testes de germinação para avaliar do efeito alelopático de diferentes extratos.

Os extratos de *Andira humilis* Mart. ex Benth (PERIOTTO et al., 2004), *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze (GATTI et al., 2004), *Mucuna aterrima* Piper e Tracy (SOUZA e YAMASHITA, 2006), *Casearia sylvestris* Sw. (DE CONTI e FRANCO, 2011) e *Raphanus sativus* L. (NERY et al., 2013),

quando utilizados em sementes de alface reduziram significativamente a porcentagem de germinação. Barreiro et al. (2005) analisando o efeito alelopático de extratos de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) indicaram que o pepino (*Cucumis sativus* L.) é sensível a ação dos aleloquímicos durante o desenvolvimento das plântulas.

A espécie *Petiveria alliacea* L. contém uma diversidade de compostos biologicamente ativos presentes no óleo essencial (petiverina), glicosídeos saponínicos, isoarborinol-triterpeno, isoarborinol-acetato, isoarborinol-cinamato, esteróides, alcalóides, flavonóides e taninos (ARCHER, 1973; CIFUENTES et al., 2001). Devido *Petiveria alliacea* L. apresentar substâncias com reconhecido papel como aleloquímicos, o objetivo do presente trabalho foi verificar o potencial alelopático do extrato aquoso de material vegetal seco da planta na germinação e desenvolvimento inicial de alface e pepino, contribuindo assim para ampliar o conhecimento da alelopatia de espécies medicinais de ocorrência na Amazônia.

## Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas, na Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta – MT. As plantas de *Petiveria alliacea* L. utilizadas para a preparação dos extratos aquosos foram coletadas na região urbana de Alta Floresta-MT (localização, 09°53'18.07" S e 56°05'05.88" W).

Os experimentos foram realizados utilizando extratos aquosos de material vegetal seco de *P. alliacea* sobre a germinação e crescimento de plântulas de alface e pepino.

Para obtenção do extrato as folhas, raízes, caule herbáceo e lenhoso foram separados e secos em estufa à temperatura de  $65 \pm 3^\circ\text{C}$  até peso constante e depois triturados em moinho de facas tipo Willye até a obtenção de um pó fino e, armazenados em potes plásticos até a condução do experimento.

Cada 200g do pó, obtido de cada parte vegetal, foi diluída em 1000 mL de água destilada ( $20\text{g L}^{-1}$ ) com auxílio de liquidificador, filtrada em papel filtro e mantidas em descanso em recipiente de vidro por 15 dias na geladeira (temperatura  $\pm 5^\circ\text{C}$ ), sendo este extrato considerado a solução inicial  $20\text{g L}^{-1}$  (na proporção peso/volume de 20%), a qual foi utilizada para diluições a 15, 10 e  $5\text{g L}^{-1}$ , constituindo as concentrações de 20, 15, 10 e 5% utilizadas no experimento, além da testemunha 0% (água destilada).

Foram conduzidos dois experimentos, um para cada espécie receptora: alface (*Lactuca sativa* cv. Hanson - tipo crespa repolhuda) e pepino (*Cucumis sativus* L. cv. Comprido Verde), sendo o delineamento estatístico utilizado nos experimentos inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 5 (tipos de extrato - folha, caule herbáceo, caule lenhoso e raiz x concentrações dos extratos - 0, 5, 10, 15 e 20%), com quatro repetições de 25 sementes.

Nos experimentos as sementes foram dispostas para germinar em caixas plásticas transparentes (11 x 11 x 4 cm) sobre uma folha de papel mata-borrão umedecido com 12 mL de cada um dos extratos. As caixas foram mantidas em câmara de germinação tipo BOD com fotoperíodo de 12 horas à temperatura de  $25^\circ\text{C}$ , sendo avaliadas a porcentagem e velocidade de germinação e o tempo médio de germinação diariamente e, o comprimento de

raiz e parte aérea e massa seca de plântulas no sétimo dia, ao final do período de avaliação, conforme descrito a seguir:

**Porcentagem de germinação** – Considerou-se como critério para a germinação a emissão de raiz primária com comprimento igual a 2 mm (REHMAN et al., 1996). Os cálculos foram realizados de acordo com Labouriau e Valadares (1976), segundo a fórmula abaixo:

$$G(\%) = \left( \frac{N}{A} \right) \times 100 \quad \text{onde: } N = \text{Número de sementes germinadas}$$

A = número total de sementes.

**Índice de velocidade de germinação (IVG)** – Foi realizado em conjunto com o teste de germinação, o IVG para cada subamostra foi obtido segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), apresentada a seguir:

$$IVG = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n} \quad \text{onde: } N_{1:n} = \text{número de plântulas germinadas no dia } 1, \dots, n;$$

$D_{1:n}$  = dias para ocorrência da germinação.

**Tempo médio de germinação (TMG)** – Dada pela equação proposta por Labouriau e Valadares (1976), com os resultados expressos em dias:

$$TMG = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i} \quad \text{onde: } n_i = \text{número de sementes germinadas por dia;}$$

$t_i$  = tempo da avaliação depois do início do teste;

**Comprimento de parte aérea e raiz das plântulas** – Foram avaliados em conjunto com o teste de germinação, utilizando-se todas as plântulas normais de cada repetição, medidas com régua graduada em milímetros. Os comprimentos da parte aérea e raiz das plântulas, para cada amostra, foram calculados dividindo-se o total das medidas pelo número de plântulas avaliadas, obtendo-se valores médios.

**Massa seca de plântula** – Definida como a massa média, expressa em gramas, correspondente à massa de cada plântula por repetição, utilizando para secagem estufa com circulação de ar, regulada para  $65 \pm 3^\circ\text{C}$  durante 2 dias, com pesagem em balança com precisão de 0,001g.

Os tratamentos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade e por regressão polinomial, utilizando o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

## Resultados e Discussão

### Alface

Observou-se para a porcentagem de germinação de sementes de alface interação significativa entre tipos e concentrações dos extratos de *P. alliacea* utilizados (Tabela 1).

Em todos os tipos de extratos nas maiores concentrações ocorreu redução na porcentagem de germinação de sementes de alface diferindo significativamente em relação ao controle (0% de concentração), ocorrendo inibição da germinação quando utilizado o extrato aquoso do caule herbáceo de *P. alliacea* na concentração de 20%.

Na concentração de 10% de extrato aquoso a porcentagem de germinação de sementes de alface foi reduzida no extrato aquoso extraído do caule herbáceo de *P. alliacea*, enquanto nas concentrações de 15 e 20% as menores médias de germinação ocorreram quando as sementes foram expostas aos extratos de caule herbáceo e raiz de *P. alliacea*, diferindo significativamente dos outros extratos.

Capobiango et al. (2009) verificaram que extratos de folhas secas de *Casearia silvestris* em maiores concentrações também apresentaram efeito alelopático reduzindo a porcentagem de germinação de sementes de alface.

**Tabela 1.** Porcentagem de germinação (%) de sementes de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material vegetal seco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	Porcentagem de germinação (%)							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	93,0	Aa	100,0	Aa	98,0	Aa	98,0	Aa
5	91,0	Aa	83,0	Aa	95,0	Aa	97,0	Aa
10	85,0	Aa	41,0	Bb	93,0	Aa	81,0	Aa
15	52,0	Bb	18,7	BCc	76,0	Aa	21,0	Bc
20	38,0	Ba	0,00	Cb	43,0	Ba	12,0	Bb
CV(%)	17,93							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Para o índice de velocidade de germinação de sementes de alface (Tabela 2) constatou-se redução significativa das médias com o aumento da

concentração de todos os extratos avaliados. Entre os tipos de extratos de *P. alliacea*, as maiores médias de IVG ocorreram com o extrato de caule lenhoso em todas as concentrações, exceto 0%, sendo a 5 e 20%, diferente estatisticamente do extrato de caule herbáceo e a 10 e 15% diferente dos extratos de caule herbáceo e raiz, onde ocorreram menores valores de IVG.

Resultados semelhantes em relação ao IVG foram relatados por Pessoto et al. (2007) onde houve redução significativa do IVG bem como o atraso no processo germinativo e conseqüente diminuição da porcentagem de germinação das sementes de alface quando se aumentava a concentração do extrato.

**Tabela 2.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	IVG							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	12,58	Ab	15,86	Aa	13,65	Ab	13,23	Ab
5	10,10	Bab	8,24	Bb	10,65	Ba	10,09	Bab
10	7,00	Cab	3,10	Cc	8,73	Ba	6,29	Cb
15	3,69	Dab	1,23	CDc	5,80	Ca	1,61	Dbc
20	2,44	Da	0,00	Db	3,15	Da	1,02	Dab
CV(%)	17,01							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Nos extratos aquosos extraídos da folha, caule lenhoso e da raiz de *P. alliacea* observa-se acréscimo significativo do TMG de sementes de alface nas concentrações superiores a 10% (Tabela 3). Com o extrato aquoso do caule herbáceo houve aumento do TMG de sementes de alface à medida que aumentou a concentração do extrato (Tabela 3).

O maior TMG de sementes de alface observado na concentração de 10 % foi obtido nos extratos aquosos de caule herbáceo e de raiz de *P. alliacea* L. diferindo significativamente do extrato obtido do caule lenhoso (Tabela 3).



**Tabela 3.** Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	TMG (dias)							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	4,51	Aa	4,38	Aa	4,50	Aa	4,50	Aa
5	4,65	Aa	4,79	Ba	4,64	ABa	4,74	Aa
10	5,04	Bab	5,26	Cb	4,86	Ba	5,14	Bb
15	5,29	BCab	5,43	Cb	5,19	Cab	5,16	Ba
20	5,45	Cb	—	—	5,22	Ca	5,23	Bab
CV(%)	2,67							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Na concentração de 15%, no extrato obtido do caule herbáceo de *P. alliacea* o TMG de sementes de alface foi superior significativamente ao extrato da raiz de *P. alliacea* (Tabela 3).

O TMG de sementes de alface, a 20% de concentração, apresentou maior média quando foi utilizado o extrato de folhas de *P. alliacea* só diferindo significativamente do extrato de caule lenhoso de *P. alliacea* (Tabela 3).

Maiores valores de TMG em sementes de aface também foram observados por Maraschin-Silva e Aquila (2006), quando analisaram o potencial alelopático das espécies *Cecropia pachystachya*, *Peltophorum dubium*, *Psychotria leiocarpa*, *Sapium glandulatum* e *Sorocea bonplandii*.

O comprimento da parte aérea de plântulas de alface diminuiu significativamente nas concentrações a partir de 10% dos extratos de folha, caule herbáceo e raiz, e a partir de 15% no extrato de caule lenhoso (Tabela 4).

Entre os extratos avaliados, somente na concentração de 10% foi observada diferença significativa, com menores médias de comprimento de parte aérea de plântulas de alface quando se utilizou os extratos de caule herbáceo e raiz, contudo na concentração de 20% dos extratos não foram observadas plântulas com desenvolvimento de parte aérea quando foram utilizados os extratos de folha e caule herbáceo de *P. alliacea* (Tabela 4).

Capobiango et al. (2009) também verificaram redução no crescimento da parte aérea plântulas de alface com maiores concentrações do extrato de folhas secas de *Casearia silvestris*.

**Tabela 4.** Comprimento de parte aérea (cm) de plântulas de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	Comprimento de parte aérea (cm)							
	Tipos de Extratos							
	Folha	Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz		
0	3,07	Aa	2,65	Aa	2,98	Aa	2,65	Aa
5	2,93	Aa	2,55	Aa	2,84	Aa	2,55	Aa
10	1,29	Bb	0,62	Bc	2,48	Aa	0,62	Bc
15	0,37	Ca	0,15	Ba	0,68	Ba	0,12	Ba
20	0,00	Ca	0,00	Ba	0,24	Ba	0,04	Ba
CV(%)	21,59							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Azambuja et al. (2010) avaliando o efeito do extrato aquoso de *Plectranthus barbatus* Andrews observaram redução do comprimento da parte aérea de plântulas de alface sob maiores concentrações do extrato.

Menores valores de comprimento de raiz de plântulas de alface em todos os tipos de extratos de *P. alliacea* foram obtidos em concentrações a partir de 10% diferindo significativamente das concentrações de 0 e 5% (Tabela 5).

Wandscheer e Pastorini (2008), ao analisar o comprimento da raiz de plântulas após tratamento com extratos de *Raphanus raphanistrum* L. sobre a germinação de alface e tomate constataram que todas as concentrações dos extratos inibiram o comprimento radicular de plântulas de alface, sendo que para o tomate o comprimento radicular foi reduzido somente na maior concentração.

Verificou-se que somente na concentração de 10%, do extrato aquoso de caule lenhoso de *P. alliacea* ocorreu menor efeito fitotóxico, ocorrendo a maior média de comprimento de raiz entre os demais tipos de extratos avaliados (Tabela 5).

Na concentração de 20% dos extratos não se observou desenvolvimento de raiz de plântulas de alface quando foram utilizados os extratos de folha e caule herbáceo de *P. alliacea* (Tabela 5). Apesar de ocorrer protrusão radicular o desenvolvimento da raiz e da parte aérea (Tabela 4) não

ocorreu porque a coifa mostrava-se oxidada (escurecida) e, com o passar do tempo, as mesmas não se desenvolveram, ocorrendo o amolecimento e a degradação de seus tecidos. Efeito similar, não ocorrendo o crescimento de parte aérea e raiz e a degradação dos tecidos foi observado por Periotto et al. (2006) analisando sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e rabanete (*Raphanus sativus* L.) em extrato aquoso de *Andira humilis* Mart. ex Benth.

Ferreira e Àquila (2000) afirmam que o aparecimento de necrose da radícula é um dos sintomas mais comuns quando se avalia o potencial alelopático de plantas.

**Tabela 5.** Comprimento de raiz (cm) de plântulas de alface e pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	Comprimento de raiz (cm)							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	1,66	Ab	2,21	Aa	2,13	Aab	2,21	Aa
5	2,06	Aa	2,21	Aa	2,15	Aa	2,21	Aa
10	0,64	Bb	0,34	Bb	1,47	Ba	0,34	Bb
15	0,14	Ca	0,05	Ba	0,19	Ca	0,04	Ba
20	0,00	Ca	0,00	Ba	0,08	Ca	0,01	Ba
CV(%)	25,06							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A massa seca de plântulas de alface reduziu significativamente na concentração de 20% em relação às outras concentrações quando as plântulas foram submetidas aos extratos aquosos da folha e da raiz de *P. alliacea* (Tabela 6).

Com o extrato aquoso do caule herbáceo de *P. alliacea* concentrações superiores a 5% reduziram significativamente a massa seca de plântulas de alface. As plântulas que cresceram em contato com o extrato de caule lenhoso de *P. alliacea* exibiram valores de massa seca significativamente menores na concentração de 20% em relação às concentrações de 5 e 15% (Tabela 6).

A comparação entre tipos de extratos indica que nas concentrações de 10 e 15% com o extrato de caule herbáceo há redução significativa da

massa seca de plântulas de alface. A 20% de concentração nos extratos de folha, caule herbáceo e raiz as plântulas apresentam menores médias, com valores nulos de massa seca nos extratos de folha e caule herbáceo (Tabela 6) devido à ausência de medidas de comprimento de parte aérea e raiz das plântulas (Tabelas 4 e 5).

**Tabela 6.** Massa seca (g) de plântulas de alface sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material vegetal seco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	Massa seca (g)							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	0,0008	Aa	0,0007	Aa	0,0008	ABa	0,0008	Aa
5	0,0008	Aa	0,0009	Aa	0,0009	Aa	0,0009	Aa
10	0,0008	Aa	0,0003	Bb	0,0008	ABa	0,0011	Aa
15	0,0007	Aa	0,0002	Bb	0,0009	Aa	0,0008	Aa
20	0,0000	Bb	0,0000	Bb	0,0005	Ba	0,0002	Bb
CV(%)	28,35							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

## Pepino

Na porcentagem de germinação de sementes de pepino não ocorreu diferença significativa nos diferentes tipos de extratos e concentrações utilizadas, com média de 99,88% de germinação.

De acordo com Ferreira e Borghetti (2004) o motivo de concentrações ou tipos de extratos não afetarem a porcentagem de germinação é porque o efeito alelopático não se dá, frequentemente, sobre a porcentagem de germinação final, e sim sobre a velocidade de germinação ou sobre outro parâmetro, como o comprimento médio da raiz primária.

O IVG de sementes de pepino não sofreu efeito das concentrações do extrato de caule lenhoso de *P. alliacea* (Tabela 7). Para os outros extratos de *P. alliacea* o IVG na concentração de 20% foi inferior às demais concentrações.

Não se verificou diferença entre os extratos a 5% de concentração e no controle (0%), porém a 10, 15 e 20%, o extrato de raiz de *P. alliacea* reduziu

significativamente o IVG de sementes de pepino em relação aos outros tipos de extratos (Tabela 7).

Para o pepino não se observou efeito dos fatores (tipos e concentrações dos extratos) sobre a porcentagem de germinação, mas houve interação dos fatores para o IVG (Tabela 7). Este comportamento também foi descrito por Barreiro et al. (2005) para sementes de pepino sob efeito de extratos de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) não ocorrendo efeito sobre a porcentagem de germinação, porém reduzindo significativamente o IVG.

Corroborando com os resultados deste estudo, Piña-Rodrigues e Lopes (2001) afirmam que a velocidade de germinação foi reduzida em *Tabebuia alba* tratada com extrato de *Mimosa caesalpinaefolia*, porém sem efeito na porcentagem de germinação.

**Tabela 7.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	IVG								
	Tipos de Extratos								
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz		
0	20,00	Aa	20,00	Aa	19,88	Aa	19,88	Aa	
5	20,00	Aa	20,00	Aa	19,58	Aa	19,13	ABa	
10	19,88	Aa	20,00	Aa	20,00	Aa	18,58	Bb	
15	19,38	Aa	19,13	ABa	19,50	Aa	16,88	Cb	
20	18,08	Bb	18,75	Bb	19,75	Aa	15,38	Dc	
CV(%)	2,47								

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

O TMG de sementes de pepino não diferiu significativamente entre as concentrações do extrato de caule lenhoso de *P. alliacea* (Tabela 8). Nos demais extratos, na concentração de 20%, houve aumento significativo do TMG, sendo que não diferiu da concentração a 15% quando utilizado o extrato de caule herbáceo (Tabela 8).

Na Tabela 8 observa-se uma pequena variação dos valores obtidos para o TMG em sementes de pepino, mas como esta espécie germina

rapidamente não se deve desconsiderar a diferença obtida pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade entre as médias dos tratamentos.

Quando se considera o efeito das concentrações dos diferentes extratos sobre o TMG de sementes de pepino, constata-se que a 5% de concentração não se observa diferença no tempo médio entre os extratos, mas à medida que aumenta a concentração dos extratos de raiz aumenta o TMG quando comparado aos demais tipos de extratos de *P. alliacea*.

Corroborando com os resultados obtidos neste estudo Manoel (2009) observou que maiores TMG ocorreram com a utilização de extratos mais concentrados. O efeito alelopático pode provocar alterações na curva da germinação, alongando a curva através do eixo do tempo (LABOURIAU e AGUDO, 1987).

**Tabela 8.** Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	TMG (dias)								
	Tipos de Extratos								
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz		
0	4,00	Aa	4,00	Aa	4,00	Aa	4,01	Aa	
5	4,00	Aa	4,00	Aa	4,02	Aa	4,04	ABa	
10	4,01	Aa	4,00	Aa	4,00	Aa	4,06	Bb	
15	4,03	Aa	4,03	ABa	4,01	Aa	4,14	Cb	
20	4,09	Bb	4,06	Bb	4,01	Aa	4,21	Dc	
CV(%)	0,55								

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Com a utilização dos extratos de folhas e caule herbáceo de *P. alliacea* a partir de 10% de concentração houve menor comprimento de parte aérea das plântulas de pepino. Quando as sementes foram expostas ao extrato de raiz, a redução no comprimento de parte aérea de plântulas de pepino foi observada a partir da concentração de 15%. Com o extrato de caule lenhoso a menor média de comprimento de parte aérea ocorreu na concentração de 20% (Tabela 9).

Os menores comprimentos de parte aérea de plântulas de pepino (Tabela 9) ocorreram quando foi utilizado o extrato de raiz, não diferindo do extrato de folha (a 5% de concentração), do extrato de caule herbáceo e folha (a 10%) e do extrato de caule herbáceo (a 15 e 20% de concentração).

**Tabela 9.** Comprimento de parte aérea (cm) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	Comprimento de parte aérea (cm)							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	8,70	Aa	8,49	Aa	6,99	Ba	7,92	Aa
5	7,63	ABb	10,02	Aa	10,06	Aa	7,87	Ab
10	5,88	Bb	6,11	Bb	9,67	Aa	6,60	Ab
15	6,41	Ba	3,35	Cb	6,16	BCa	3,48	Bb
20	3,44	Cab	1,20	Dc	4,35	Ca	2,00	Bbc
CV(%)	14,64							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Analisando o efeito do extrato aquoso extraído do caule herbáceo e da raiz de *P. alliacea* observou-se que concentrações superiores a 5% reduziram significativamente o comprimento de raiz de plântulas de pepino quando comparados a concentração de 0 e 5% e ao controle (0%) (Tabela 10).

Todas as concentrações do extrato de folhas (exceto o controle) de *P. alliacea* e concentrações a 15 e 20% do extrato de caule lenhoso reduziram significativamente o comprimento de raiz de plântulas de pepino. Estes resultados são coerentes com a afirmação de Hoffmann et al. (2007) de que aumentando a concentração do extrato maior é a inibição do crescimento da radícula.

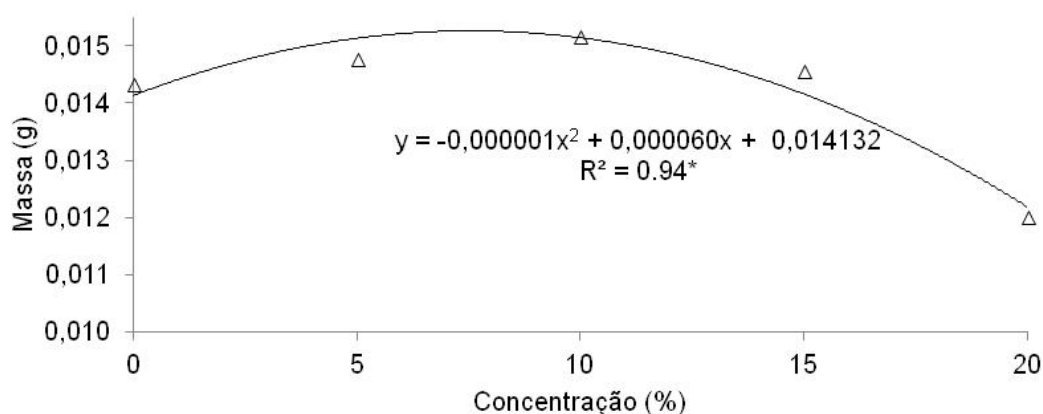
Na concentração de 5%, o comprimento de raiz de plântulas de pepino foi menor quando expostas ao extrato de folhas de *P. alliacea* em comparação com os outros extratos avaliados. A 10%, com o extrato de caule herbáceo e a 15% com os extratos de caule herbáceo e raiz ocorreram maiores reduções do comprimento de raiz das plântulas de pepino. A 20% todos os extratos afetaram de modo similar esta variável.

**Tabela 10.** Comprimento de raiz (cm) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material seco de *Petiveria alliacea* L.

Concentrações (%)	Comprimento de raiz (cm)							
	Tipos de Extratos							
	Folha		Caule Herbáceo		Caule Lenhoso		Raiz	
0	9,47	Aa	9,18	Aa	8,90	Aa	9,52	Aa
5	6,08	Bb	8,58	Aa	8,54	Aa	10,09	Aa
10	5,61	Bb	2,56	Bc	9,17	Aa	6,17	Bb
15	4,18	Ba	0,73	Bb	3,78	Ba	1,64	Cb
20	1,48	Ca	0,93	Ba	2,09	Ba	0,76	Ca
CV(%)	18,61							

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Para a massa seca de plântulas de pepino nota-se diferença significativa para as concentrações dos extratos utilizados (Figura 1), ocorrendo uma tendência polinomial, onde a massa seca de plântulas de pepino aumenta até a concentração de 5%, estabilizando entre as concentrações de 5 e 10%, e reduzindo a massa seca em concentrações superiores a 10%.



**Figura 1.** Massa seca (g) de plântulas de pepino sob efeito de tipos e concentrações de extratos de material vegetal seco de *Petiveria alliacea* L.. CV(%)= 11,78.

O efeito alelopático dos extratos foi mais acentuado na germinação e desenvolvimento inicial de alface e pepino com o aumento das concentrações dos diferentes tipos de extratos de material vegetal seco de *P. alliacea*. Rice (1984) afirma que as substâncias alelopáticas em baixas concentrações podem não ser inibitórias, mas em altas concentrações são prejudiciais às plantas.



O extrato aquoso de material vegetal seco obtido do caule herbáceo de *P. alliacea* provocou maior efeito prejudicial em relação aos outros extratos analisados para as variáveis porcentagem e velocidade de germinação de sementes, comprimento de parte aérea e raiz e massa seca para plântulas de alface. No pepino se verificou efeito sobre o comprimento de raiz das plântulas. O extrato obtido de folhas de *P. alliacea* aumentou o TMG de sementes de alface. Para a velocidade e tempo médio de germinação de sementes de pepino e comprimento de parte aérea de plântulas de pepino o extrato obtido da raiz provocou maior efeito fitotóxico.

O extrato aquoso de material vegetal seco de *P. alliacea* interferiu na germinação e o desenvolvimento de plântulas de alface e pepino. A germinação de sementes de pepino não foi prejudicada pela ação dos aleloquímicos, sendo a resistência e a tolerância aos aleloquímicos, segundo Ferreira e Àquila (2000) dependente da característica da espécie teste.

## **Conclusões**

Nas condições do presente estudo pode-se concluir que:

Há indícios de fitotoxicidade dos extratos de material vegetal seco de *P. alliacea* sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de alface e sobre o desenvolvimento de plântulas de pepino.

Maiores efeitos fitotóxicos sobre as espécies são proporcionados quando utilizado extrato de caule herbáceo de *Petiveria alliacea* L.

## Referências Bibliográficas

ALVES, M.C.S.; MEDEIROS FILHO, S.; INNECCO, R.; TORRESM S.B. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1083-1086. 2004.

ARCHER, J. Tests for emotionality in rats and mice: a review. **Animal Behavioral**, Reino Unido, v.21, n.1, p.205-235, 1973.

AZAMBUJA, N.; HOFFMANN, C.E.F.; NEVES, L.A.S. das; GOULART, P.L.. Potencial alelopático de *Plectranthus barbatus* Andrews na germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. e de *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.9, n.1, p.66-73, 2010.

BARREIRO, A.P.; DELACHIAVE, M.E.A.; SOUZA, F.S. Efeito alelopático de extratos de parte aérea de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) na germinação e desenvolvimento da plântula de pepino. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.8, n.1, p.4-8, 2005.

CAPOBIANGO, R.A.; VESTENA, S.; BITTENCOURT, A.H.C. Alelopatia de *Joanesia princeps* Vell. E *Casearia sylvestris* Sw. sobre espécies cultivadas. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v.19, n.4, p.924-930, 2009.

CIFUENTES, C.M.; GOMEZ-SERRANILLOS, M.P.; IGLESIAS, I.; VILLAR DEL FRESNO, A.M. Neupharmacological profile of ethnomedicinal plants of Guatemala, **Journal of Ethnopharmacology**, Philadelphia, v.76, n.1, p.223-228, 2001.

DE CONTI, D.; FRANCO, E.T.H. Efeito alelopático de extratos aquosos de *Casearia sylvestris* Sw. Na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L.. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n.2-4, p.193-203, 2011.

FERREIRA, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, A.G.; AQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.12 (Edição especial), p.175-204, 2000.

FERREIRA, A.B.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 520p.

FRIEDMAN, J. Allelopathy, autotoxicity, and germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. 644p.

GATTI, A.B.; PEREZ, S.C.J.G.A.; LIMA, M.I.S. Atividade alelopática de extratos aquosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no

crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botânica Brasília**, São Paulo, v.18, n.3, p.459-472, 2004.

HOFFMANN, C.E.F.; NEVES, L.A.S.; BASTOS, C.F.; WALLAU, G.L. Atividade alelopática de *Nerium Oleander* L. e *Dieffenbachia picta* schott em sementes de *Lactuca Sativa* L. e *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.6, n.1, p.11-21, 2007.

LABOURIAU, L.G.; AGUDO, M. On the physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. I. Temperature effects. **Anais Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.59, n.1, p.37-56, 1987.

LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.48, n.2, p.263-284, 1976.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, Madison, 1962, v.2, n.2, p.176-177.

MALHEIROS, A.; PERES, M.T.L.P. Alelopatia: interações químicas entre espécies. In: YUNES, R.A., CALIXTO, J.B. **Plantas medicinais sob a ótica da química medicinal moderna**. Chapecó: Argos, 2001. 500p.

MALLIK, A.U.; INDERJIT, A. **Problems and prospects in the study of plant allelochemicals: a brief introduction**. In: Chemical ecology of plants: Allelopathy in aquatic and terrestrial ecosystems, INDERJIT, MALLIK A.U., BIRKHÄUSER VERLAG (Eds.), Bas er-Boston-Berlin, 2002. p.1-5.

MANOEL, D.D.; DOICHE, C.F.R.; FERRARI, T.B.; FERREIRA, G. Atividade alelopática dos extratos fresco e seco de folhas de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) e pata-devaca (*Bauhinia forficata* link) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de tomate. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.1, p.63-70, 2009.

MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M.E.A. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Acta Botânica Brasília**, Brasília, v.20, n.1, p.61-69, 2006.

NERY, M.C.; CARVALHO, M.L.M. de; NERY, F.C.; PIRES, R.M. de O. Potencial alelopático de *Raphanus sativus* L. var. oleiferus. **Informativo abrates**, Londrina, v.23, n.1, p.15-20, 2013.

PERIOTTO, F.; PEREZ, S.C.J.G. de A.; LIMA, M.I.S. Efeito alelopático de *Andira humilis* Mart. ex Benth na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L.. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.18, n.3, p.425-430, 2004.

PESSOTTO, B.G.P.; PASTORINI, L.H. Análise da germinação de alface (*Lactuca sativa* L.) e tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sob a influência

alelopática do funcho (*Foeniculum vulgare* Mill.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, n.2, p.990-992, 2007.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; LOPES, B.M. Potencial alelopático de *Mimosa caesalpinaefolia* Benth sobre sementes de *Tabebuia alba* (Cham.) Sandw. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p.130-136, 2001.

REHMAN, S., HARRIS, P.J.C.; BOURNE, W.F.; WILKIN, J. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.25, n.1, p.45-57, 1996.

RICE, E. L. **Allelopathy**. London: Academic Press, 1984. 422p.

RODRIGUES, F.C.M.P.; LOPES, B.M. Potencial alelopático de *Mimosa caesalpinaefolia* Benth sobre sementes de *Tabebuia alba* (Cham.) Sandw. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p.130-136, 2001.

SOUZA, M.F.P.; YAMASHITA, O.M. Potencial alelopático da mucuna-preta sobre a germinação de sementes de alface e picão preto. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.4, n.1, p.23-28, 2006.

WANDSCHEER, A.C.D.; PASTORINI, L.H. Interferência alelopática de *Raphanus raphanistrum* L. sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. e *Solanum lycopersicon* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.949-953. 2008.

#### 4. CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições do presente estudo pode-se concluir que:

Para a caracterização morfológica de sementes de *P. alliacea*, observou-se que as formato oblongo e coloração castanho-acinzentada com quatro ganchos pontiagudos nas porções apical-lateral e uma cerda apical, sendo características diferenciais que podem contribuir em futuros estudos e identificação de sementes da espécie.

No desenvolvimento pós-seminal verificou-se a protusão da raiz primária aos sete dias após a semeadura, sendo a germinação do tipo epígea com plântulas fanerocotiledonares. Aos 120 dias as plantas de *P. alliacea* apresentam características peculiares como, venação do tipo camptódromo-broquidódromo, nervuras terciárias do tipo reticulado ortogonal, caule lenhoso com lenticelas, brotações oriundas de raiz e hábito herbáceo, características que podem ser utilizadas para a identificação e futuras pesquisas com a espécie.

Quanto aos aspectos fisiológicos da germinação de sementes de *P. alliacea* verificou-se que a germinação a máxima germinação ocorre na temperatura de 27,4°C e a faixa de germinação entre 20 e 35°C, sendo favorecida na presença de luz, não apresentando sincronização do processo germinativo.

*P. alliacea* apresentou alto limite de tolerância ao estresse osmótico simulado com PEG, possibilitando adaptação da mesma à regime hídrico escasso, verificando que nos potenciais osmóticos superiores à -0,4; -0,5 e -0,7 MPa nos agentes CaCl<sub>2</sub>, NaCl, e PEG, respectivamente, não ocorre germinação da espécie. O estresse osmótico simulado por soluções de CaCl<sub>2</sub> foi mais prejudicial aos demais agentes analisados.

O material vegetal fresco ou seco de *P. alliacea* apresenta indícios de fitotoxicidade sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de alface e sobre o desenvolvimento de plântulas de pepino, especialmente sob maiores concentrações dos extratos. O extrato fresco de raízes e seco de caule herbáceo afetaram mais a germinação de sementes de alface e pepino.