

CRISTINA RITA RADICS KOSZO

**Germinação de sementes de *Erythrina speciosa* Andr. e
Eugenia brasiliensis Lam. em meio ácido**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na área de Concentração de Plantas Vasculares em Análises Ambientais.

São Paulo

2006

CRISTINA RITA RADICS KOSZO

**Germinação de sementes de *Erythrina speciosa* Andr. e
Eugenia brasiliensis Lam. em meio ácido**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na área de Concentração de Plantas Vasculares em Análises Ambientais.

ORIENTADOR: Dr. CLAUDIO JOSÉ BARBEDO

Até cortar os próprios defeitos pode ser perigoso. Nunca se sabe qual é o defeito que sustenta nosso edifício inteiro.
(Clarice Lispector)

Ao Claudio J. Barbedo
que me estendeu a mão,
me orientou,
e me ensinou, como, e por que é preciso
que se faça aquela coisa que se acha que
não pode fazer.

Agradecimentos

Ao Fábio, meu amor, pelo carinho, ajuda, compreensão e paciência.

A minha amada irmã, por tudo, exceto por ter indo morar tão longe.

A Simone N. M. Leduc pela amizade e auxílio.

A minha sogra Walkíria, pela ajuda e inestimáveis dicas.

Ao meu sogro Romualdo, pelo apoio e incentivo.

Ao Moacir E. Hellmann pela amizade e pelos conselhos.

Aos colegas do Index Seminum, Márcio, Paulo, Igor, Ju, Juzinha, Carmem, pela amizade.

Aos meus pais, pela minha vida.

A Mirian C. Rinaldi pela co-orientação e acompanhamento durante a execução das análises bioquímicas.

Ao Marcos P. M. Aidar, pelo auxílio no delineamento experimental.

Aos professores do curso de pós-graduação do Instituto de Botânica, pelos conhecimentos transmitidos e pela cooperação.

Aos coordenadores do curso de pós-graduação, pela oportunidade.

A Amariles pela grande colaboração.

Aos Laboratórios das Seções de Sementes e Melhoramento Vegetal, Ecologia e Fisiologia e Bioquímica de Plantas, pela oportunidade de desenvolver os experimentos.

Ao Departamento de Parques e Áreas Verdes, da Prefeitura do Município de São Paulo, pelo fornecimento das sementes de *Erythrina speciosa*.

Ao Jardim Botânico de São Paulo, pela permissão para coleta de sementes de *Eugenia brasiliensis*.

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse concluído.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1 Germinação.....	2
1.1.1 Embebição	3
1.1.2 Fatores que atuam na germinação	4
1.2 Ácidos e acidez	9
1.3 Alumínio.....	13
1.4 Nitrogênio.....	15
1.5 Espécies estudadas.....	19
2. Objetivo	20
3. Material e métodos.....	21
3.1 Obtenção do material vegetal	21
3.2 Efeito direto da acidez e da concentração de alumínio sobre a germinação de sementes.....	22
3.3 Estimativa de absorção das soluções acidificantes	25
3.4 Efeito de diferentes fontes e doses de nitrogênio sobre a germinação das sementes.....	27
3.5 Efeito do potencial osmótico da solução sobre a germinação das sementes	28
3.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	29
4. Resultados e Discussão.....	30
4.1 <i>Cucumis sativus</i>	30
4.2 <i>Erythrina speciosa</i>	40
4.2 <i>Eugenia brasiliensis</i>	51
5. Conclusões.....	61
6. Literatura citada.....	61
Resumo.....	74
Abstract	76

Lista de Figuras

Figura	Página
1. Germinação de sementes de <i>Cucumis sativus</i> L. em soluções diluídas de ácido sulfúrico, ácido nítrico e cloreto de alumínio	31
2. Sementes mortas, plântulas anormais e plântulas normais de <i>Cucumis sativus</i> L., após germinação em meio ácido	33
3. Teor de água de sementes de <i>Cucumis sativus</i> L. inicial e após dois períodos de embebição	34
4. Germinação de sementes de <i>Cucumis sativus</i> L. em soluções de polietileno glicol 6000 com diferentes potenciais osmóticos	35
5. Média de absorção de alumínio, enxôfre e nitrogênio pelas sementes de <i>Cucumis sativus</i> L. antes e após dois períodos de embebição nas soluções de cloreto de alumínio, ácido sulfúrico e ácido nítrico	38
6. Germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Cucumis sativus</i> L. em substrato umedecido com água destilada ou com soluções nitrogenadas	39
7. Germinação de sementes de <i>Erythrina speciosa</i> Andr. em soluções diluídas de ácido sulfúrico, ácido nítrico e cloreto de alumínio	41
8. Sementes mortas, plântulas anormais e plântulas normais de <i>Erythrina speciosa</i> Andr. após a germinação em meio acidificado	42
9. Média de absorção de alumínio, enxofre e nitrogênio pelas sementes de <i>Erythrina speciosa</i> Andr. antes e após dois períodos de embebição nas soluções de cloreto de alumínio, ácido sulfúrico e ácido nítrico	43
10. Teor de água de sementes de <i>Erythrina speciosa</i> Andr. inicial e após dois períodos de embebição em água ou em soluções de ácido sulfúrico, ácido nítrico e cloreto de alumínio	45
11. Germinação de sementes de <i>Erythrina speciosa</i> Andr. em soluções de polietileno glicol 6000 com diferentes potenciais osmóticos	46
12. Massas fresca e seca totais e altura da parte aérea de plântulas de <i>Erythrina speciosa</i> Andr. oriundas do teste de germinação das sementes em meio acidificado com H_2SO_4	47
13. Massas fresca e seca totais e altura da parte aérea de plântulas de <i>Erythrina speciosa</i> Andr. oriundas do teste de germinação das sementes em meio acidificado com HNO_3	48
14. Massas fresca e seca totais e altura da parte aérea de plântulas de <i>Erythrina speciosa</i> Andr. oriundas do teste de germinação das sementes em meio acidificado com $AlCl_3$	49
15. Germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Erythrina speciosa</i> Andr. em substrato umedecido com água destilada ou com soluções nitrogenadas	50
16. Germinação de sementes de <i>Eugenia brasiliensis</i> Lam. em soluções diluídas de ácido sulfúrico, ácido nítrico e cloreto de alumínio	52
17. Sementes mortas, plântulas anormais, plântulas normais e sementes que emitiram raiz primária de <i>Eugenia brasiliensis</i> Lam. após germinação em meio acidificado	53

18. Média de absorção de alumínio, enxofre e nitrogênio pelas sementes de <i>Eugenia brasiliensis</i> Lam. antes e após dois períodos de embebição nas soluções de cloreto de alumínio, ácido sulfúrico e ácido nítrico	54
19. Massas fresca e seca totais e altura da parte aérea de plântulas de <i>Eugenia brasiliensis</i> Lam. oriundas do teste de germinação das sementes em meio acidificado com H_2SO_4	55
20. Massas fresca e seca totais e altura da parte aérea de plântulas de <i>Eugenia brasiliensis</i> Lam. oriundas do teste de germinação das sementes em meio acidificado com HNO_3	56
21. Teor de água de sementes de <i>Eugenia brasiliensis</i> Lam. inicial e após dois períodos de embebição em água ou em soluções de ácido sulfúrico, ácido nítrico e cloreto de alumínio	59
22. Germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Eugenia brasiliensis</i> Lam. em substrato umedecido com água destilada ou com soluções nitrogenadas	60

1. INTRODUÇÃO

A germinação das sementes é o primeiro estágio de desenvolvimento das plantas e as condições ambientais durante essa fase podem afetar o estabelecimento das comunidades vegetais. Dentre essas condições, muitas estão relacionadas com as propriedades do solo no qual a semente é dispersa.

O solo exerce influencia direta sobre a germinação das sementes e o metabolismo da planta, através de sua composição física e química. Dentre as propriedades químicas, a acidez do solo é uma característica muito comum em diversas partes mundo e, principalmente, nas regiões tropicais.

A acidez do solo e os demais fatores associados são considerados limitantes ao desenvolvimento das espécies vegetais, pois a concentração hidrogeniônica no ambiente da planta é um dos fatores que afeta sua distribuição. Assim, a distribuição das espécies vegetais apresenta correlação com as propriedades do solo (Bigelow & Canham 2002). A diferença nas formações vegetais, com relação ao gradiente de pH do solo, é resultado de uma seleção natural, na qual as espécies resistentes à acidez têm vantagens competitivas em relação às demais.

As respostas vegetais variam não apenas entre as espécies, mas entre indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento (Rorison 1972). De acordo com Isselin *et al.* (2004) espécies de estágios sucessionais tardios tendem a apresentar maior suscetibilidade a compostos químicos do solo que espécies de estágios sucessionais iniciais. A razão pela qual as espécies respondem diferentemente às condições do solo é desconhecida (Black 1968).

Alguns processos naturais são alterados pela acidez, como por exemplo, o entumescimento da semente, que depende do pH da solução (Mayer & Poljakoff-Mayber 1963, Zammit & Zedler 1988) ou o próprio metabolismo celular vegetal, que é dependente da concentração hidrogeniônica (Larcher 2000).

Algumas sementes são incapazes de completar a germinação, devido à dormência por impermeabilidade do tegumento à água, que pode ser eliminada por fatores externos, naturais ou artificiais (Bewley 1997).

Em laboratórios de pesquisa, é comum a utilização de ácidos concentrados com a finalidade de simular condições ambientais de superar a dormência devido à impermeabilidade do tegumento e promover a germinação da semente. Contudo, a ação residual do ácido sobre as sementes, seja por meio de sua própria embebição seja pela insuficiente retirada do excesso pela lavagem das sementes, é pouco descrita na literatura. Assim, apesar de amplamente utilizados, os efeitos dos ácidos sobre a germinação das sementes não estão elucidados. Além disso, os próprios eventos decorrentes da acidez do meio sobre a germinação das sementes não foram conclusivamente estudados.

1.1 Germinação

O conhecimento dos principais processos envolvidos na germinação de sementes de espécies florestais nativas é de vital importância (Smiderle & Souza 2003), não apenas no que se refere à preservação das comunidades vegetais, mas no que tange as pesquisas relacionadas à conservação genética e aos estudos que visam à propagação das espécies, tanto em intentos paisagísticos, como em projetos que objetivam o reflorestamento.

Considerando que as sementes não são dormentes, a germinação é a componente chave para a emergência da plântula (Forcela *et al.* 2000).

A germinação de sementes de plantas superiores, entre outros aspectos, pode didaticamente ser dividida em etapas (Mayer & Poljakoff-Mayber 1963). A primeira etapa, numa semente ortodoxa, é a absorção de água (embebição). A última, tanto numa semente ortodoxa quanto numa recalcitrante, ocorre quando uma parte do embrião, geralmente a radícula, estende-se de modo a penetrar na estrutura que a circunda (Bewley 1997). Este processo é considerado germinação, de acordo com o critério botânico ou morfológico (Borghetti & Ferreira 2004),

quando acompanhado de algum sinal de metabolismo ativo (Cardoso 2004). O momento exato do final do processo é particularmente difícil de se definir. Devido a isso considera-se a protrusão da radícula como etapa final da germinação.

1.1.1. Embebição

A primeira mudança observada quando as sementes são dispostas a germinar é a absorção de água, denominada embebição (Mayer & Poljakoff-Mayber 1963). A introdução de água durante a embebição em uma semente ortodoxa é suficiente para a reativação das atividades metabólicas (Bewley 1997) e para o reinício do crescimento e desenvolvimento do embrião de uma semente quiescente (Osborne 1983).

A embebição das sementes inclui dois processos simultâneos: a entrada de água na semente e o entumescimento do material interno (Leopold 1983), consistindo em um tipo especial de difusão provocada pela atração entre moléculas de água e a superfície matricial (Marcos Filho 2005).

Ao monitorar o conteúdo de água de sementes ortodoxas secas submetidas a embebição em água, muito freqüentemente se observa um padrão típico trifásico de absorção e hidratação (Bewley & Black 1978, Castro *et al.* 2004). O período inicial da embebição, quando o embrião começa a absorver água (fase I), apresenta-se meramente como uma hidratação das paredes celulares e colóides citoplasmáticos (Osborne 1983). De acordo com Leopold (1983), a embebição dos polímeros apresenta atividade máxima durante a fase inicial da germinação, diminuindo na medida em que o entumescimento é máximo.

Essa fase é dirigida, sobretudo, pelo potencial matricial da semente seca, considerado um processo puramente físico (Castro *et al.* 2004) que pode, todavia, refletir apenas na capacidade de penetração da água num tecido seco (Osborne 1983). Sendo assim, é um processo que ocorre em qualquer material, morto ou vivo, que contenha sítios de ligação ou afinidade pela água (Mayer & Poljakoff-Mayber 1963).

A segunda fase (fase II) é caracterizada por uma baixa absorção de água; aparentemente um platô dirigido pelo potencial osmótico. Fase conhecida como intervalo ou fase de preparação e ativação do metabolismo, neste período as células das sementes não podem mais absorver água porque não podem mais expandir. Nesta etapa, são ativados os processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião e a conclusão do processo germinativo (Castro *et al.* 2004).

A semente volta a absorver água com intensidade na terceira fase, concomitantemente com a protrusão da radícula.

A hidratação dos tecidos durante a embebição promove, dentre outros eventos, reorganização de organelas e membranas, aumento na atividade respiratória, síntese e consumo de ATP, síntese de proteínas e de mRNAs (Borghetti 2004), síntese e ativação de várias enzimas, resultando na mobilização de reservas (Perez 2004).

A taxa inicial de embebição pode variar extensamente, dependendo das características do envoltório do embrião. O valor da taxa de embebição é geralmente expresso em porcentagem de água, correspondendo à quantidade de água que as sementes absorveram durante o período em que tiveram disponibilidade hídrica. A disponibilidade hídrica do meio pode ser alterada com o excesso de sais (Foolad *et al.* 1999) e o elevado conteúdo de sais do solo, pode inibir a germinação principalmente devido ao seu efeito osmótico (Mayer & Poljakoff-Mayber 1963).

O efeito osmótico da adição de sais à solução do solo consiste na diminuição do potencial hídrico do meio, indisponibilizando água ao processo germinativo das sementes. Um dos métodos mais difundidos para determinação da tolerância das plantas ao excesso de sais é a observação da porcentagem de germinação das sementes em substrato salino (Torres *et al.* 2000).

1.1.2 Fatores que atuam na germinação

A regeneração de comunidades vegetais a partir de sementes depende, em grande parte, de condições fisiológica apropriada da semente para a germinação (Borghetti 2004).

As sementes viáveis, da maioria das espécies, quando colocadas sob condições ideais ao

teste de germinação, germinam prontamente (Lopes *et al.* 1998a). Este potencial germinativo aliado à capacidade que a semente viável tem de produzir uma nova planta, são determinados por características genéticas e regulados por fatores ambientais. Contudo, sementes viáveis, não hidratam-se, mesmo quando as condições ambientais são aparentemente favoráveis à este processo (Rolston 1978, Koornneef *et al.* 2002). Sementes neste estado fisiológico são consideradas dormentes (Borghetti 2004, Perez 2004, Bradford 2005).

A dormência das sementes consiste na incapacidade de germinação do embrião devido a algum problema inerente à semente (Zaidan & Barbedo 2004), ocasionado por uma espécie de restrição interna ou sistêmica (Cardoso 2004). Consiste em uma característica adaptativa complexa, que envolve diversos genes (Koornneef *et al.* 2002), influenciada substancialmente pelo ambiente durante o desenvolvimento das sementes (Baskin & Baskin 2004).

De acordo com Hilhorst (1995) um sistema geralmente aceito a respeito da classificação da dormência, distingue dois tipos de dormência: a primária e a secundária. A dormência primária, de acordo com a definição apresentada por Carvalho & Nakagawa (1983), é uma característica que ocorre invariavelmente nas sementes de determinada espécie; instala-se durante as fases de desenvolvimento e, ou, de maturação das sementes (Cardoso 2004).

Dentre os tipos de dormência primária, a comumente denominada como dormência imposta pela casca, dormência física, ou mesmo sementes de tegumento duro, é caracterizada pela capacidade dos envoltórios da semente em controlar a germinação. (Bewley & Black 1985).

Segundo Hilhorst (1995), os princípios do mecanismo apresentado por sementes com tegumento duro são claros, ou o tegumento fornece resistência mecânica ou apresenta impermeabilidade a gases ou a água. Neste último caso, o tegumento da semente é responsável pelo controle da absorção de água, freqüentemente representando uma barreira impermeável temporária (Souza & Marcos Filho 2001) que a impede de iniciar a hidratação, restringindo assim os processos físicos e as reações metabólicas básicas da germinação (Borges *et al.* 2004).

A impermeabilidade do tegumento a água é um tipo de dormência bastante comum, mesmo entre as essências florestais (Eira *et al.* 1993, Perez *et al.* 1999). Está presente em cerca de 63% das espécies brasileiras (Cardoso 2004), ocorrendo principalmente em leguminosas (Colbry *et al.* 1961). Segundo Rolston (1978), dentre as 260 espécies de leguminosas estudadas, cerca de 85% apresentavam esta característica. De acordo com Baskin *et al.* (2000) está presente em 9 ordens e 15 famílias dentre as angiospermas.

Considerando a sua importância ecofisiológica, a dormência pode ser descrita como mecanismo adaptativo com vantagens evolutivas para as espécies, porque proporciona a elas grande poder competitivo. Possibilita que a semente inicie a germinação quando as condições ambientais favorecem a sobrevivência das plântulas, constituindo num mecanismo de resistência, que permite às espécies sobreviverem às fases inadequadas ao seu crescimento (Perez & Prado 1993, Perez 2004, Marcos Filho 2005), favorecendo assim sua perpetuação (Lopes *et al.* 1998b).

Embora seja um mecanismo eficiente para garantir a sobrevivência e perpetuação da espécie, a dormência constitui um fator limitante à propagação da semente (Lopes *et al.* 1998a).

As sementes que possuem dormência, devido a alguma restrição ao processo de difusão da água para o seu interior, germinam somente se este impedimento cessar. Experimentalmente é inconveniente esperar que a dormência das sementes cesse (Mayer & Mayber-Poljakoff 1963); um método alternativo, para solucionar o problema consiste na quebra ou na superação da dormência. Os métodos de quebra de dormência podem ser definidos como processos de escarificação, termo que se refere a qualquer tratamento que resulte na ruptura ou no enfraquecimento do tegumento (Jeller & Perez 1999), de modo a permitir a embebição e posterior germinação (Nassif & Perez 1977).

Um tratamento de superação de dormência é uma simulação das condições ambientais por que passam as sementes no seu “habitat” natural (Garcia & Basseggio 1999). Na natureza o bloqueio que a semente impõe à entrada de água é eliminado com mudanças de temperatura,

com a ação do fogo, passagem pelo trato digestivo de animais, por meio da desidratação e por intermédio da ação natural da acidez do solo e da ação de microrganismos (Toole *et al.* 1956, Guimarães *et al.* 1995, Baskin *et al.* 2000).

Em laboratórios de pesquisa, foram desenvolvidos mecanismos artificiais para remover a dormência imposta pelo envoltório. Os métodos de superação de dormência em laboratório procuram limitar-se a técnicas práticas, rápidas, de fácil execução, que não exijam de equipamentos, e que sejam apropriadas para uma boa desenvoltura das sementes em campo (Colbry *et al.* 1961).

Para cada tipo de dormência e para cada condição na qual as sementes estão inseridas, haverá um ou mais métodos mais adequados e eficientes (Zaidan & Barbedo 2004). As sementes podem tornar-se permeáveis através de tratamentos químicos, térmicos ou mecânicos (Maeda & Pereira 1987), os métodos a serem empregados, dependem diretamente do mecanismo (Lopes *et al.* 1998b) e do grau da dormência que a semente apresenta (Passos *et al.* 1988), a eficácia e resultados, podem variar conforme a espécie (Ribas *et al.* 1996, Garcia & Baseggio 1999) ou mesmo dentro da mesma espécie.

Um tratamento inadequado pode acarretar em redução na porcentagem de germinação das sementes (Ren & Tao 2004), ou na formação de plântulas anormais, considerando que o grau de dormência varia entre as sementes dispersas (Bewley & Black 1985).

Dentre os métodos de escarificação, o uso de ácidos é indicado (Zaidan & Barbedo 2004) por promover a permeabilidade do tegumento à água e aos gases (Marcos Filho 2005).

Trabalhos experimentais, que se baseiam no uso do ácido sulfúrico, têm sido elaborados com o intuito de promover a germinação de sementes de gramíneas forrageiras (Meschede *et al.* 2004), de espécies arbustivas (Coelho *et al.* 2000) e arbóreas (Castelani & Aguiar 1977, Santarem & Aquila 1995, Perez *et al.* 1999, Cruz *et al.* 2001). Em muitos casos a eficiência é nítida, em outros o efeito é irrelevante e em alguns casos a ação degenerativa do processo é

evidente (Rodrigues *et al.* 1990, Torres & Santos 1994, Dehgan *et al.* 2003, Smiderle & Souza 2003). Borges *et al.* (2004) observaram que a eficiência do tratamento está relacionada, dentre outros fatores ao tempo de exposição.

A germinação de sementes quiescentes também ocorre usualmente em resposta a múltiplos fatores ambientais (Bell *et al.* 1999). Para que ocorra a germinação, as condições ambientais precisam ser favoráveis (Mayer & Poljakoff-Mayber 1963, Cardoso 2004). A combinação de fatores necessários para o processo germinativo há muito vem sendo estudada (Toole *et al.* 1956), verificando-se que o conjunto específico de condições para a germinação está relacionado às características particulares de cada espécie (Castro *et al.* 2004).

Fatores como a temperatura, a luz, a disponibilidade hídrica na germinação foram amplamente estudados (Toole *et al.* 1956, Koller *et al.* 1962, Mayer & Shain 1974) mas pouca atenção tem sido dada às condições químicas do meio.

As condições químicas do meio podem agir de duas formas sobre a germinação das sementes: ou seu efeito é benéfico e resulta na ativação das reações metabólicas requeridas para a conclusão do processo, ou seu efeito é nocivo e inibe ou reduz a germinação.

A redução da germinação pode ser resultado de estresse ambiental (Foolad *et al.* 1999). O estresse pode ser definido como qualquer fator que exerça influencia desvantajosa sobre a planta (Taíz & Zeiger 2004).

Em certos casos, a lixiviação do solo resulta em solos tão ácidos que a germinação e o crescimento de espécies arbóreas tornam-se impossíveis (Kurz 1930). Por esta razão, estudos fitotóxicos dependem da avaliação de respostas germinativas que estão relacionadas à taxa, velocidade e porcentagem de germinação (Dias 2000).

A natureza do solo freqüentemente afeta a germinação (Mayer & Poljakoff-Mayber 1963). Segundo Salter & McIlvaine (1920), altas concentrações de ácido inibem a germinação. A acidificação e a calagem do solo apresentam, de acordo com Olsson & Kellner (2002), efeito

relevante sobre a germinação de sementes. Isselin *et al.* (2004), baseado em seus resultados, afirmaram que a natureza química do solo afeta a germinação, agindo tanto na porcentagem final quanto na duração do processo. Contudo, existem divergências entre os autores, pois notam-se variações na resposta germinativa ao pH entre as diferentes espécies e, algumas vezes, dentro da mesma espécie (Stubbendieck 1974, Redmann & Abouguendia 1979).

1.2. Ácidos e acidez

Num plantio misto ou sob condições naturais, em que o homem não age especificamente na estrutura da composição vegetal, a competição entre as espécies pode resultar num padrão de vegetação que varia de acordo com a acidez do solo (Black 1968).

O histórico dos estudos da acidez do solo com relação à distribuição da vegetação é um tema ecofisiológico antigo. Segundo Rorison (1972), uma das primeiras considerações foi realizada por Unger em 1836, em seu livro “Über den einfluss des bodens auf die verteilung der gewächse nachgewiesen in der vegetation Nordöstlichen Tirols”, em que o autor descreve as características fisionômicas da vegetação predominante em solos calcários, comparativamente com a formação vegetal presente em solos ácidos.

Aparentemente a primeira publicação a respeito desse assunto, em inglês, consta no trabalho de Wherry, de 1916 (Kurz 1930), no qual foi descrito um método moderno de avaliação da acidez do solo concernente ao problema da distribuição da vegetação.

Até aquele momento e durante boa parte do século XIX, as principais diferenças entre os solos eram consideradas físicas. Contudo, com o rápido desenvolvimento das técnicas experimentais no início do século XX, houve interesse dos pesquisadores e para as propriedades químicas do solo, em particular para os estudos das influências do pH e do íon cálcio (Rorison 1972).

Sabe-se, há muitos anos, que os solos podem apresentar reações ácidas, neutras ou alcalinas (Mello *et al.* 1985). Contudo, com raras exceções, as soluções dos solos tendem a

acidificar-se (Kurz 1930).

Solos podem ser naturalmente ácidos, devido aos materiais de origem (baixos teores de bases catiônicas) ou às condições de pedogênese que favorecem a remoção de elementos químicos do solo (Raij 1987). Os elementos alcalinos removidos das áreas de troca catiônica são substituídos nos colóides pelos íons H^+ , favorecendo assim a acidificação do solo. Esta remoção ocorre principalmente devido à lixiviação causada pela precipitação pluviométrica.

A acidez do solo é avaliada na forma de concentração de íons hidrogênio, geralmente expressa em pH ($pH = \log (1/[H^+])$, onde $[H^+]$ é referente a concentração de íons em mols), que define a acidez ou alcalinidade relativa de uma substância (Lopes *et al.* 1998a).

Este valor é então representado como uma unidade numa escala logarítmica em uma amplitude de 0 a 14. Solos com níveis abaixo de 7,0 são denominados ácidos, acima de 7,0 são considerados básicos ou alcalinos e iguais a 7 neutros (Raij 1987). O significado prático das unidades desta escala é que cada mudança no valor da unidade de pH representa uma variação de dez vezes no grau de acidez ou alcalinidade. Os valores de pH há muito têm sido usados, segundo Black (1968), tanto para a caracterização do solo como para determinar a intensidade de sua acidez.

De acordo com Raij (1987), o H^+ do solo é derivado de diversas fontes: da água presente no solo, da chuva que é caracteristicamente ácida, da superfície do sistema radicular, de ácidos solúveis que resultam da oxidação de determinados íons, e dos fertilizantes, dentre os quais os nitrogenados são os de maior importância. A disponibilidade de nutrientes e a decomposição da matéria orgânica podem resultar em vários ácidos, minerais e orgânicos, como H_2SO_4 e HNO_3 (Mello *et al.* 1985).

Estes íons H^+ do solo, segundo Mello *et al.* (1985), podem estar em diversos estados, todos contribuindo para a acidez do solo. Existem aqueles livres em solução (responsáveis pela acidez ativa), os adsorvidos na superfície das partículas coloidais, assim como os combinados,

que são responsáveis pela denominada acidez potencial, como por exemplo aqueles presentes nos compostos orgânicos e nos monômeros e polímeros de alumínio.

Embora haja variação espacial e temporal no pH dos solos (Conyers *et al.* 1997), quando a vegetação está presente, os valores tendem a oscilar dentro de uma faixa geralmente limitada por pH entre 4,0 e 8,0 (Redman & Abouguendia 1979).

Espécies e ecótipos podem ser classificadas ecofisiologicamente de acordo com sua distribuição nos diferentes tipos de solo (Marschner 1986). Deste modo, termos como calcícolas ou acidófitas e calcifugas ou acidófilas, estão relacionados com a intolerância a solos ácidos e tolerância, respectivamente. As espécies tendem a apresentar respostas adaptativas similares a determinados fatores, independentemente de suas relações filogenéticas e do ecossistema em que ocorrem (Melo *et al.* 2004).

Contudo, embora muitos estudos já tenham sido realizados (Salter & McIlvaine 1920, Kurz 1930, Stubbendieck 1974, Zammit & Zedler 1988, Isselin *et al.* 2004), o efeito do pH sobre a vegetação não está completamente elucidado. Alguns autores consideram o pH como importante fator, outros acreditam que sua influência é indireta (Salter & McIlvaine 1920, Kurz 1930). Diversos autores afirmam que o efeito da acidez pode ser resultado de uma influência direta do íon H^+ (Kidd & Proctor 2001, Olsson & Kellner 2002). Contudo, a ação indireta da acidez do solo sobre o desenvolvimento vegetal parece bem menos discutível.

A acidez do solo afeta o crescimento das plantas de várias formas (Lopes *et al.* 1998a). O efeito indireto da reação do solo sobre o desenvolvimento vegetal é devido a várias influências que exerce sobre a disponibilidade de nutrientes (Fagearia 2000), atividade de microrganismos do solo (Rorison 1972) e sobre a toxidez devido à alta solubilidade de alguns elementos (Ma & Furukawa 2003).

Parece provável que o crescimento deficiente das plantas não resulte diretamente das injúrias causadas pelo íon H^+ (Gerloff 1963). Evidências indicam que os tecidos vegetais toleram

acidez de igual ou maior intensidade do que aquela comumente encontrada em solos ácidos. Experimentos feitos em soluções nutritivas mostram que as plantas desenvolveram-se em pH de 3,0 a 9,0, desde que disponham de nutrientes assimiláveis (Mello *et al.* 1985), permitindo a inferência de que a atividade do íon hidrogênio em solos ácidos não é especificamente tóxica para as plantas (Black 1968).

A acidificação do solo tem implicações na aquisição de nutrientes (Kidd & Proctor 2000). O pH, controlando a solubilidade dos nutrientes no solo, culmina na considerável influência sobre a absorção dos mesmos (Mello *et al.* 1985, Fagearia 2000). As disponibilidades de fósforo (P) e de molibdênio (Mo), por exemplo, são reduzidas, há um aumento na tendência de lixiviação de potássio (K) e a fixação simbiótica de nitrogênio (N) pelas leguminosas é severamente reduzida, o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) encontram-se em grande parte insolubilizados e o processo de mineralização do enxofre (S) também é problema em solos muito ácidos (Mello *et al.* 1985).

O efeito da acidez do solo sobre a disponibilidade de nutrientes pode ser designado como não específico ou específico de acordo com a sua natureza (Black 1968). Talvez o efeito não específico mais importante, segundo o autor, está associado com a inibição do crescimento radicular, que evidentemente limita a absorção de nutrientes. Já, com relação aos efeitos específicos, menciona-se que o pH possui a capacidade de afetar a solubilidade dos nutrientes (Rorison 1972) e de impedir a absorção de cátions.

Concernente à absorção de cátions, Black (1968) propõe duas teorias: ou o íon H^+ exerce poder competitivo com os cátions pelas áreas de ligação, ou pode danificar o mecanismo de absorção, de forma irreversível ou parcialmente reversível.

Aliada à indisponibilização de elementos químicos indispensáveis, a presença de cátions polivalentes na forma iônica tóxica, em solos com pH inferior a 5,0, é a maior causa da incapacidade de sobrevivência da maioria das plantas (Rorison 1972).

O alumínio é um exemplo de elemento que se torna disponível em pH baixos, solubilizando-se a ponto de exercer efeito tóxico sobre o desenvolvimento das espécies vegetais (Rout *et al.* 2001, Ma & Furukawa 2003)

1.3. Alumínio

O elemento químico mais abundante na crosta terrestre é o oxigênio, seguido pelo silício e pelo alumínio (Larcher 2000). Considerando-se apenas os metais, o alumínio é o mais abundante (Nagy *et al.* 2004), compreendendo mais de 7% da crosta terrestre. Contudo a maior parte ocorre na forma de inofensivos óxidos ou silicatos de alumínio (Ma *et al.* 2001). Quando o solo torna-se ácido, o alumínio é solubilizado para Al^{3+} (Salter & Mc Ilvaine 1920, Brady 1979) considerada a forma mais tóxica do elemento, devido à hidrólise do Al (Ma & Furukawa 2003). Portanto, a fitotoxidez do Al está em uma relação de dependência com o pH da solução do meio (Godbold *et al.* 1995).

Em estudo comparativo, esses autores observaram queda de $60mg\ L^{-1}$ de alumínio na fase aquosa quando o pH foi neutralizado, com NaOH, de 2,6 a 4,5. De acordo com Wang *et al.* (2004), o efeito do Al sobre o crescimento e a produção vegetal é maior quando o pH do solo é inferior a 5,0.

A toxidez de alumínio é o fator limitante mais importante para o crescimento das plantas em solos muito ácidos (Lopes *et al.* 1998b). As maiores mudanças na produtividade vegetal estão associadas com as mudanças no conteúdo de alumínio da solução do solo (Kochian 1995), e não com o pH, com o cálcio ou com o conteúdo de magnésio (Black 1968).

O efeito primário é sobre as raízes (Miyasaka & Hawes 2001), o Al age sobre o alongamento (Kochian 1995, Yamamoto *et al.* 2002) e principalmente no processo de divisão celular (Ma *et al.* 2001), por interferir segundo (Plieth *et al.* 1999) na homeostase de Ca^{2+} , ou por se ligar intimamente ao DNA (Vitorello *et al.* 2005).

As membranas celulares alteram-se quando expostas à concentrações de Al. Uma das

observações mais comuns é o aumento da permeabilidade, que pode resultar em efluxo de solutos do interior (Vitorello *et al.* 2005) a peroxidação lipídica consiste também em um dos primeiros efeitos sobre a bicamada (Shomer *et al.* 2003). O potencial elétrico da parede é alterado, além disso o Al atua degenerando os canais das proteínas de membranas (Plieth *et al.* 1999), interferindo nas trocas iônicas, que refletem em distúrbios no status nutricional (Kidd & Proctor 2000). A absorção, a translocação e o metabolismo do fosfato em plantas superiores é um dos exemplos deste distúrbio (Mengel & Kirkby 1987).

A interação do Al nas reações bioquímicas internas, que alteram os processos fisiológicos, pode resultar em injúrias como enrolamento de folhas novas e colapso do pecíolo, clorose, redução no crescimento, significativa alteração na morfologia da raiz (Kidd & Proctor 2000, Rout *et al.* 2001) como, por exemplo, as resultantes da inibição do desenvolvimento de raízes laterais (Foy *et al.* 1978).

Todavia, a ação degenerativa do Al é relativa a diversas variáveis, dentre elas a espécie vegetal em estudo, a espécie química disponível no ambiente, fatores edáficos que podem intensificar ou atenuar seu efeito e se o elemento age individualmente ou de forma combinada com outro componente.

Em condições de acidez elevada, o alumínio surge em solução, na forma de cátion trocável Al^{3+} , às custas da dissolução de minerais (Raij 1987). Sua conformação pode ser exemplificada como um complexo no qual um átomo central de alumínio está ligado aos átomos de oxigênio de seis moléculas de águas circundantes numa configuração octaédrica (Black 1968).

Um ácido é uma substância que libera íons hidrogênio (H^+). A principal fonte de hidrogênio, na maioria dos solos com pH menor que 5,5 é a reação de alumínio com a água, como mostrado na equação: $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_2 + \text{H}^+$ (Lopes *et al.* 1998b). Assim, o íon alumínio hidratado Al^{3+} é um ácido, num sentido geral, por possuir prótons (íons hidrogênio)

removíveis (Black 1968).

Há algum tempo pesquisadores vêm se dedicando ao estudo dos efeitos do Al, contudo os mecanismos envolvidos na fitotoxidez ainda não foram totalmente esclarecidos (Marschner 1986, Kochian 1995, Yamamoto *et al.* 2002). As contradições existentes no que se refere aos mecanismos que envolvem os tipos de alumínio não se resumem ao efeito tóxico de cada um, mas também ao comportamento destes quando inter-relacionadas às condições edáficas do ambiente em questão, principalmente em relação à acidez do solo.

Há evidências da absorção de elementos tóxicos do solo, como o Al, pelas plantas (Yamamoto *et al.* 2002, Wang *et al.* 2004). Segundo Larcher (2000), as células vegetais não podem excluir totalmente os sais que não são necessários ou são tóxicos, mesmo se causarem injúrias. Por este fato, concentrações de Al, Fe e Mn acima da média são encontrados em plantas sobre solos ácidos.

A acidez pode, ainda, afetar o desenvolvimento de organismos, em particular daqueles responsáveis por transformar e acumular nitrogênio (Salter & Mc Ilvaine 1920).

1.4. Nitrogênio

Há muito tempo se sabe que o nitrogênio tem influência na germinação (Koller *et al.* 1962) e tem sido utilizado na promoção da germinação de sementes sob a forma de nitrato de potássio (Garcia & Cicero 1992, Toledo *et al.* 1994, Faron *et al.* 2004). A adição de nitrato por meio de soluções diluídas de KNO_3 , também é eficiente (Colbry *et al.* 1961, Lopes *et al.* 1998a, Meschede *et al.* 2004).

A relação do nitrogênio com a germinação da semente apresenta diversos aspectos ecológicos. A estimulação da germinação pelo nitrato pode estar associada com um artifício de sobrevivência. O nitrato pode operar como um mecanismo de detecção de “microáreas” adequadas para a germinação, onde não há um grande número de espécies potencialmente competidoras “Gap Detection Mechanism” (Pons 1989). Segundo Bell *et al.* (1999), o nitrato

possui a capacidade de estimular a germinação em condições que resultem em maior sobrevivência das plântulas.

O nitrato de potássio (KNO_3) promove a germinação de uma ampla gama de sementes na ausência de luz (Mayer & Poljakoff-Mayber 1963). Contudo há evidências que diferentes fontes nitrogenadas atuam de formas diferentes sobre o potencial germinativo das sementes podendo em alguns casos exercer efeito inibitório na capacidade germinativa (Bungard *et al.* 1997, Fleck *et al.* 2001).

Embora ainda haja um contínuo debate a respeito da organização da comunidade vegetal em relação ao gradiente de pH do meio ambiente, Bigelow & Canham (2002), a necessidade que as plantas possuem com relação ao nitrogênio é uma questão bem estabelecida.

O nitrogênio (N) é um macronutriente primário essencial para as plantas (Oliveira *et al.* 2003). Sua principal função é servir como componente para a constituição de proteínas e ácidos nucleicos (Marschner 1986). O conteúdo de nitrogênio em sementes, além de proteínas e ácidos nucleicos, compreende certa quantidade de aminoácidos livres e amidas (Mayer & Poljakoff-Mayber 1963).

Dentre os nutrientes, o nitrogênio é o elemento que normalmente regula a produção da biomassa vegetal nos ecossistemas de florestas temperadas (Ek *et al.* 1994) e também é considerado o elemento nutritivo que, com maior frequência, limita o rendimento produtivo nos trópicos (Sánchez 1981). Segundo Brady (1979), o nitrogênio pode ser considerado componente crítico, face às pequenas quantidades disponíveis. A quantidade de N disponível no solo sempre é pequena comparada com a quantidade total no globo terrestre: 5% ou menos em geral (Mello *et al.* 1985).

O nitrogênio está presente no solo sob diferentes formas, desde a orgânica até a elementar (N_2), esta na forma gasosa e dissolvido na água (Black 1968). Uma vez que a maior parte do nitrogênio do solo é encontrado na matéria orgânica, e a assimilação pelas plantas só é possível

por meio de formas inorgânicas combinadas (Raij 1987), é preciso que ocorra a decomposição desta, para que o mineral esteja disponível para a assimilação vegetal (Sánchez 1981).

Nas formas inorgânicas, o N ocorre no solo como óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO_2), amônia (NH_3), amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). As quatro primeiras citadas são gases e geralmente não estão presentes em concentrações suficientemente elevadas para serem detectadas. Já, as três últimas, são formas iônicas e estão presentes na solução do solo como resultado da atividade microbiana (Black 1968). Muitos grupos de microorganismos do solo são capazes de efetuar certos tipos de transformações químicas durante o processo de decomposição (Mello *et al.* 1985).

A atividade de decomposição dos microorganismos regula, principalmente, a mineralização do nitrogênio. Entende-se por mineralização do N a passagem do N contido em combinações orgânicas para formas minerais assimiláveis, como o NH_4 , NO_2 e NO_3 , (Sánchez 1981, Mello *et al.* 1985). A amonificação, transformação do nitrogênio orgânico em amônio ($\text{N-Org} \rightarrow \text{NH}_4$) consiste no primeiro passo do processo microbiológico da mineralização, assim, os sais de amônio são os primeiros compostos nitrogenados inorgânicos produzidos mediante digestão microbiana (Brady 1979), esta etapa não requer a participação de um tipo exclusivo de organismo e, desta forma, o processo pode ser conduzido por muitos tipos diferentes de organismos (Black 1968).

O nitrogênio que é liberado na forma de amônio das formas orgânicas do solo pode manter-se como amônio ou alteram-se (Black 1968). Em condições adequadas de aeração e de pH não muito baixo, o amônio é rapidamente convertido em nitrato ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$) e esta última etapa é realizada exclusivamente por dois grupos de organismos *nitrossomonas* e *nitrobacters* (Raij 1987).

A taxa de mineralização depende, entre outros fatores, do pH (Black 1968, Sánchez 1981, Larcher 2000). Os processos microbiológicos de transformação do amônio em nitrato são

influenciados pelas condições do solo. A decomposição ocorre mais lentamente nos solos ácidos do que nos neutros (Brady 1979, Mello *et al.* 1985). A velocidade desta decomposição depende da facilidade com que o material orgânico original pode ser decomposto, de suas características químicas, dos fatores climáticos, bem como do pH do meio onde ocorrerá a decomposição (Larcher 2000).

Além deste fato, Black (1968) ressalta que a acidez do solo inibe a fixação de nitrogênio por bactérias do gênero *Rhizobium* em associação com diversas espécies de leguminosas. Neste caso, a deficiência está relacionada, principalmente, com a sensibilidade do hospedeiro à acidez do solo. Não obstante, de acordo com Mello *et al.* (1985), diversos microorganismos que fixam nitrogênio atmosférico como *Azotobacter* e algumas algas azul-verdes apresentam sensibilidade à acidez do solo.

Há consenso entre os autores a respeito da forma em que o nitrogênio se disponibiliza. Os vegetais superiores podem utilizar o nitrogênio tanto na forma de amônio como na forma de nitrato (Brady 1979). Segundo Havill *et al.* (1974), as formas diferem em solos ácidos e calcários. A razão nitrato: amônio foi significativamente superior em solos submetidos a calagem nos experimentos de Olsson & Kellner (2002). Em solos com pH elevado há uma menor presença de NH_4 , o baixo teor de NH_4 sob estas condições, pode ser consequência da atividade microbiana de organismos nitrificantes (Bigelow & Canham 2002), assim a restrição para as plantas em solos ácidos pode estar relacionada à forma em que o N está disponível (Rorison 1972).

O nitrato é geralmente considerado a maior fonte de composto nitrogenado inorgânico usado pelas plantas (Black 1968). Contudo, certas espécies acidófilas possuem restrição na capacidade de uso do nitrogênio na forma de nitrato (Havill *et al.* 1974). Plantas calcifugas apresentam preferência por amônio e plantas calcícolas (adaptadas a solos calcáreos), por sua vez, utilizam preferencialmente o nitrato (Marschner 1986).

Um excesso de NH_4 pode ser diretamente tóxico para as plantas (Rorison 1972). O efeito negativo da fertilização por uréia observado por Oliveira *et al.* (2003), por exemplo, pode ser devido ao efeito tóxico do amônio.

1.5 Espécies estudadas

Erythrina speciosa Andr. é uma espécie característica e bastante comum da Mata Atlântica, popularmente conhecida como eritrina-candelabro, maçaranduba, mulungu, saranduba ou suinã. Pertence à família Fabaceae (Joly 1970) e é facilmente encontrada nas regiões Sul e Sudeste brasileiras, preferencialmente em solos úmidos e áreas ensolaradas.

Em grego, erythrina denota a cor vermelha e em latim speciosa, corresponde a vistosa, qualidades que evidenciam suas flores. Espécie arbórea caducifólia, com 3-5m de altura, apresenta espinhos ao longo do tronco e ramos, possui folhas trifoliadas com exceção dos eófilos que são simples; sua floração ocorre nos meses mais frios do ano, junho a setembro, e as flores vermelhas apresentam cerca de 7cm de comprimento e nectários extraflorais.

O tegumento da semente apresenta impermeabilidade à absorção de água, característica bastante comum entre as espécies da família Fabaceae (Perez 2004). A germinação é epígea, a emissão da radícula ocorre próxima ao hilo e os cotilédones são clorofilados.

Eugenia brasiliensis Lam. é uma árvore característica e exclusiva da Mata Pluvial Atlântica do sul do Brasil. Espécie bastante rara, ocorrendo principalmente em associações primárias das planícies aluviais, bem como nas encostas suaves, encontrada também na vegetação de subserra (Legrand & Klein 1969).

Espécie arbórea perene, cuja floração ocorre nos meses de setembro a novembro, as flores são brancas e pentâmeras, apresentando cerca de 2cm de diâmetro. Existem variedades de frutos amarelos e pretos que são avidamente procurados por aves, tornando a espécie componente indispensável nos reflorestamentos heterogêneos destinados a recomposição de áreas de preservação permanente (Lorenzi 1992).

As sementes são caracteristicamente recalcitrantes, possuindo elevado conteúdo de água ao serem dispersas. A germinação é hipógea e a emissão da radícula ocorre em regiões não específicas.

Cucumis sativus L. é uma espécie pertencente à família Cucurbitaceae, planta de porte arbustivo, monóicas com padrão de florescimento ao longo da haste principal. O pepino tem crescido em importância na comercialização de hortaliças e tem sido usado como planta teste em experimentos fitotóxicos (Torres *et al.* 2000).

A cultivar Rubi apresenta frutos de espinho claros, e a coloração da casca é verde-clara cultivar pertencente ao grupo de pepinos denominado Caipira (Barbedo 1990).

As plantas cultivadas são formadas de cultivares geneticamente melhorados, que passaram por processo de seleção (Zaidan & Barbedo 2004), propiciando maior controle sobre a germinação no tempo e no espaço (Mayer & Shain 1974), resultando na produção de lotes de sementes de genótipos uniformes.

Segundo Mayer & Shain (1974) devido à uniformidade genética da população das sementes seu uso pode ser adotado em trabalhos experimentais. Ademais, espécies cultivadas possuem sensibilidade a concentrações de Al já quando esta supera $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ (Kidd & Proctor 2000) e suas sementes geralmente germinam rapidamente (Colbry *et al.* 1961).

2. OBJETIVO

- Analisar o grau de interferência direta e indireta da acidez sobre a germinação de sementes de *Cucumis sativus* L., *Erythrina speciosa* Andr. e *Eugenia brasiliensis* Lam.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção do material vegetal

As sementes de *Cucumis sativus* L. cv. Rubi (Agroflora[®]) foram adquiridas no comércio em maio de 2005 apresentando, segundo seu fabricante, germinação de 90% (segundo as Regras para Análise de Sementes, Brasil 1992) e teor de água de 10,6%. Essas sementes são comercializadas despulpadas e tratadas com 0,2% de Thiran. O armazenamento das sementes de *C. sativus*, a partir de sua compra até o momento das instalações dos testes foi realizado em câmara fria a 8 °C e umidade relativa do ar em torno de 45%, no próprio recipiente de metal em que são comercializadas.

Os frutos de *Erythrina speciosa* Andr. foram coletadas entre 10 e 19 de novembro de 2004, em quatro parques municipais da cidade de São Paulo: Aclimação, Carmo, Nabuco e Ibirapuera. As sementes foram, em seguida, beneficiadas manualmente e homogeneizadas num único lote, sendo retiradas as que se apresentavam chochas. O armazenamento foi feito em condição de temperatura e umidade relativa naturais do ambiente de laboratório. Devido ao fato das sementes de *Erythrina speciosa* possuírem dormência física, gerada pela impermeabilidade do tegumento à água, foi necessária a adoção de algum método de escarificação. Baseando-se em resultados de testes prévios, foi realizada uma incisão longitudinal com estilete no tegumento, na região oposta ao hilo, imediatamente antes da instalação do teste de germinação.

Os frutos de *Eugenia brasiliensis* Lam. foram coletadas nos dias 21 e 22 de dezembro de 2004, de árvores plantadas no Jardim Botânico de São Paulo, as sementes foram beneficiadas manualmente. O armazenamento dessas sementes, desde o seu beneficiamento até o momento das instalações dos testes, foi realizado também sob as mesmas condições de temperatura das sementes de pepino. No entanto as sementes foram mantidas em sacos de polietileno transparente perfurado, com o objetivo de impedir o ressecamento.

O teor de água das sementes de *E. speciosa* e de *E. brasiliensis* foi avaliado imediatamente antes do início dos experimentos, pelo método da estufa a 103 °C por um período de 17 h, segundo recomendações da International Seed Test Association (ISTA 1985). Foram utilizadas 4 repetições de 10 sementes para a determinação do teor de água para *Erythrina speciosa* e *Eugenia brasiliensis*. Para *Cucumis sativus* foram usadas 4 repetições de 60 sementes.

3.2 Efeito direto da acidez e da concentração de alumínio sobre a germinação de sementes

O efeito direto da acidez sobre a embebição e a germinação das sementes das três espécies foi avaliado por meio de diferentes níveis de acidificação das soluções de umedecimento do substrato, com três fontes distintas de acidez.

As soluções ácidas utilizadas foram obtidas pela diluição, em água destilada, do ácido sulfúrico (H_2SO_4 -98% P.A. Merck, de densidade $1,84 \text{ g cm}^{-3}$), do ácido nítrico (HNO_3 -60% P.A. Merck, de densidade $1,41 \text{ g cm}^{-3}$) e do sal cloreto de alumínio ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), este último utilizado também para avaliação de tolerância das sementes ao alumínio. O cloreto de alumínio é freqüentemente adotado em estudos que visam a analisar o efeito tóxico do Al sobre as espécies vegetais (Taylor *et al.* 2000, Ma *et al.* 2001, Miyasaka & Hawes 2001, Façanha & Okorokova-Façanha 2002, Ma & Furukawa 2003, Tamás *et al.* 2004, Wang *et al.* 2004, Tamás *et al.* 2006), não havendo descrição sobre possíveis efeitos do Cloro destas soluções sobre a germinação das sementes ou sobre o desenvolvimento vegetal.

O tratamento controle constou de água destilada, que apresentou pH = 6,3. Os ácidos sulfúrico e nítrico e o cloreto de alumínio foram diluídos para se obterem quatro níveis de acidez: pH = 1,0, 2,0, 3,5 e 5,6. O pH = 5,6 assemelha-se à água da chuva (Haag 1985) e os demais foram adotados seguindo-se modelos metodológicos de pesquisas anteriores com sementes de outras espécies.

Para aferição do pH das soluções preparadas, foi utilizado potenciômetro digital Digimed[®] modelo (DM-20), que consta de um eletrodo de vidro e um eletrodo de calomelano

ligado a um voltímetro. Este eletrodo avalia diretamente a concentração hidrogeniônica mesmo na ausência de gás hidrogênio.

As soluções foram aplicadas aos substratos utilizados nos testes de germinação, sendo sempre repostas quando estes se apresentavam secos. O umedecimento do substrato foi realizado de acordo com a variação na sua capacidade de absorção. Assim, o substrato foi umedecido até a saturação, sem que houvesse excesso.

Os testes de germinação foram realizados em câmaras ultratermostatizadas Marconi[®] MA (400), com temperatura constante regulada para 25 °C, luz contínua garantida por quatro lâmpadas fluorescentes de 20 W e umidade relativa do ar de 100%, garantida por cortina de água na parede posterior da câmara.

As sementes foram semeadas em placas de Petri de vidro translúcido de 9 cm de diâmetro, sem tampa, alojadas em caixas plásticas de lateral transparente, de 4 cm de altura, 19 cm de largura e 26,5 cm de comprimento, hermeticamente fechadas, dentro das quais a umidade relativa foi equivalente a 82,2%, determinada por meio de higrômetro portátil.

O substrato constou de uma folha de papel de filtro de fibra de vidro (Glass fibre prefilter 13430-124) Sartorius[®], material inerte que, em meio ácido, não se altera por reações químicas.

As avaliações nos testes de germinação obedeceram a periodicidade descrita em literatura para cada espécie, registrando-se a porcentagem de sementes germinadas em relação ao número de sementes colocadas para germinar (Borghetti & Ferreira 2004). Estabeleceu-se, como semente germinada, aquela que apresentasse raiz primária com comprimento maior ou igual a 2 mm. Nas análises germinativas em meio ácido foram adotadas 4 repetições de 16 sementes para *Erythrina speciosa* e *Eugenia brasiliensis*. Para *Cucumis sativus* foram usadas 4 repetições de 20 sementes, devido à maior disponibilidade de sementes. Quando as sementes germinaram e produziram plântulas normais, estas foram retiradas do meio de germinação e transplantadas para substrato de vermiculita de granulometria fina, umedecida com água pura.

Para *Cucumis sativus*, as avaliações de germinação foram realizadas a cada 24 h devido à sua rapidez em germinar. Os parâmetros de normalidade das plântulas desta espécie foram estimados no 14^o dia para todos os indivíduos, considerando-se aquelas que apresentavam porção aérea (hipocótilo até o ponto de inserção dos cotilédones) desenvolvida e sem deformações, com sistema radicular desenvolvido sem que a raiz primária apresentasse necrose.

Para as sementes de *Erythrina speciosa*, as avaliações de germinação foram realizadas em dias alternados. No 14^o dia, o substrato no qual as sementes estavam dispostas foi substituído por um novo, ao qual foi adicionada uma solução umedecedora recém-calibrada para os respectivos valores de pH, devido ao grande desenvolvimento de fungos. Como critério de normalidade de plântulas, nesta espécie, consideraram-se os indivíduos que apresentassem parte aérea desenvolvida, sem deformações e com eófilos desembriçados, além de apresentar sistema radicular desenvolvido e sem defeitos aparentes. A conclusão das avaliações de germinação para *E. speciosa* foi realizada no 30^o dia.

As avaliações para *Eugenia brasiliensis* foram realizadas em dias alternados até o 45^o dia. Plântulas normais, para esta espécie, foram as que possuíam, além de sistema radicular bem desenvolvido, epicótilo superior a 1 cm de comprimento.

Nove plântulas normais de cada espécie foram utilizadas para avaliações do desenvolvimento inicial em ambiente sem estresse, divididas em três repetições. Para tanto, foi utilizado substrato de vermiculita de granulometria fina. Para o acompanhamento do desenvolvimento dessas plântulas em substrato não acidificado, utilizou-se ambiente com temperatura e umidade relativa do ar equivalentes às condições de viveiro no período de agosto a outubro de 2005, sendo a luminosidade reduzida em 50%, por meio de uma tela de polietileno Sombrite®. A irrigação destas plântulas foi realizada diariamente com água pura.

As avaliações do desenvolvimento das plântulas foram realizadas no 90^o dia a partir da data de instalação dos testes de germinação (origem das plântulas). Os parâmetros analisados

foram a altura da planta e as massas fresca e seca das partes aérea e radicular.

As massas fresca e seca foram obtidas por pesagem em balança digital, com precisão de 0,001 g. A secagem das plântulas para a obtenção da massa seca foi realizada a 60 °C, por 90 h, em estufa modelo 400/3ND Nova Ética[®], baseando-se em pré-avaliação de alteração no peso.

3.3 Estimativa de absorção das soluções acidificantes

Para avaliar a absorção efetiva dos ácidos pelas sementes por ocasião da embebição em meio ácido, inicialmente analisaram-se curvas de embebição em água pura para que se pudesse estabelecer o momento próximo ao final da fase I da germinação (Bewley & Black 1985), a partir do qual a embebição torna-se lenta ou quase nula.

Após a obtenção do momento próximo ao final da fase I, em horas, três períodos foram definidos para análise da composição química das sementes: inicial (anterior ao início da embebição), final da fase I (embebição final) e metade do período necessário para atingir o final dessa fase I (embebição intermediária). As sementes foram, então, colocadas para embeber nas soluções ácidas descritas em 3.2 e, após as embebições intermediária e final, foram avaliados os teores dos elementos acidificantes nas sementes. Assim, em cada período, para cada espécie, foram avaliadas as concentrações de enxofre (nas sementes embebidas em ácido sulfúrico), de nitrogênio (nas embebidas em ácido nítrico) e de alumínio (nas embebidas em cloreto de alumínio).

A embebição em soluções ácidas foi realizada em três níveis de pH (5,6, 3,5 e 2,0), empregando-se placas de Petri e, como substrato, uma folha de “Glass fibre prefilter” (13430-124).

O umedecimento do substrato também foi realizado como descrito em 3.2, sem que o volume das soluções fosse medido, devido à variação na capacidade de absorção de líquido pelo substrato. Foram usadas 4 repetições de 60 sementes.

As sementes, após a permanência em soluções de diluídas de H_2SO_4 , HNO_3 e AlCl_3 ,

foram secas em estufa a 103°C por 17 h. (ISTA 1985), posteriormente moídas em moinho e, então, determinando-se analiticamente os elementos N, S e Al.

A concentração de nitrogênio foi determinada segundo o método de Zagatto *et al.* (1981), no laboratório da Seção de Ecologia do Instituto de Botânica.

As amostras das sementes trituradas foram digeridas em 42 mL de ácido sulfúrico, 350 mL de peróxido de hidrogênio 30%, 14 g de sulfato de lítio e 0,42 g de selênio em pó. Assim, em tubos de digestão, 0,270 g de material vegetal foi misturado a 8 mL da solução digestora, colocados em bloco digestor e submetidos à temperatura de 350 °C, permanecendo assim até completar a digestão do material, ou seja, até a obtenção de um líquido incolor. Para a determinação do teor de nitrogênio, após a digestão do material, utilizou-se o método semi-micro-Kjedhal, no qual o nitrogênio presente no produto obtido da digestão, após adição de hidróxido de sódio 18 N, foi destilado na forma de amônia e fixado em solução de ácido bórico 10%, na forma de amônio, e posteriormente titulado com ácido clorídrico 0,1 N, na presença dos indicadores verde de bromo cresol e vermelho de metila. A concentração de nitrogênio foi expressa em mg g de massa seca⁻¹.

Para a obtenção da concentração de enxofre e alumínio, fez-se a digestão do material seco de acordo com Zagatto *et al.* (1981), em que 0,500 g das amostras foi colocada em tubos de ensaio de 100 ml com 5 mL de ácido nítrico concentrado e mantidos a temperatura ambiente por uma noite. Os tubos foram então colocados em bloco digestor a 160 °C por cerca de 30 minutos. Após parte do ácido nítrico evaporar, os tubos do bloco foram retirados, foi acrescentado 1,3 mL de ácido perclórico concentrado. Os tubos foram colocados novamente no bloco e a temperatura foi aumentada para 210 °C por mais 15 min. Depois de resfriados, os extratos foram diluídos em 50 mL de água deionizada e submetidos às determinações analíticas.

Determinou-se a concentração do enxofre através do método turbidimétrico (Malavolta *et al.* 1997), que se baseia-se na turbidez formada pela precipitação do enxofre, pelo cloreto de

bário, na forma de sulfato de bário. Assim, inicialmente foram preparadas soluções padrão de enxofre nas concentrações de 0,0 a 50,0 $\mu\text{g mL}^{-1}$, em que as soluções-padrão (10 mL) foram adicionadas a 1mL de ácido clorídrico 6 N, contendo 20 ppm de enxofre, e, a seguir, foram adicionados 500 mg de cloreto de bário, ocorrendo então a precipitação do enxofre. Os frascos contendo as soluções foram agitados, para manter o precipitado em suspensão, e então a turbidez foi medida em espectrofotômetro UV e visível a 470 nm. A concentração de enxofre foi expressa em mg g^{-1} de massa seca da semente.

O alumínio foi quantificado em espectrofotômetro de absorção atômica, com lâmpadas de cátodo oco. Foram preparadas soluções-padrão estoque utilizando-se o Titrisol - MERCK®, com 1000 mg do alumínio, e, então, diluído em 1 L de água bideionizada. A partir dessa solução, foi preparada a solução-padrão de trabalho, com concentrações de 0 a 15 ppm de Alumínio. Em seguida, foram feitas as curvas de calibração em espectrofotômetro de absorção atômica para os elementos analisados, separadamente, utilizando-se óxido nitroso para a análise.

A comprovação da precisão analítica foi obtida através de uma amostra do material vegetal padrão com concentrações conhecidas e certificadas de folhas de macieira, n. 1515, do “National Institute of Standards and Technology” digerido juntamente com as outras amostras.

3.4 Efeito de fontes e concentrações de nitrogênio sobre a germinação das sementes

Visando a avaliar possíveis efeitos da forma predominante do nitrogênio sobre a germinação das sementes, como ação indireta da acidez, soluções nitrogenadas foram adicionadas ao substrato como fonte umidificadora, semelhantemente aos testes germinativos. Para obter essas soluções, os sais, KNO_3 P.A. Qeal® - PM. 101,11, NH_4NO_3 P.A. Reagen® PM. 80,04 e $\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$ P.A. Merck® PM 132,14, foram diluídos em água destilada, nas concentrações de 10 mM, 5 mM e 2 mM.

O nitrato de amônio contém 32% de nitrogênio, metade na forma amoniacal (NH_4^+) e metade na forma nítrica (NO_3^-). O sulfato de amônio contém 20% de nitrogênio e 22-24% de

enxofre.

As condições controladas de temperatura e luminosidade oferecidas para as avaliações da germinação das sementes, foram proporcionadas pela mesma câmara de germinação que contribuiu para a manutenção destes fatores nas análises do efeito do pH sobre a germinação.

O recipiente instituído para estes testes foram os mesmos tipos de placas de Petri descritas em 3.2. O umedecimento do substrato para fornecer água às sementes durante a germinação, com duas folhas de papel de fibra de celulose, foi realizado como descrito em 3.2.

As avaliações constaram em germinabilidade, representando a porcentagem de sementes germinadas em relação ao número de sementes colocadas para germinar (Borghetti & Ferreira 2004), e índice de velocidade de germinação ($IVG = G1/N1 + G2/N2... Gn/Nn$, onde $G1$ = número de sementes que germinaram no primeiro dia, $N1$, após a semeadura; $G2$ = número de sementes que germinaram no segundo dia, $N2$, após a semeadura, n = número de dias para a última germinação) que avalia a velocidade de protrusão da radícula.

Para estes testes, para *Erythrina speciosa*, *Eugenia brasiliensis* e *Cucumis sativus* foram usadas 4 repetições de 20 sementes.

3.5 Efeito do potencial osmótico da solução de embebição sobre a germinação das sementes

Visando a avaliar efeitos indiretos das soluções acidificantes sobre a germinação das sementes, pela redução do potencial hídrico da solução de embebição, soluções de polietileno glicol 6000 (PEG 6000), de potencial osmótico pré-determinado, foram adicionadas ao substrato como fonte umidificadora, semelhantemente aos demais testes de germinação.

A diluição de PEG 6000 em água destilada foi realizada de forma a produzirr soluções com os potenciais osmóticos de -0,25 MPa, -0,5 MPa, -1,0 MPa, -2,0 MPa, -4,0 MPa, -8,0 MPa, -16,0 MPa, baseando-se nos resultados de Michel & Kaufmann (1973).

As condições ambientais, foram semelhantes aos demais testes germinativos proporcionadas pelos mesmos equipamentos. O recipiente e o substrato foram os mesmos tipos

adotados para as avaliações das respostas germinativas em diferentes fontes de nitrogênio. O umedecimento do substrato foi realizado como nos testes anteriores.

As avaliações constaram em germinabilidade representando a porcentagem de sementes germinadas em relação ao número de sementes colocadas para germinar (Borghetti & Ferreira 2004).

Para estes testes, para *Erythrina speciosa*, *Eugenia brasiliensis* e *Cucumis sativus* foram usadas 4 repetições de 20 sementes.

3.6. Delineamento experimental e análise estatística

Em todos os experimentos foi adotado delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 5 (fonte de acidez x pH da solução) para as avaliações de efeito direto da acidez, 3 x 3 (pH da solução x tempo de embebição) para as curvas de embebição e para estimativa de absorção, 3 x 3 (fonte de nitrogênio x concentração de nitrogênio) para avaliação dos efeitos de nitrogênio e fator único com 8 tratamentos para avaliação dos efeitos do potencial osmótico do meio.

Os dados em porcentagem foram transformados para $\arcsin (\%/100)^{0,5}$, para realização das análises de variância (Teste F, a 5% de probabilidade) e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, também ao nível de 5% de probabilidade (Gomes 1982).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 *Cucumis sativus*

A análise dos resultados da germinação de *Cucumis sativus* L. apresentou interação significativa entre o pH da solução de embebição e a fonte de acidez (figura 1). Para soluções com pH desde 6,3 (água pura) até 3,5 não se observou alteração na capacidade germinativa das sementes, independentemente da fonte de acidez (H_2SO_4 , HNO_3 ou AlCl_3).

Por outro lado, quando se utilizou solução com pH 2,0, apenas quando o alumínio foi empregado como fonte de acidez houve prejuízo à germinação, resultando na completa perda da capacidade germinativa das sementes, o que pode ser explicado pela quantidade do elemento no meio pois, segundo de Iqbal & Shafiq (2003), a resposta das plantas aos metais é dose dependente. No mesmo valor de pH, soluções compostas por H_2SO_4 ou HNO_3 não alteraram a capacidade germinativa das sementes. Reduzindo-se ainda mais o valor de pH para 1,0, apenas na solução preparada com H_2SO_4 ou com AlCl_3 não se verificou germinação dessas sementes (figura 1).

Esses resultados sugerem que a fonte responsável pela produção da acidez pode ter igual ou maior influência sobre a germinação das sementes do que a própria acidez. A diferença observada entre os resultados de germinação quando as sementes foram submetidas ao ácido sulfúrico e ao ácido nítrico em pH 1,0 (figura 1) já era esperada, uma vez que aquele dissocia, reconhecidamente, maior quantidade de H^+ para o meio (Quagliano & Vallarino 1973). Contudo, o mesmo não se aplicaria ao AlCl_3 , cujo efeito apareceu em pH 2,0. Neste caso, três efeitos podem ter gerado a perda da capacidade germinativa, associados ou não com a acidez propriamente dita: o efeito tóxico do Al^{3+} (Rout *et al.* 2001, Iqbal & Shafiq 2003), do Cl^- (Mengel & Kirkby 1987, Fonseca & Perez 2001) ou o elevado potencial osmótico da solução (Torres *et al.* 2000).

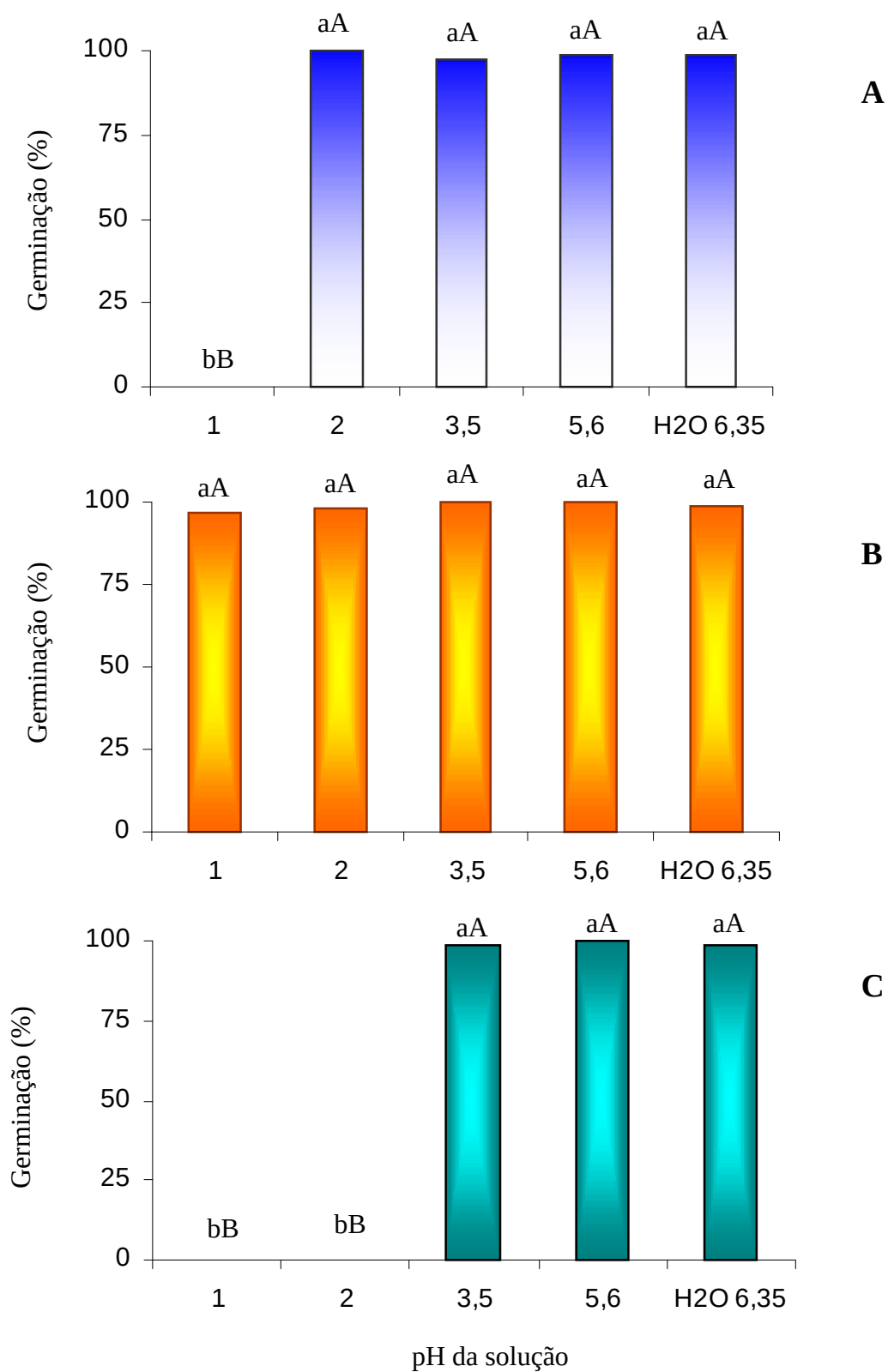


Figura 1. Germinação (%) de sementes de *Cucumis sativus* L. em soluções diluídas de ácido sulfúrico (A), ácido nítrico (B) e cloreto de alumínio (C). Valores seguidos de mesma letra (minúsculas para níveis de acidez, maiúsculas para fontes de acidez) não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Coeficiente de variação = 3,42%.

Analisando-se os resultados da figura 2 nota-se que, antes da completa perda da capacidade germinativa das sementes, em pH 5,6 e 3,5, houve um grande aumento da porcentagem de plântulas anormais, que poderia indicar efeito tóxico de Cl^- ou Al^{3+} . Apesar de terem sido realizados alguns estudos avaliando efeitos tóxicos de sais como Na^+ e Cl^- (Santos *et al.* 1992, Torres *et al.* 2000, Fonseca & Perez 2001), pouco ainda se conhece efetivamente sobre o efeito do cloro nas sementes. Com respeito a esse aspecto, mais pesquisas poderiam ser desenvolvidas com esse objetivo específico. Por outro lado, vários estudos demonstraram os efeitos tóxicos do Al^{3+} na germinação das sementes e, principalmente, no desenvolvimento inicial das plântulas (Rout *et al.* 2001), como os observados no presente trabalho, frequentemente empregando o cloreto de alumínio como fonte deste último (Taylor *et al.* 2000, Ma *et al.* 2001, Miyasaka & Hawes 2001, Façanha & Okorokova-Façanha 2002, Ma & Furukawa 2003, Tamás *et al.* 2004, Wang *et al.* 2004, Tamás *et al.* 2006).

O aumento na quantidade de plântulas anormais foi verificado, também, quando se utilizaram soluções de H_2SO_4 e HNO_3 , mas em valores mais baixos de pH (figura 2).

Além de uma possível ação do cloro nas soluções de alumínio utilizadas para acidificar o substrato, outro efeito dessas soluções sobre a germinação das sementes poderia ser a modificação da disponibilidade hídrica, com aumento do potencial osmótico e dificuldades na embebição das sementes. Contudo, nas curvas de embebição das sementes em água e nas soluções ácidas empregadas, pouca diferença foi observada na entrada de água nas sementes (figura 3). Portanto o possível efeito osmótico da solução de cloreto de alumínio não seria na fase de embebição.

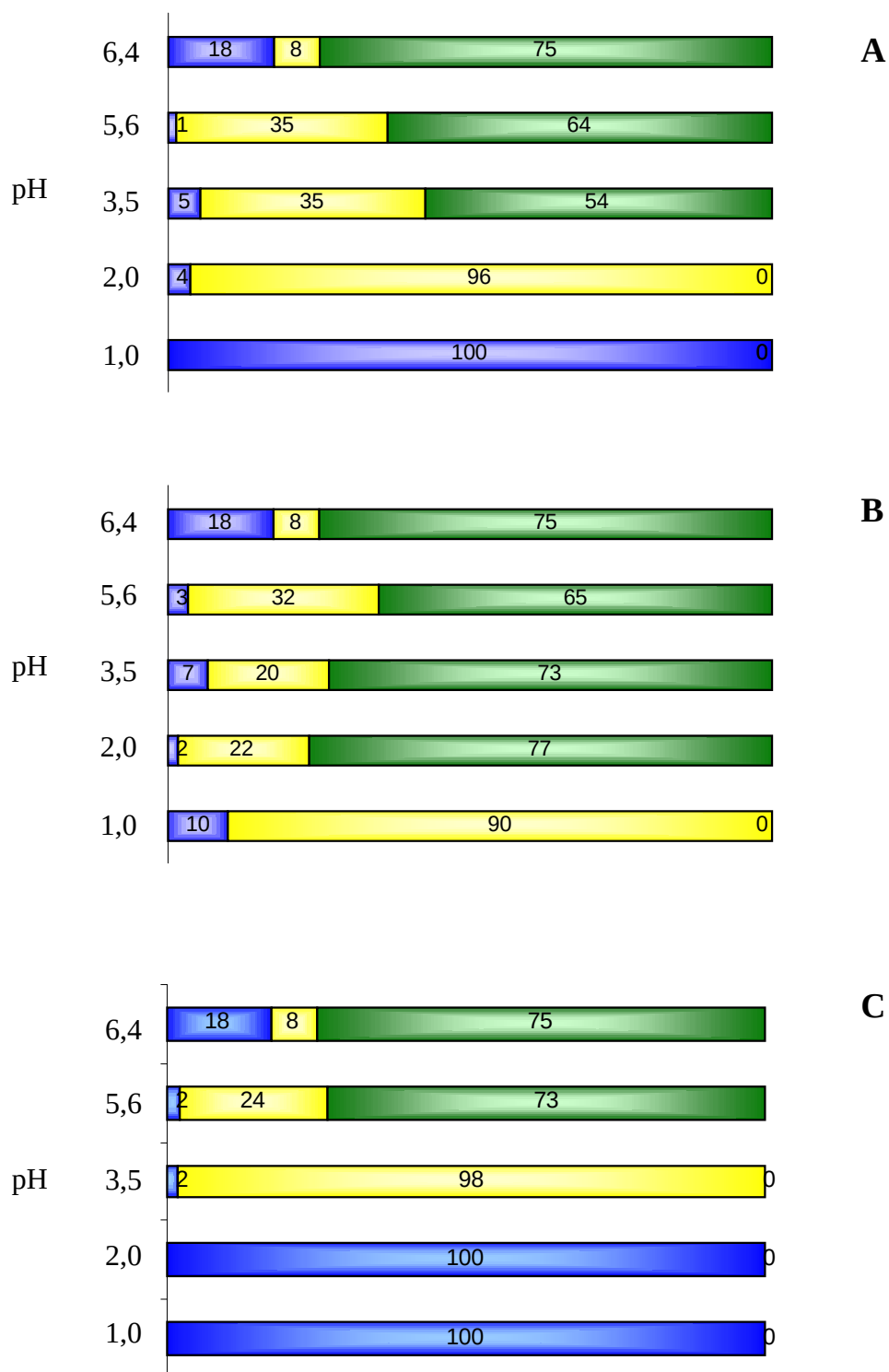


Figura 2. Sementes mortas (azul), plântulas anormais (amarelo) e plântulas normais (verde), em porcentagem, de *Cucumis sativus* L. após germinação em meio acidificado (A: ácido sulfúrico; B: ácido nítrico; C: cloreto de alumínio).

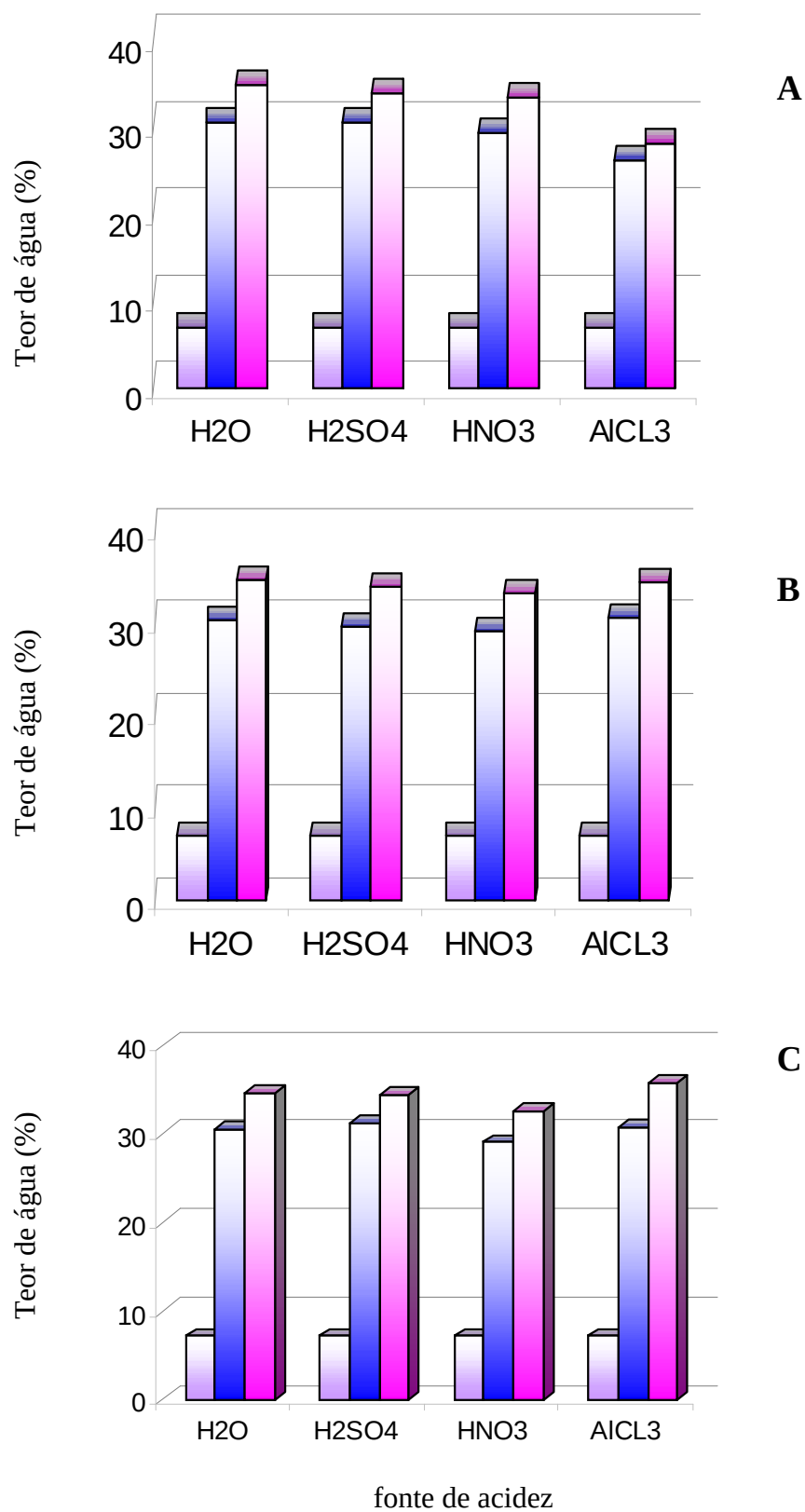


Figura 3. Teor de água (%) de sementes de *Cucumis sativus* L. inicial (lilás) e após dois períodos de embebição (azul: intermediária; rosa: final) em água (H₂O) ou em soluções (A: pH = 2,0; B: pH = 3,5; C: pH = 5,6) de ácido sulfúrico (H₂SO₄), ácido nítrico (HNO₃) e cloreto de alumínio (AlCl₃).

Visando a analisar o efeito osmótico em fases posteriores à embebição, testes de germinação foram conduzidos continuamente em soluções osmóticas. Pelos resultados da figura 4 observa-se que, em potenciais osmóticos inferiores a -0,5 MPa, a germinação das sementes de *C. sativus* é prejudicada, não mais ocorrendo germinação a -2,0 MPa. Para se obter uma solução de cloreto de alumínio com pH 3,5 necessitou-se adicionar 2,86 g desse sal por litro de água, resultando em solução com potencial osmótico superior a -0,5 MPa (M. Galloway 2005, informação pessoal). Já para o preparo de solução com pH 2,0 necessitou-se adicionar 193,6 g do sal por litro de água, o que produz uma solução com potencial osmótico próximo a -24 MPa (M. Galloway 2005, informação pessoal). Portanto, os resultados sugerem que o principal efeito da

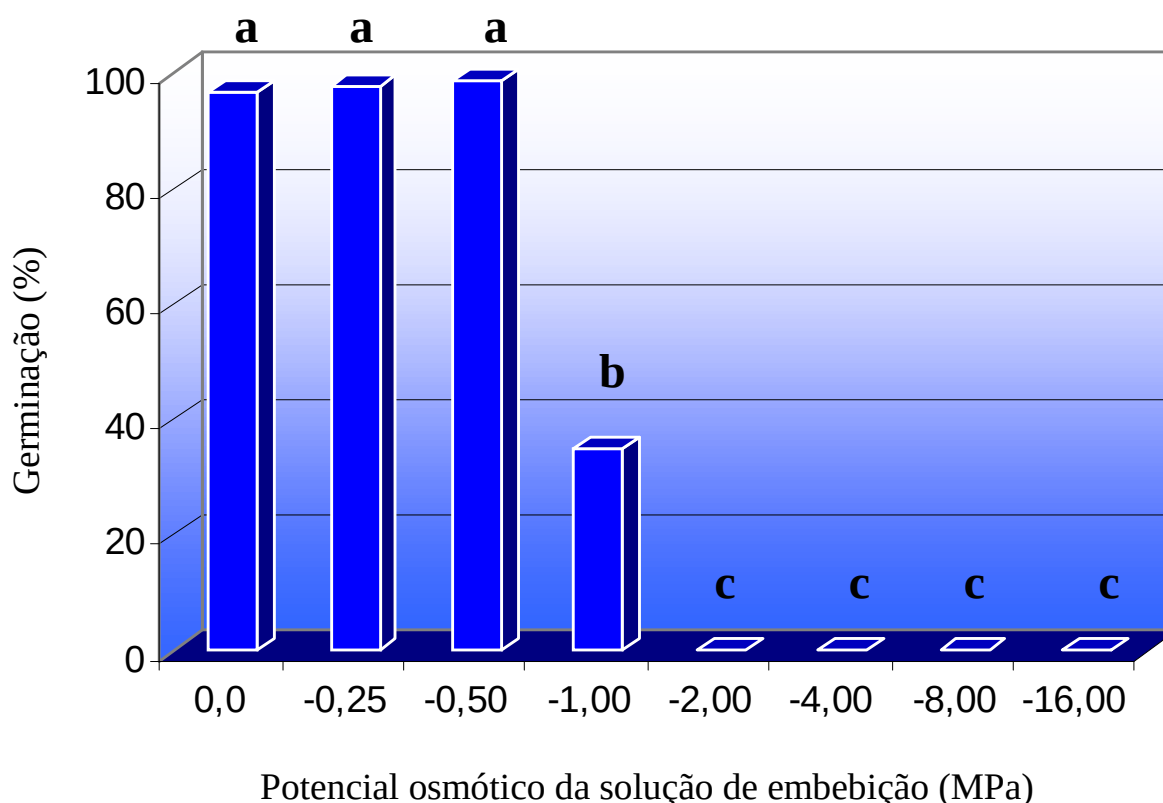


Figura 4. Porcentagem de germinação de sementes de *Cucumis sativus* L. em soluções de polietileno glicol 6000 com diferentes potenciais osmóticos. Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Coeficiente de variação = 18,29%.

solução de cloreto de alumínio com pH 2,0 sobre a germinação das sementes de *C. sativus* foi o osmótico. Somem-se a esses resultados os obtidos por Torres *et al.* (2000), verificando aumento da porcentagem de plântulas anormais quando as sementes de pepino foram colocadas para germinar em solução -0,8 MPa, porém utilizando o NaCl como soluto.

Por outro lado, pelos resultados da figura 5 é possível verificar que houve absorção de alumínio pelas sementes colocadas para germinar em solução AlCl_3 a partir do pH 3,5, aumentando expresssivamente no pH 2,0, já na metade do tempo necessário para que as sementes atingissem o final da fase I da germinação (Bewley & Black 1985). Portanto, efeitos tóxicos do alumínio, caso houvesse, poderiam ser manifestados já a partir do pH 3,5 e antes de se iniciar a fase III da germinação, na qual ocorre protrusão da raiz primária. Segundo Rout *et al.* (2001), o alumínio não afeta a germinação das sementes, mas pode inibir o início do crescimento da raiz primária. Já segundo Tamás *et al.* (2004), a presença de alumínio em sementes, em concentração equivalente à utilizada no presente trabalho para obter pH 3,5 ou inferior, poderia induzir a produção de espécies reativas de oxigênio, levando a peroxidação lipídica e, conseqüentemente, a danos no sistema de membranas celulares.

Portanto, pode-se inferir que os efeitos prejudiciais à germinação das sementes de *C. sativus* com soluções de AlCl_3 em pH 3,5 ou inferior foram influenciadas tanto pela alteração no potencial osmótico do meio quanto por efeitos tóxicos do alumínio no crescimento inicial da raiz primária. Dessa forma, até valores de pH 2,0, não se pode afirmar que os efeitos sobre a germinação das sementes sejam oriundos da acidez e, ainda, que de pH 2,0 para valores inferiores, os efeitos dependem do potencial de dissociação de H^+ do ácido. Deve-se salientar, porém, que tais valores de pH dificilmente são encontrados em condições naturais. Outro aspecto importante a ser observado é que o efeito dos ácidos sulfúrico e nítrico, em pH 2,0 ou 1,0, resultando na perda completa da capacidade germinativa das sementes, no caso do ácido sulfúrico (figura 1), ou da incapacidade de produção de plântulas normais, no caso do nítrico

(figura 2) foi, provavelmente, externo ao tegumento das sementes, baseando-se no fato de que não houve absorção desses ácidos pelas sementes, conforme demonstrado na figura 5.

Conforme descrito no início deste trabalho, a acidez pode modificar a forma do N predominante nos solos, o que poderia ser um possível efeito indireto da acidez sobre a germinação das sementes. Isso porque, conforme observado por Bungard *et al.* (1997), elevados níveis de NH_4^+ podem inibir a germinação das sementes de algumas espécies; esta forma de N é a predominante em solos ácidos (Gigon & Rorison 1972). Os resultados da figura 6 demonstram que tal fato não ocorreu com sementes de *C. sativus*, uma vez que a germinação em água pura ou em quaisquer das soluções nitrogenadas avaliadas, em quaisquer concentrações, não apresentaram diferença significativa. Além disso, é importante salientar que o nitrato, o nitrito e o amônio têm sido amplamente adotados como método de quebra de dormência primária aliada à capacidade de aumentar a sensibilidade das sementes à irradiação luminosa (Singh & Amritphale 1992). Efeitos benéficos da embebição em soluções nitrogenadas também não foram observadas para sementes de *C. sativus*.

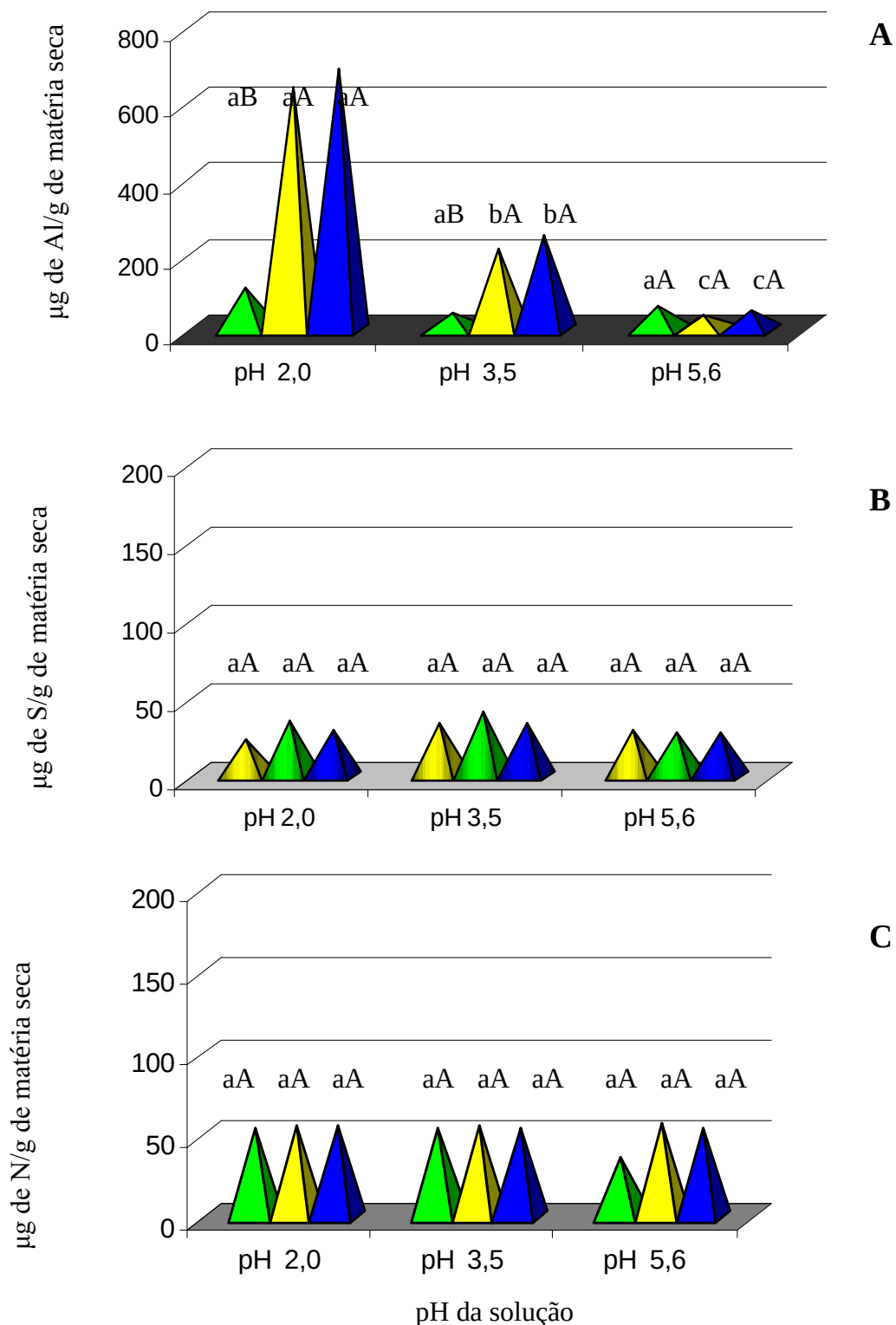


Figura 5. Média da absorção de alumínio (A), enxofre (S) e nitrogênio (N) pelas sementes de *Cucumis sativus* L. antes (verde) e após dois períodos de embebição (amarelo: intermediária; azul: final), nas soluções de cloreto de alumínio (A), ácido sulfúrico (B) e ácido nítrico (C). Valores seguidos de mesma letra (minúsculas comparam níveis de pH e maiúsculas tempo de embebição) não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

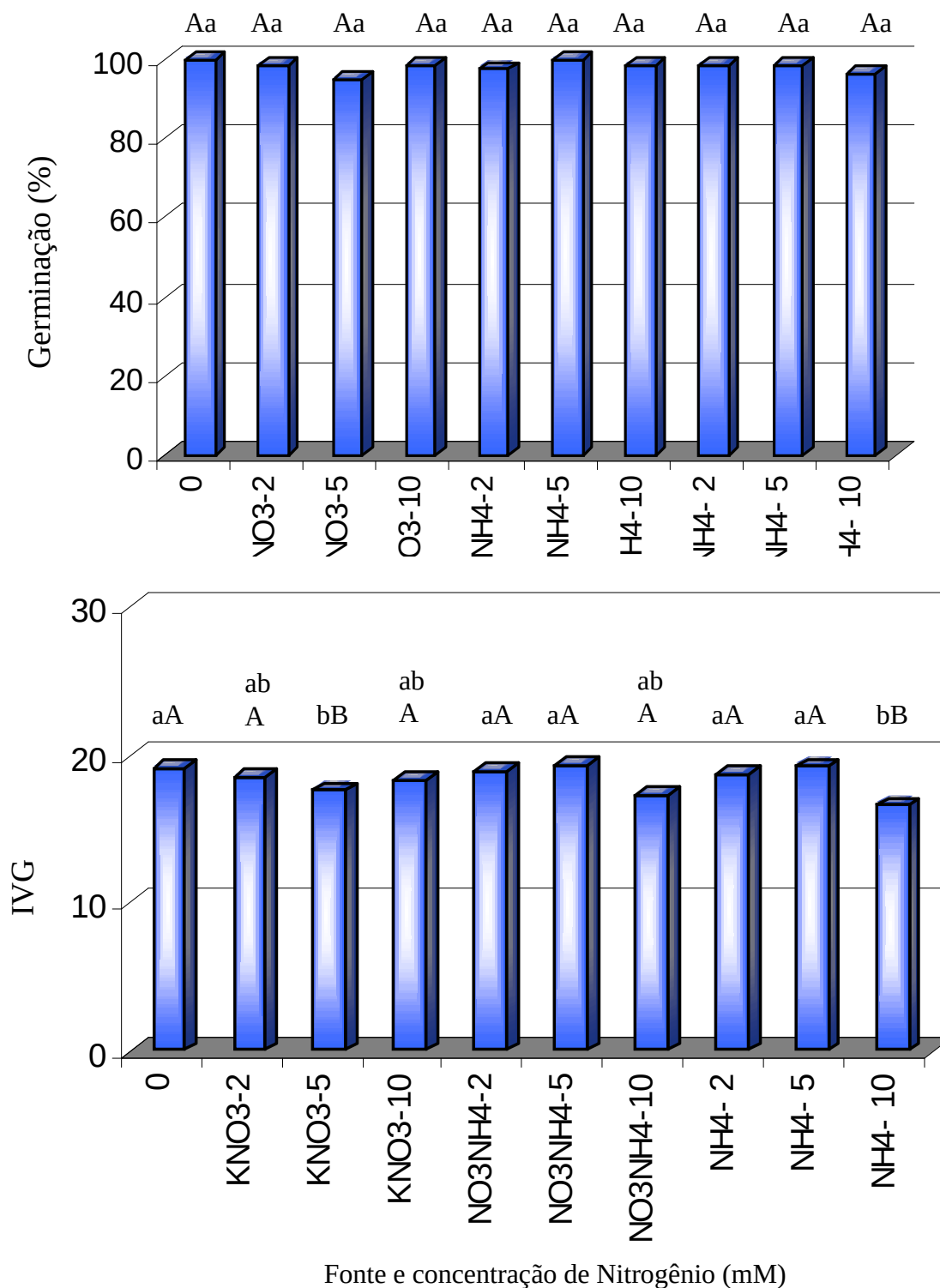


Figura 6. Germinação (A) e índice de velocidade de germinação (B) de sementes de *Cucumis sativus* L. em substrato umedecido com água destilada (0) ou com soluções nitrogenadas (KNO₃, NO₃NH₄ e NH₄(SO₄)₂ em diferentes concentrações (2, 5 e 10 mM). Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Coeficiente de variação = 4,01%.

4.2. *Erythrina speciosa*

Da mesma forma que o verificado para a germinação de sementes de *C. sativus* em substratos com diferentes soluções ácidas e diferentes valores de pH, também para as sementes de *Erythrina speciosa* a análise estatística indicou interação significativa entre os fatores. Os resultados estão apresentados nas figuras 7 e 8, nas quais não se verifica alteração significativa na capacidade germinativa das sementes entre os pHs 6,3 e 3,5, independentemente da fonte da acidez. Novamente se verifica que, a partir de valores de pH inferiores a 3,5, os efeitos da acidez são dependentes da fonte, com perda completa da capacidade germinativa em pH 2,0, para soluções formadas por cloreto de alumínio e quase completa perda em pH 1,0, quando em ácido sulfúrico. Conforme discutido anteriormente, talvez pela menor quantidade de H^+ dissociada a partir do ácido nítrico, em relação ao sulfúrico, as sementes desta espécie também não tiveram sua capacidade germinativa afetada por aquele ácido nem em pH 1,0.

Diferindo dos resultados observados para sementes de *C. sativus*, em sementes de *E. speciosa* não se verificou o efeito tóxico do alumínio em pH 3,5 pois, enquanto as sementes daquela espécie apresentaram porcentagem alta de plântulas anormais, nesta se observou uma situação na qual a maioria das sementes ou germinou e produziu plântulas normais, ou nem germinou. *Erythrina speciosa* é espécie nativa da Mata Atlântica brasileira na qual tem solos com elevada concentração de alumínio (Carvalho *et al.* 1980, Resende *et al.* 2002). É possível, portanto, que as sementes dessa espécie apresentem algum grau de tolerância a esse elemento, já contendo, em média, concentração natural de alumínio nas sementes superior à observada em sementes de *C. sativus* ($133,3 \mu g g^{-1}$ em *E. speciosa* e $73,3 \mu g g^{-1}$ em *C. sativus*). De fato, a concentração de alumínio nas sementes de *E. speciosa* só aumentou quando houve embebição em solução de $AlCl_3$ com pH 2,0, ou seja, quando se adicionaram 193,6 g do sal por litro de água (figura 9).

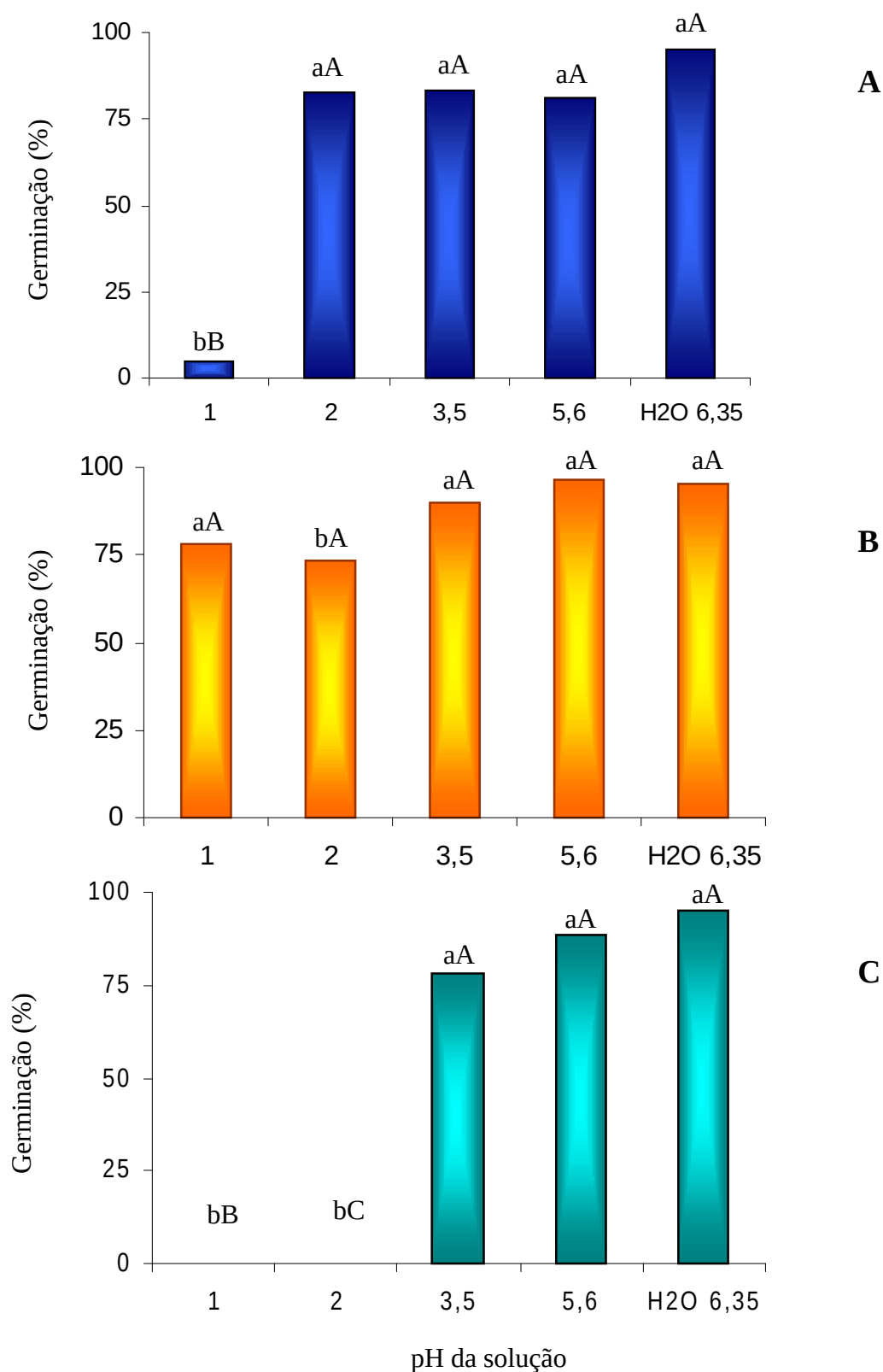


Figura 7. Germinação (%) de sementes de *Erythrina speciosa* Andr. em soluções diluídas de ácido sulfúrico (A), ácido nítrico (B) e cloreto de alumínio (C). Valores seguidos de mesma letra (minúsculas para níveis de acidez, maiúsculas para fontes de acidez) não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Coeficiente de variação = 16,53%.

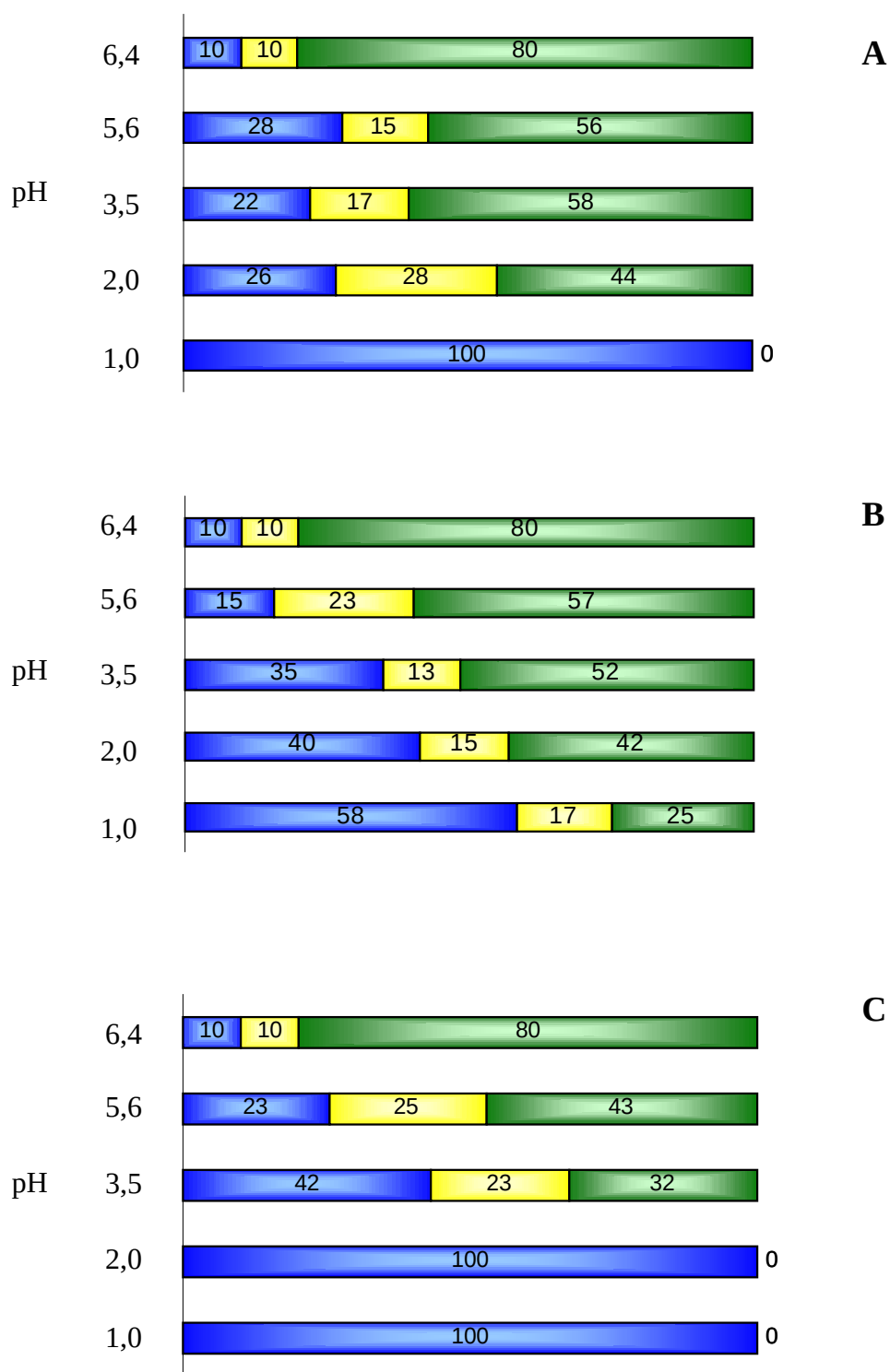


Figura 8. Sementes mortas (azul), plântulas anormais (amarelo) e plântulas normais (verde), em porcentagem, de *Erythrina speciosa* Andr. após germinação em meio acidificado (A: ácido sulfúrico; B: ácido nítrico; C: cloreto de alumínio).

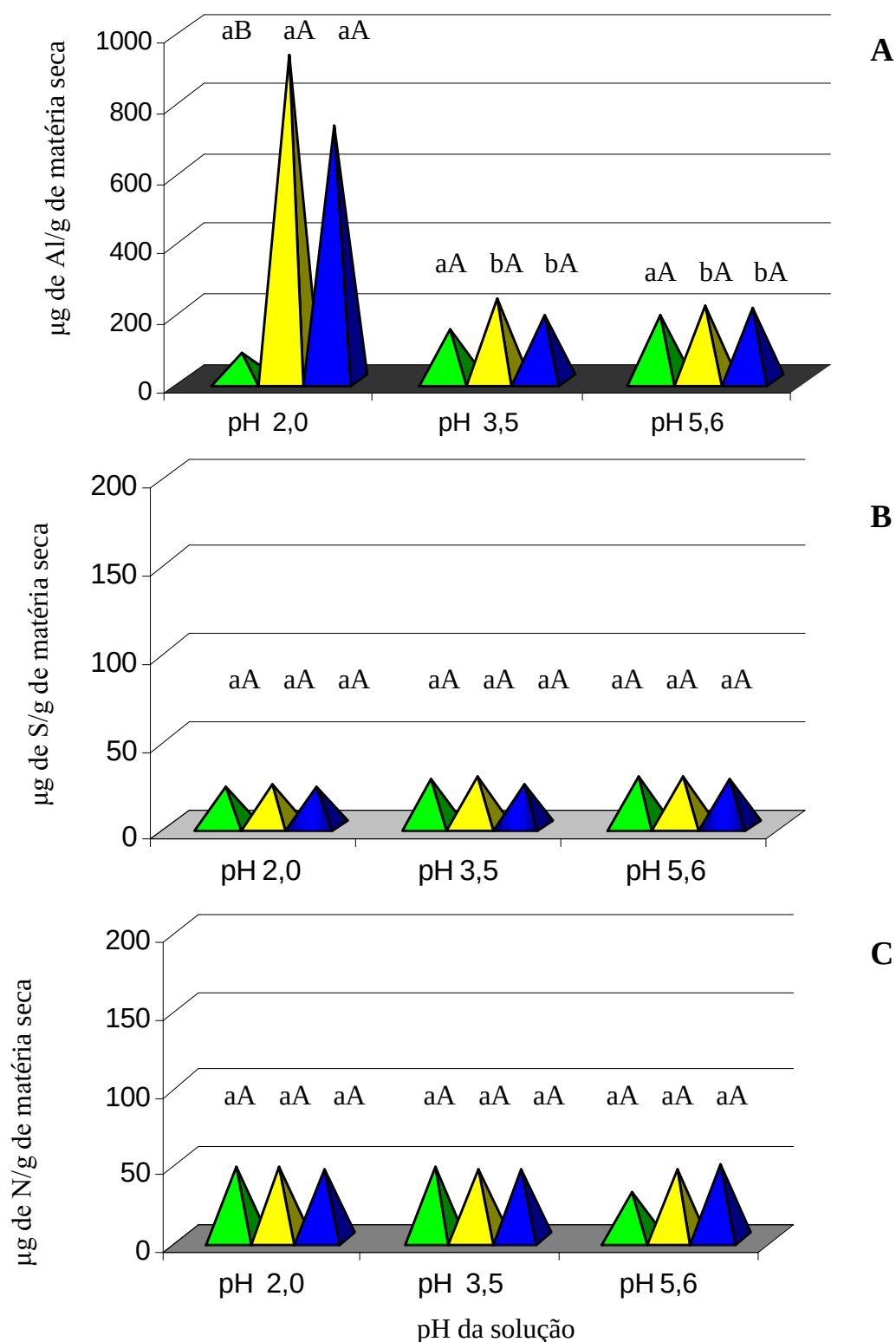


Figura 9. Média da absorção de alumínio (A), enxofre (S) e nitrogênio (N) pelas sementes *Erythrina speciosa* Andr. antes (verde) e após dois períodos de embebição (amarelo: intermediária; azul: final), nas soluções de cloreto de alumínio (A), ácido sulfúrico (B) e ácido nítrico (C). Valores seguidos de mesma letra (minúsculas comparam níveis de pH e maiúsculas tempo de embebição) não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

A variação de tolerância ao alumínio entre sementes de diferentes espécies pode ser constatada em outros trabalhos. Em sementes de *Picea glauca* Moench.(Nosko *et al.* 1987), *Picea rubens* Sarg., *Abies balsamea* L., *Betula alleghaniensis* Britt. e *Betula papyrifera* Marsh. (Scherbatskoy *et al.* 1987), por exemplo, não se verificou efeito tóxico ou inibidor da germinação, enquanto que em sementes de *Triticum aestivum* L. cv. Blue Silver (Iqbal & Shafiq 2003), *Succisa pretensis*, *Rhyncosphora alba*, *Parnassia palustris*, *Euphrasia stricta*, *Gentiana pneumonanthe* e *Epipactis palustris* (Roem *et al.* 2002), verificou-se efeito prejudicial do alumínio.

Em pH 2,0 ou inferior, conforme dito anteriormente, o potencial osmótico da solução de cloreto de alumínio assume valores inferiores a -24,0 MPa e os efeitos sobre a germinação seriam mais de natureza osmótica do que tóxica. Além disso, da mesma forma que nas sementes de *C. sativus*, essa influência ocorre após a fase I da germinação (Bewley & Black 1985).

Os resultados de embebição das sementes de *E. speciosa* nas soluções ácidas evidenciam esse efeito (figura 10). Nota-se que a embebição praticamente não foi afetada pelas soluções de cloreto de alumínio, mesmo na solução com pH 2,0 (potencial osmótico inferior a -24,0 MPa), mas a germinação foi prejudicada quando as sementes foram semeadas em substrato umedecido com solução de PEG 6000, com potencial osmótico inferior a -1,0 MPa (figura 11).

As plântulas oriundas dos testes de germinação com sementes de *E. speciosa*, diferentemente das de *C. sativus*, suportaram o transplante para sacos com vermiculita umedecida com água pura, permitindo que se avaliassem possíveis efeitos residuais da germinação no desenvolvimento inicial das plântulas. Esses resultados estão apresentados na figuras 12, 13 e 14, nas quais se verifica que, apesar de algumas pequenas diferenças na massa seca das plântulas, principalmente nas oriundas de germinação em pH 2,0, no geral não se verificou substancial efeito residual dos ácidos ou da elevada concentração de alumínio.

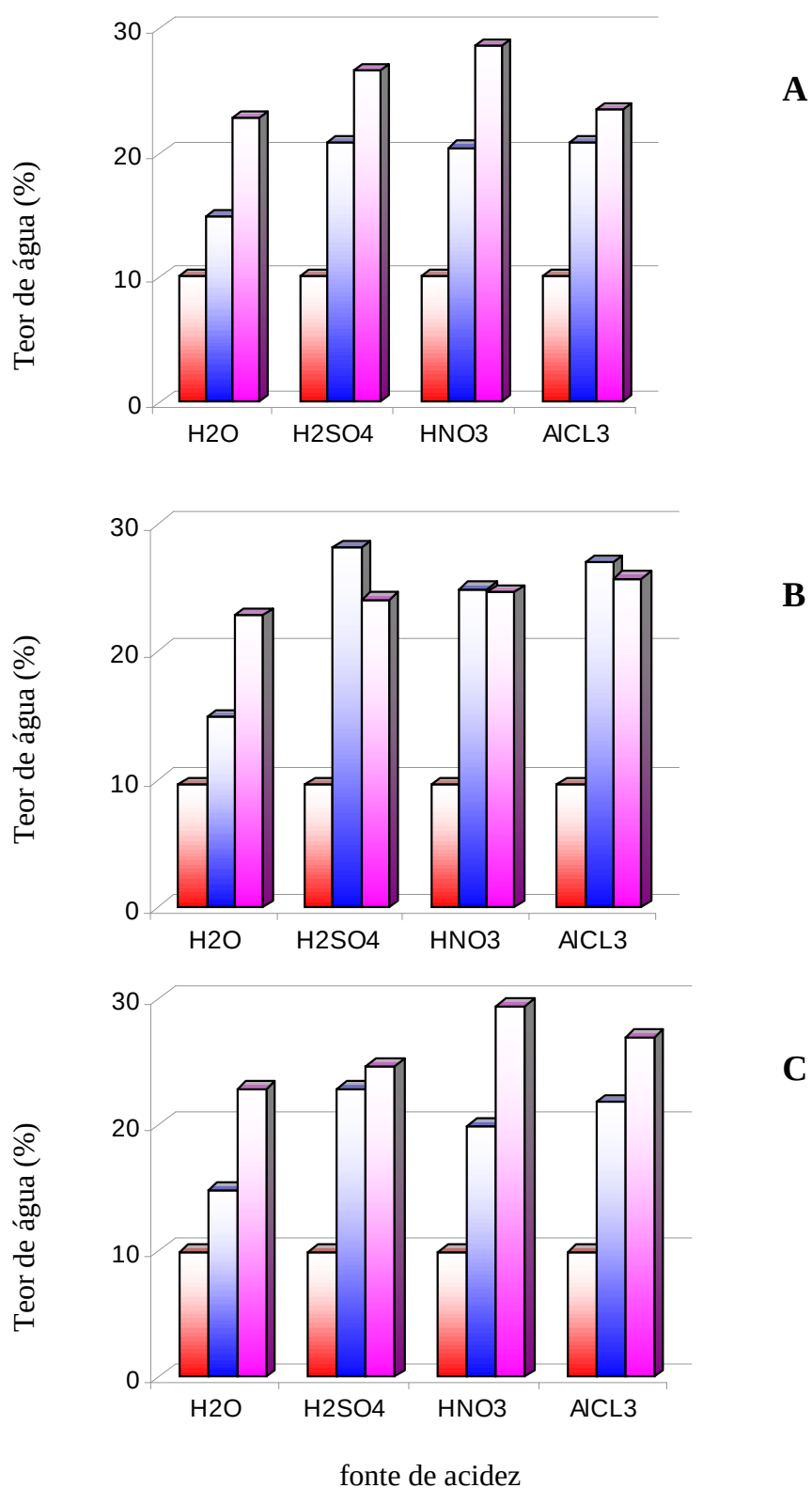


Figura 10. Teor de água (%) de sementes de *Erythrina speciosa* Andr. inicial (lilás) e após dois períodos de embebição (azul: metade do período para atingir a fase II; rosa: final da fase II) em água (H₂O) ou em soluções (A: pH = 2,0; B: pH = 3,5; C: pH = 5,6) de ácido sulfúrico (H₂SO₄), ácido nítrico (HNO₃) e cloreto de alumínio (AlCl₃).

Da mesma forma que o observado para sementes de *C. sativus*, também nas sementes de *E. speciosa* não se verificou efeito da adição de nitrogênio ao substrato de germinação, tanto no que se refere à fonte do N quanto à concentração das soluções (figura 15). Contudo, é importante salientar novamente que os principais efeitos da acidez sobre a germinação das sementes de *E. speciosa* podem ser indiretos (pelas modificações na disponibilidade de água do substrato ou pelos efeitos tóxicos de elementos como o alumínio) ou diretos. Contudo, neste último caso, ainda dependem da fonte e do grau da acidez, esta variando entre espécies, conforme já mencionado por Stubbendieck (1974) e por Chachalis & Reddy (2000).

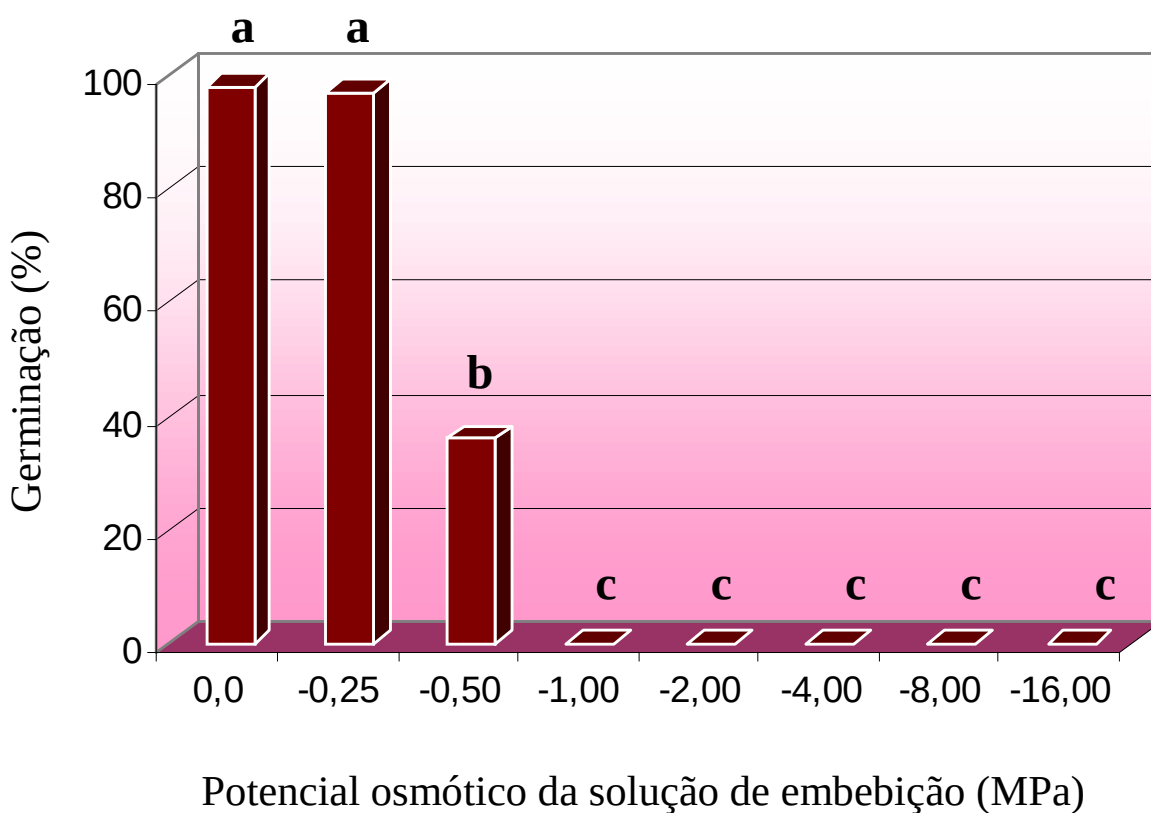


Figura 11. Porcentagem de germinação de sementes de *Erythrina speciosa* Andr. em soluções de polietileno glicol 6000 com diferentes potenciais osmóticos. Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Coeficiente de variação = 14,38%.

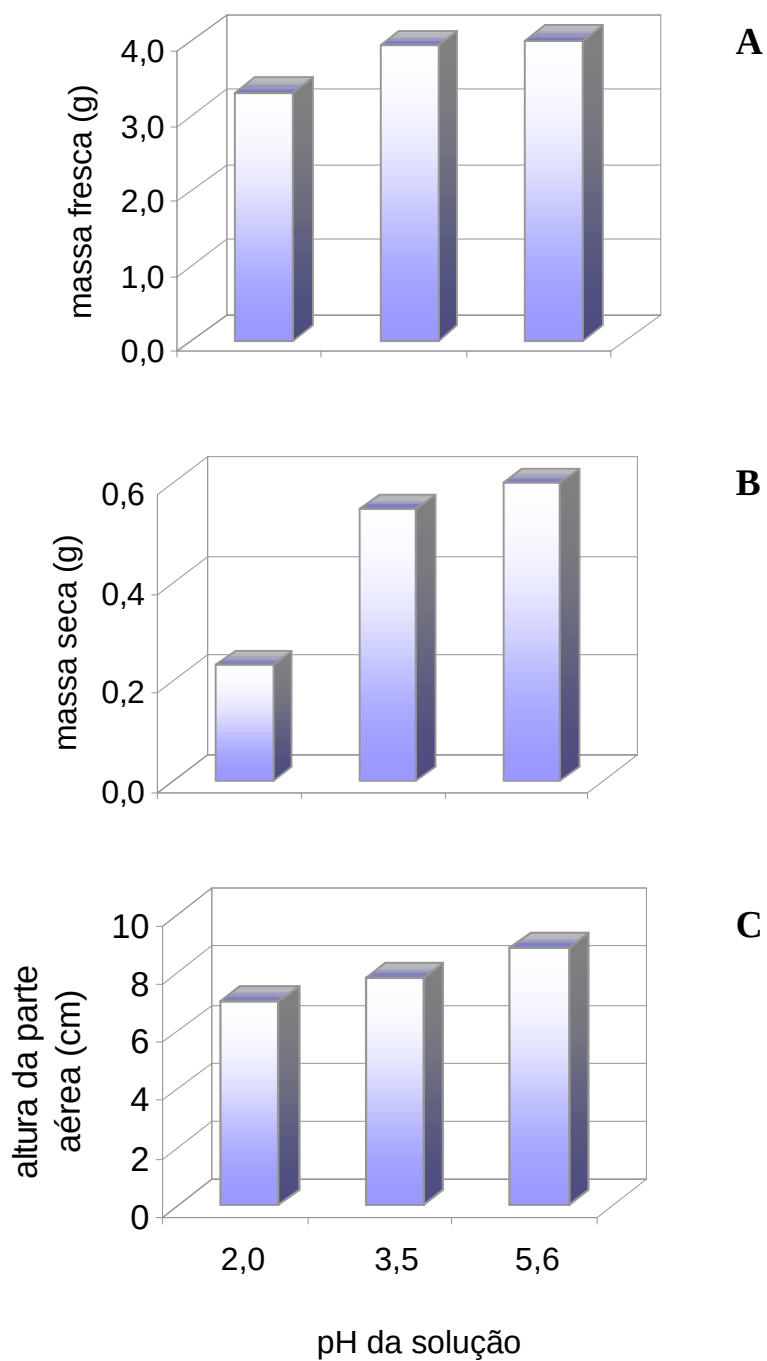


Figura 12. Massas fresca (A) e seca (B) totais e altura (C) da parte aérea de plântulas de *Erythrina speciosa* Andr. oriundas do teste de germinação das sementes em meio acidificado com H_2SO_4 .

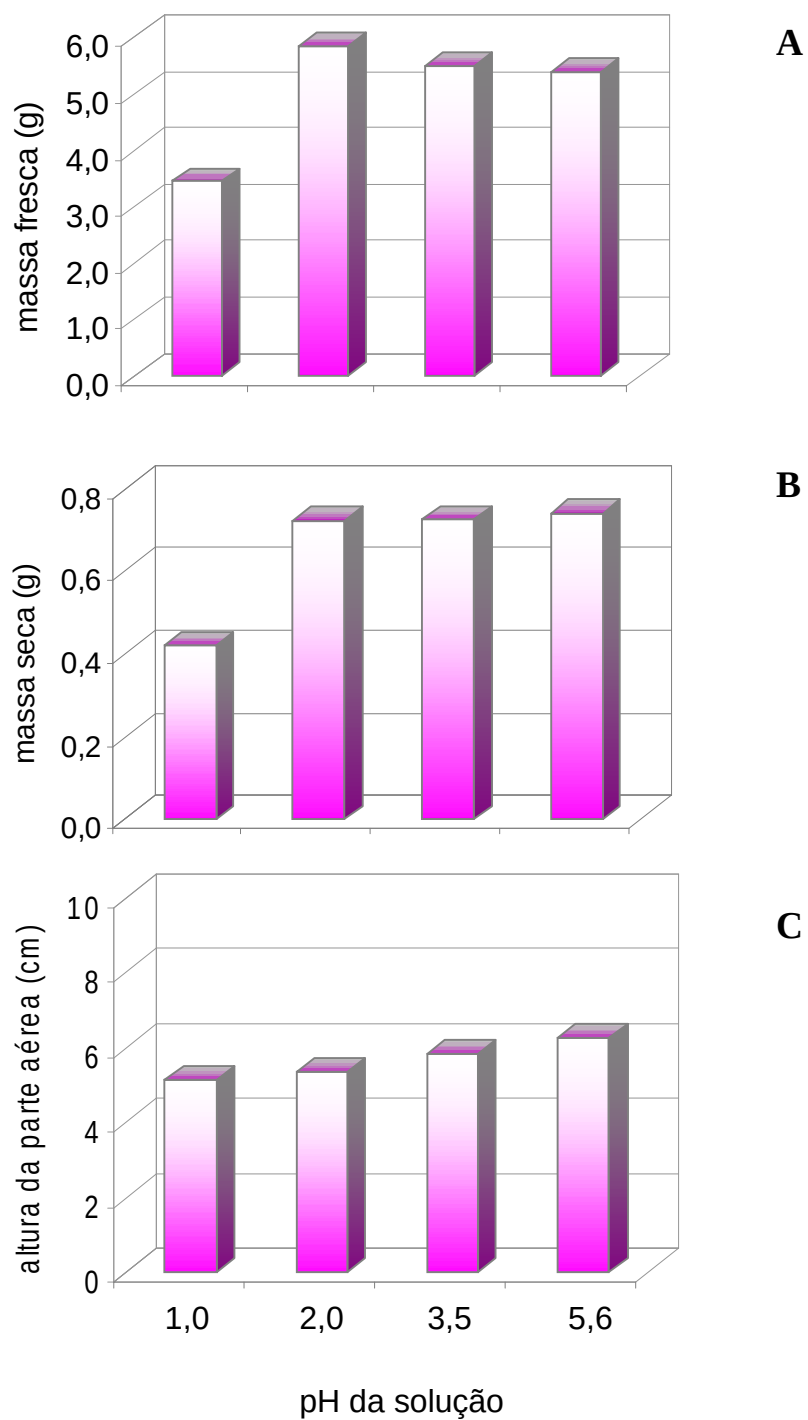


Figura 13. Massas fresca (A) e seca (B) totais e altura (C) da parte aérea de plântulas de *Erythrina speciosa* Andr. oriundas do teste de germinação das sementes em meio acidificado com HNO_3 .

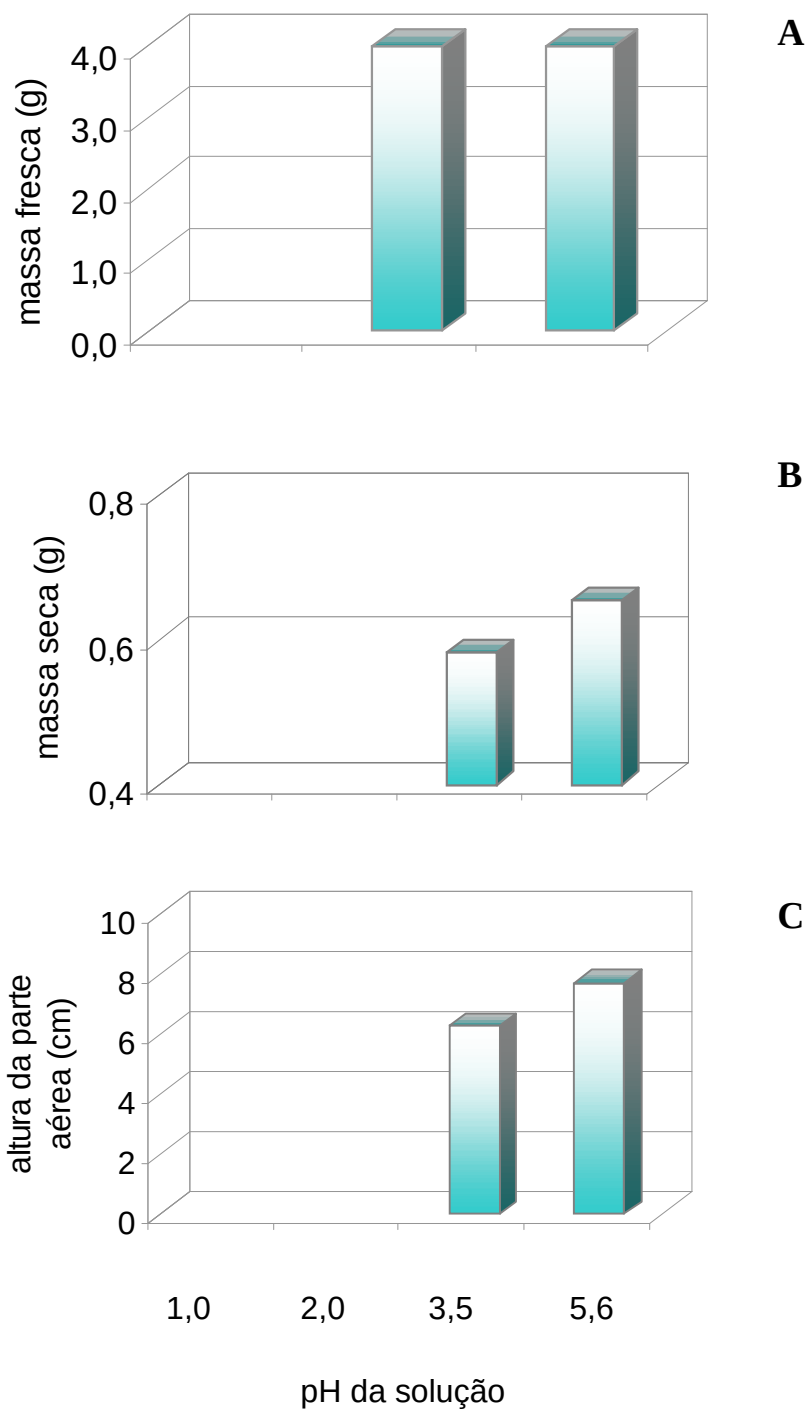
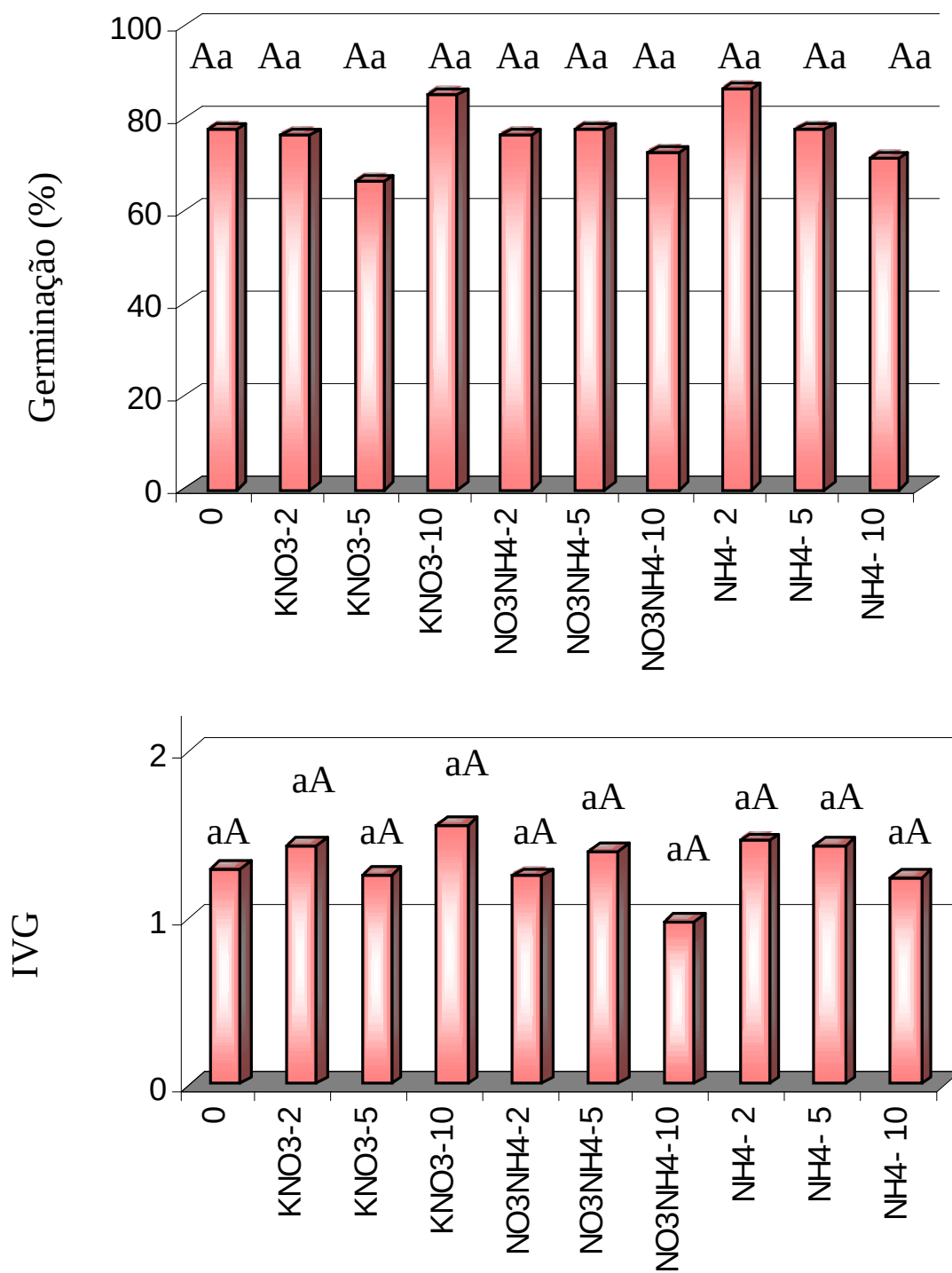


Figura 14. Massas fresca (A) e seca (B) totais e altura (C) da parte aérea de plântulas de *Erythrina speciosa* Andr. oriundas do teste de germinação das sementes em meio acidificado com AlCl_3 .



Fonte e concentração de Nitrogênio (mM)

Figura 15. Germinação (A) e índice de velocidade de germinação (B) de sementes de *Erythrina speciosa* Andr. em substrato umedecido com água destilada (0) ou com soluções nitrogenadas (KNO₃, NO₃NH₄ e NH₄(SO₄)₂) em diferentes concentrações (2, 5 e 10 mM). Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

4.3. *Eugenia brasiliensis*

De forma semelhante ao obtido para *Cucumis sativus* e em *Erythrina speciosa*, o tratamento H_2SO_4 em nível de pH 1,0 inibiu a germinação das sementes de *Eugenia brasiliensis* Lam. (figuras 16 e 17). Contudo, diferentemente do que se verificou nas sementes das espécies anteriores, nesta houve efeito prejudicial à germinação quando se utilizou ácido nítrico, o que reflete uma maior sensibilidade desta espécie à acidez. Novamente confirmam-se observações anteriores quanto às variações na sensibilidade das sementes de diferentes espécies à acidez (Stubbenieck 1974, Chachalis & Reddy 2000, Roem *et al.* 2002, Murata 2003). Confirmando a dificuldade de absorção dos ácidos pelas sementes, também nestas não houve aumentos no conteúdo de enxofre ou de nitrogênio quando a embebição foi realizada, respectivamente, em soluções de ácido sulfúrico e ácido nítrico (figura 18).

As plântulas oriundas dos testes de germinação das sementes de *E. brasiliensis*, semelhantemente às de *Erythrina speciosa*, suportaram o transplante e permitiram acompanhar possíveis efeitos residuais da exposição das sementes aos ácidos. Também neste caso não se verificou substancial prejuízo ao desenvolvimento das plântulas (figuras 19 e 20).

Outra importante diferença observada no comportamento destas sementes em relação às das espécies anteriores diz respeito à resposta germinativa ao alumínio. Enquanto nas sementes de *C. sativus* e de *E. speciosa* as soluções de cloreto de alumínio prejudicaram a germinabilidade apenas em pH 2,0 ou inferior, nas de *E. brasiliensis* houve prejuízo já a partir de pH 3,5, com completa perda da capacidade germinativa (figuras 16 e 17). Tal fato fornece subsídios para a conclusão de que as sementes de *E. brasiliensis* apresentam elevada sensibilidade à presença de alumínio.

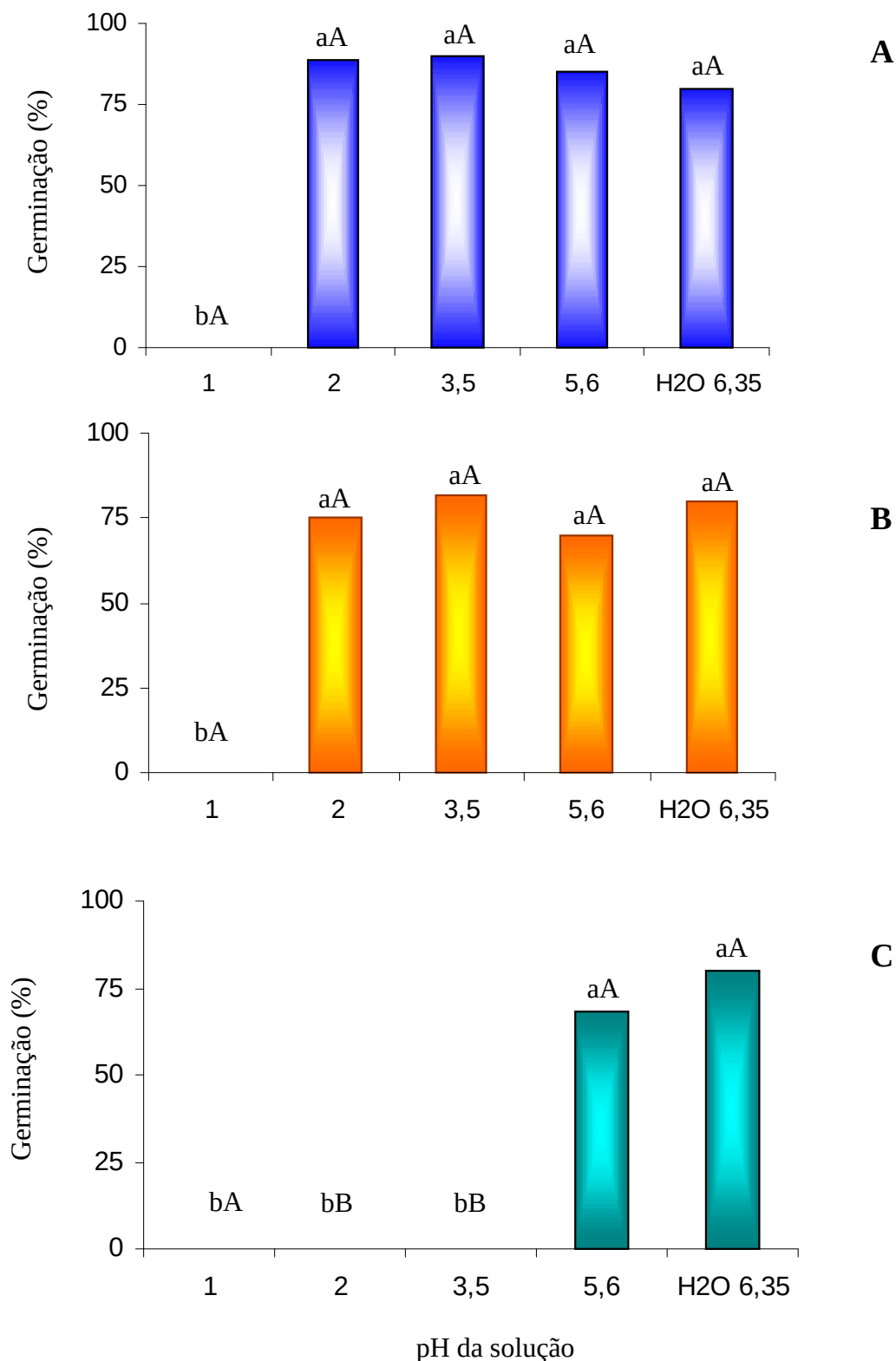


Figura 16. Germinação (%) de sementes de *Eugenia brasiliensis* Lam. em soluções diluídas de ácido sulfúrico (A), ácido nítrico (B) e cloreto de alumínio (C). Valores seguidos de mesma letra (minúsculas para níveis de acidez, maiúsculas para fontes de acidez) não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Coeficiente de variação = 18,68%.

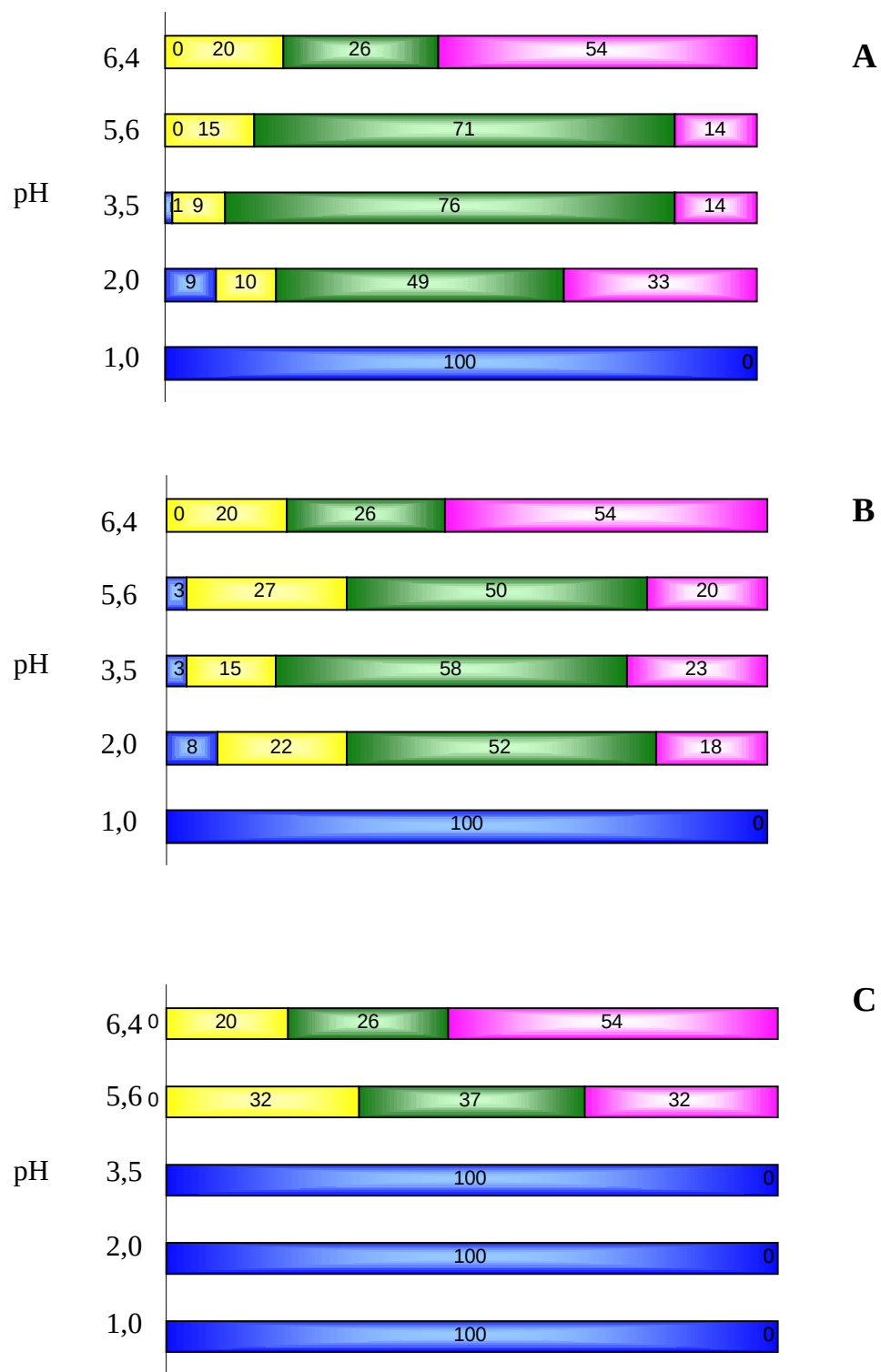


Figura 17. Sementes mortas (azul), plântulas anormais (amarelo), plântulas normais (verde) e sementes que apenas emitiram raiz primária (rosa), em porcentagem, de *Eugenia brasiliensis* Lam. após germinação em meio acidificado (A: ácido sulfúrico; B: ácido nítrico; C: cloreto de alumínio).

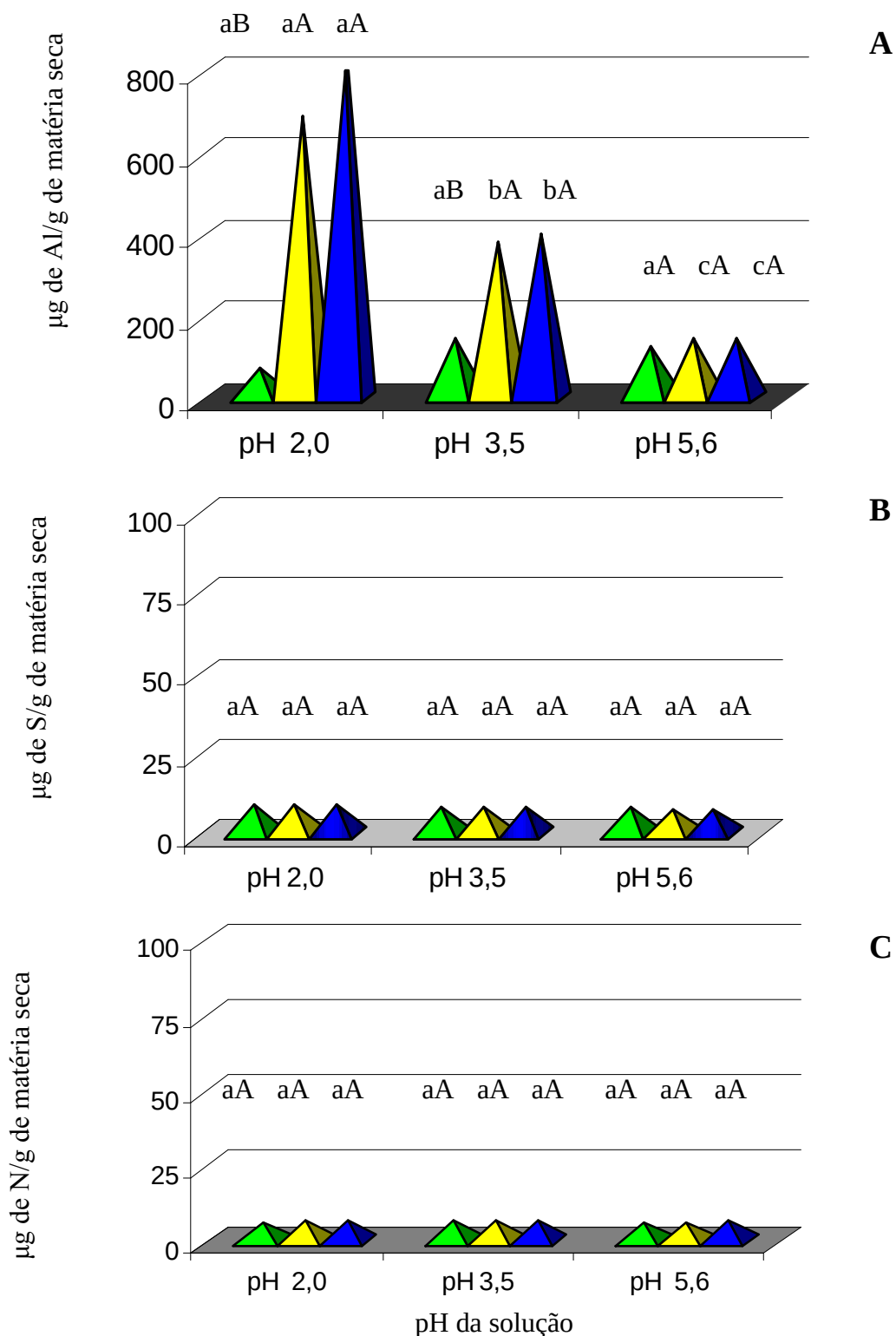


Figura 18. Média da absorção de alumínio (A), enxofre (S) e nitrogênio (N) pelas sementes *Eugenia brasiliensis* Lam. antes (verde) e após dois períodos de embebição (amarelo: metade do tempo para atingir a fase II; azul: final da fase II), nas soluções de cloreto de alumínio (A), ácido sulfúrico (B) e ácido nítrico (C). Valores seguidos de mesma letra (minúsculas comparam níveis de pH e maiúsculas tempo de embebição) não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

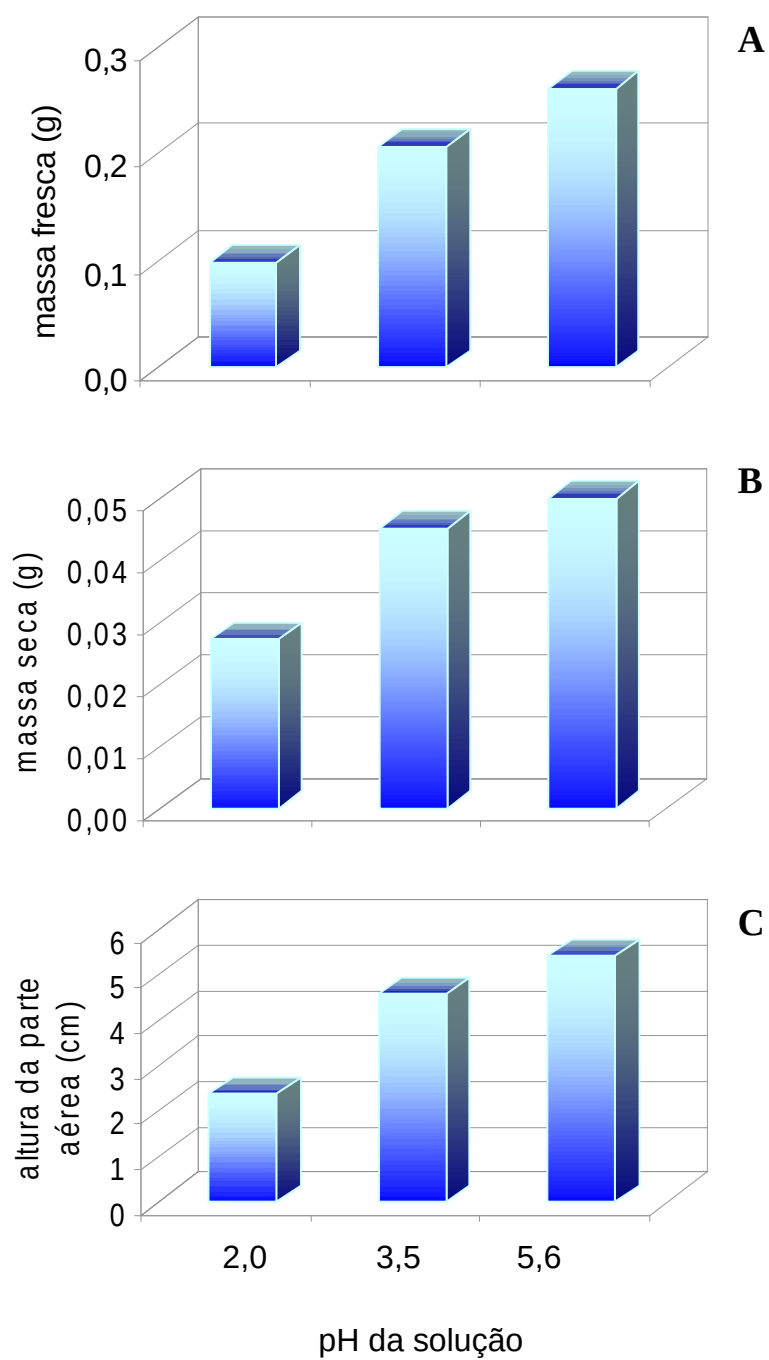


Figura 19. Massas fresca (A) e seca (B) totais e altura (C) da parte aérea de plântulas de *Eugenia brasiliensis* Lam. oriundas do teste de germinação das sementes em meio acidificado com H_2SO_4 .

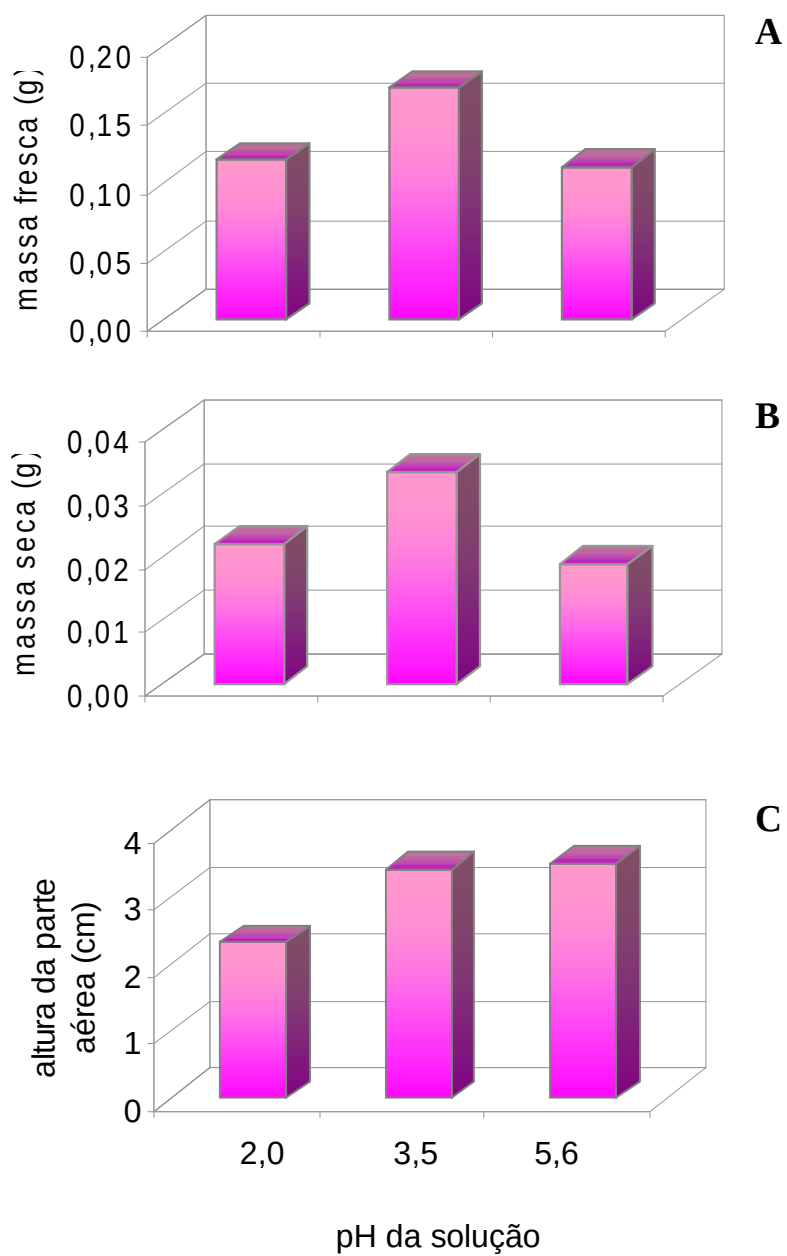


Figura 20. Massas fresca (A) e seca (B) totais e altura (C) da parte aérea de plântulas de *Eugenia brasiliensis* Lam. oriundas do teste de germinação das sementes em meio acidificado com HNO_3 .

Considerando-se os resultados apresentados nas figuras 16 e 17, comparados com a embebição nas soluções ácidas (figura 21) e, ainda, com o fato destas sementes serem intolerantes à dessecação (Delgado 2006), iniciando os testes de germinação com elevado teor de água, reforça-se a idéia do potencial efeito tóxico do alumínio na germinação de sementes. Na solução de cloreto de alumínio com pH 3,5, conforme descrito anteriormente, tem-se potencial osmótico superior a -0,5 MPa (M. Galloway 2005, informação pessoal). Sementes de *E. brasiliensis* com teor de água próximo a 40%, como as utilizadas no presente trabalho, têm potencial hídrico entre -2,0 a -4,0 MPa (Delgado 2006). Como a água se move espontaneamente de uma zona de potencial químico mais elevado para outra de potencial mais baixo (Leopold & Vertucci 1989), as sementes de *E. brasiliensis* teriam suficiente água livre na solução de alumínio a pH 3,5 para que não houvesse efeito osmótico sobre a germinação, diferentemente do que ocorre na solução a pH 2,0. Somam-se a esse fato os resultados de absorção de alumínio pelas sementes de *E. brasiliensis* (figura 18), demonstrando substancial aumento na quantidade de alumínio nas sementes submetidas à solução de cloreto de alumínio de pH 3,5, praticamente o dobro da quantidade observada nas sementes das duas outras espécies.

O possível efeito indireto da acidez sobre a germinação das sementes, modificando a forma predominante de nitrogênio no substrato (Bungard *et al.* 1997), também para *E. brasiliensis* não foi confirmado (figura 22).

Dessa forma, considerando as diferenças respeitando-se as diferenças em relação às tolerâncias à acidez e ao alumínio das sementes de diferentes espécies, já descritas (Salter & McIlvaine 1920, Hackett 1964, Stubbendieck 1974, Nosko *et al.* 1987, Scherbatskoy *et al.* 1987, Chachalis & Reddy 2000, Roem *et al.* 2002, Murata 2003, Iqbal & Shafiq 2003), o efeito osmótico demonstrado para as outras duas espécies do presente trabalho e, ainda, um possível efeito do cloro, os resultados obtidos no presente trabalho para sementes de *E. brasiliensis*

confirmam o prejuízo à germinação pelo alumínio.

Conforme descrito por Kochian (1995), há danos fisiológicos e morfológicos observáveis em plantas expostas a elevadas concentrações de alumínio mas, segundo Ma *et al.* (2001), mesmo em concentrações micromolares o alumínio pode inibir o crescimento radicular. Considerando-se que para as sementes das três espécies estudadas no presente trabalho houve absorção de alumínio nas soluções com pH 3,5 ou inferior, pode-se supor que não há necessidade das sementes atingirem a fase III da germinação (Bewley & Black 1985), com crescimento visível da raiz primária, para que se iniciem os efeitos do alumínio, como descrito por Rout *et al.* (2001), mas que tais efeitos poderiam se iniciar já na fase II. Esse seria, evidentemente, um efeito indireto da acidez sobre a germinação das sementes, uma vez que o pH modifica a solubilidade do alumínio na solução do solo, aumentando esta com a diminuição daquele (Mengel & Kirkby 1987, Ma *et al.* 2001).

Além disso, é importante destacar o efeito direto da acidez sobre a germinação das sementes, embora tenha sido demonstrado, no presente trabalho, que esse efeito só ocorreria em situações pouco prováveis de ocorrerem em condições naturais, ou seja, com a solução do solo apresentando pH igual ou inferior a 1,0 e, ainda assim, com a presença de ácidos específicos. Essa situação seria mais provável de ser encontrada nas práticas de escarificação química de sementes.

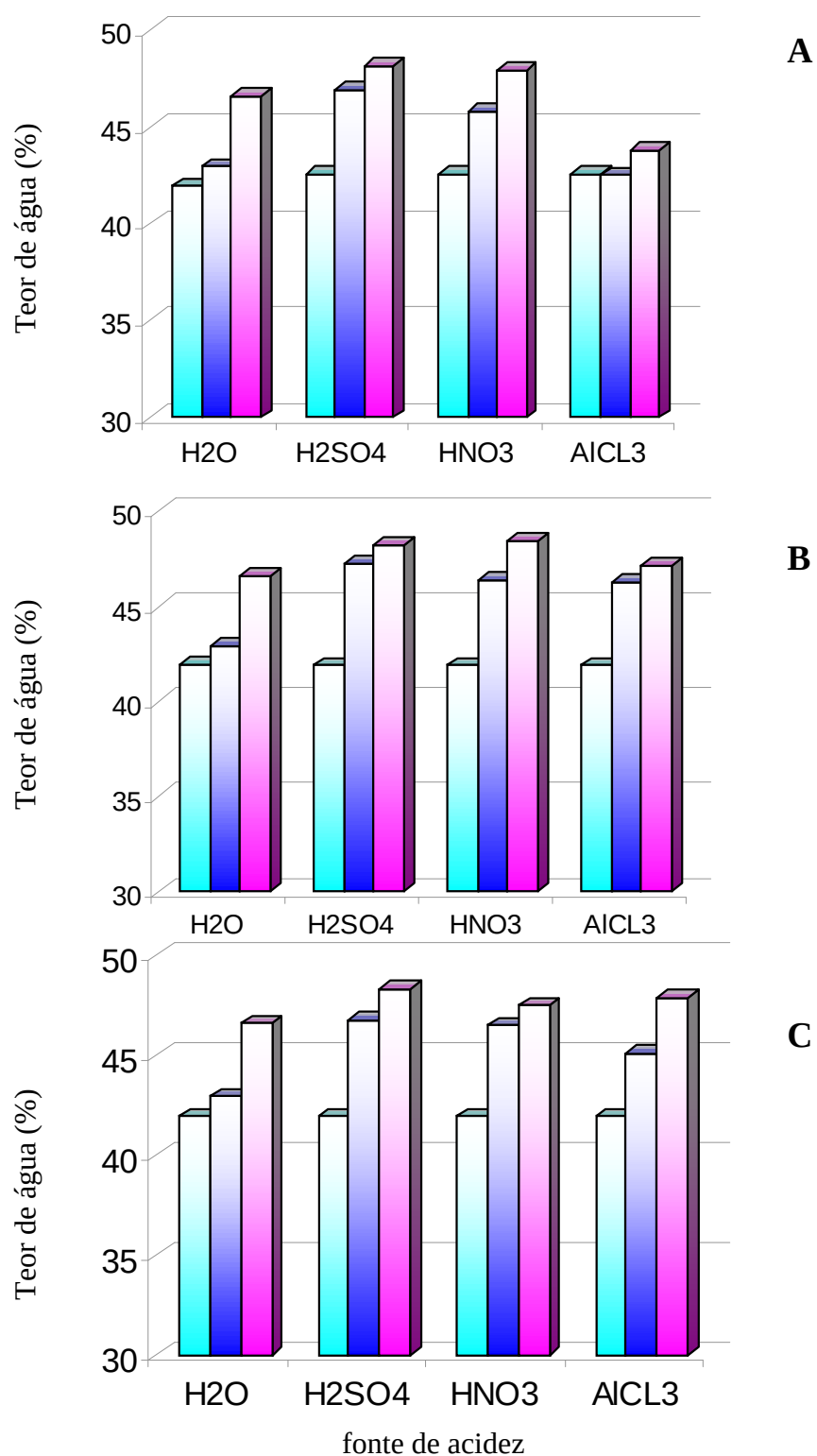


Figura 21. Teor de água (%) de sementes de *Eugenia brasiliensis* Lam. inicial (lilás) e após dois períodos de embebição (azul: metade do período para atingir a fase II; rosa: final da fase II) em água (H₂O) ou em soluções (A: pH = 2,0; B: pH = 3,5; C: pH = 5,6) de ácido sulfúrico (H₂SO₄), ácido nítrico (HNO₃) e cloreto de alumínio (AlCl₃).

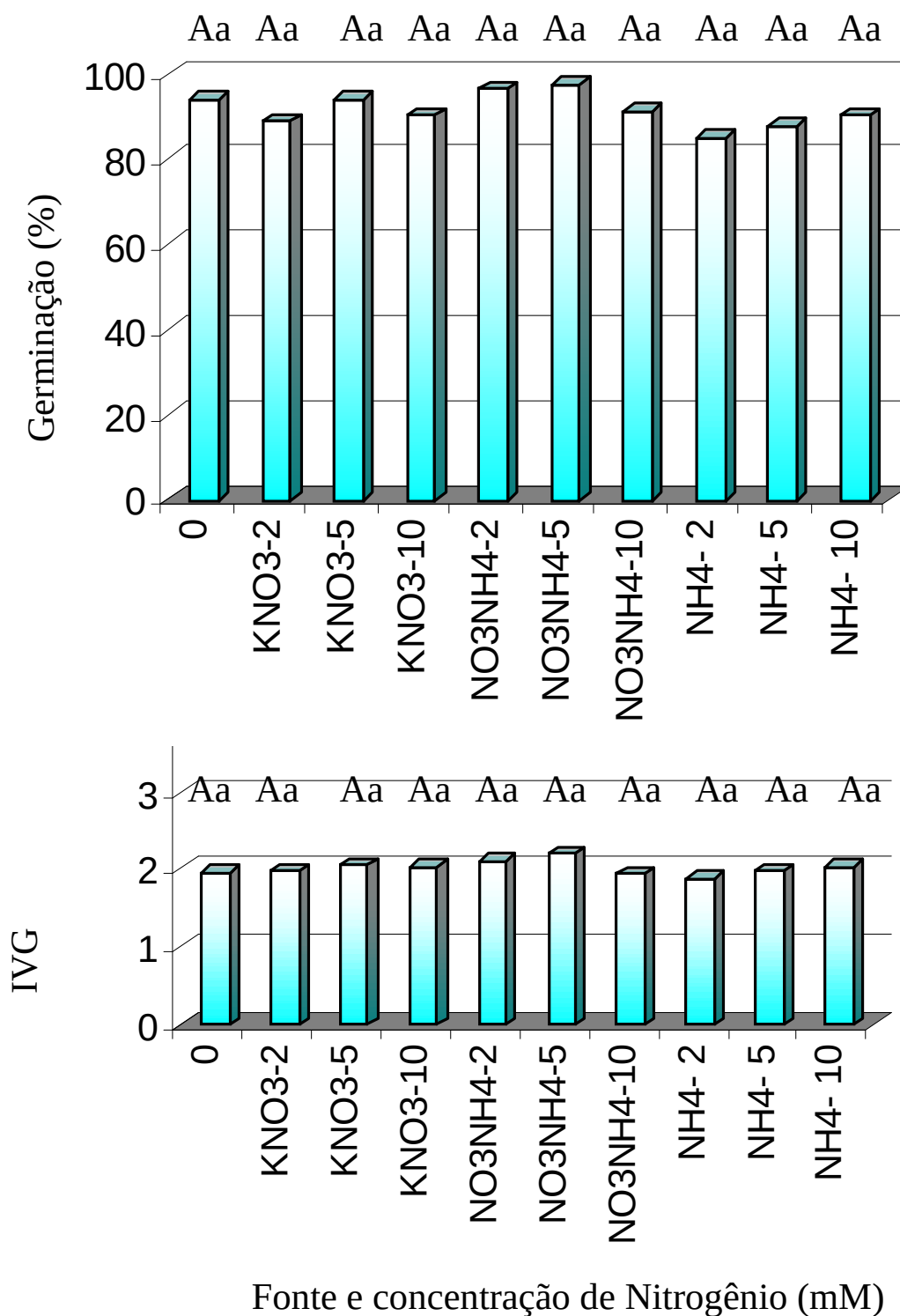


Figura 22. Germinação (A) e índice de velocidade de germinação (B) de sementes de *Eugenia brasiliensis* Lam. em substrato umedecido com água destilada (0) ou com soluções nitrogenadas (KNO₃, NO₃NH₄ e NH₄(SO₄)₂) em diferentes concentrações (2, 5 e 10 mM). Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Coeficiente de variação = 8,62%.

5. CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitiram concluir que:

1. Sementes de *Cucumis sativus* L., *Erythrina speciosa* Andr. e *Eugenia brasiliensis* Lam. podem germinar em meio ácido, desde que o pH não seja inferior a 2,0;
2. O aumento da concentração de alumínio, como efeito indireto da acidez do meio, pode prejudicar a germinação das sementes dessas espécies e o desenvolvimento inicial das plântulas.

6. LITERATURA CITADA

- Barbedo, C.J.** 1990. Influência da idade e do repouso pós colheita de frutos na qualidade fisiológica de sementes de pepino (*Cucumis sativus* L.). (dissertação de mestrado) 110 p. Faculdade de Ciências Agronômicas do campus de Botucatu.
- Baskin, M. J. & Baskin, C.C.** 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 4: 1 - 17.
- Baskin, M.J., Baskin C.C., Li, X.** 2000. Taxonomy, anatomy and evolution of fysical dormancy in seeds. *Plant Species Biology* 15: 139 -152
- Bell, D.T., King, L.A., Plummer, J.A.** 1999. Ecophysiological effects of light quality and nitrate on seed germination in species from western Australia. *Australian Journal of Ecology* 24: 2 - 10.
- Bewley, D.J.** 1997. Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* 9: 1055 - 1066.
- Bewley, D.J. & Black, M.** 1978. Seeds: Physiology of Development and Germination. *Journal of Ecology* 74: 905 - 906.
- Bewley, D.J. & Black, M.** 1985. Seeds physiology of development and germination. Plenum

Press, New York.

Bigelow, S.W., Canham, C.D. 2002. Community organization of tree species along soil gradients in a north-eastern USA forest. *Journal of Ecology* 90: 188 – 200.

Black, C.A. 1968. Soil - Plant relationships, 2^a ed. Malabar – Flórida, USA, 792 p.

Borges, E.E.L., Ribeiro Júnior, J.I., Rezende, S.T., Perez, S.C.J.G.A. 2004. Alterações fisiológicas em sementes de *Tachigalia multijuga* (Benth.) (mamoneira) relacionadas aos métodos para a superação da dormência. *Revista Árvore* 28: 317- 325.

Borghetti, F. 2004. Dormência embrionária. In: *Germinação: do básico ao aplicado* (A.G. Ferreira & Borghetti, orgs). Artmed, Porto Alegre pp.109 - 125.

Borghetti, F. & Ferreira, A.G. 2004. Interpretação de resultados de germinação. In *Germinação: do básico ao aplicado* (A.G. Ferreira & F. Borghetti, orgs.), Porto Alegre: Artmed. pp. 209 - 222.

Bradford, K.J. 2005. Threshold models applied to seed germination ecology. *New Phytologist* 165: 338 – 341.

Brady, N.C. 1979. Natureza e propriedade dos solos, 5^a ed. Freitas Bastos S.A. 647p.

Brasil. 1992. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. SNDA/DNDV/CLAV, Brasília.

Bungard, R.A., McNeil, D., Morton, J.D. 1997. Effects of chilling, light and nitrogen-containing compounds on germination, rate of germination and seed imbibition of *Clematis vitalba* L. *Annals of Botany* 79: 643 - 650.

Cardoso, V.J.M. 2004. Dormência estabelecimento do processo. In: *Germinação: do básico ao aplicado* (A.G. Ferreira & Borghetti, orgs). Artmed, Porto Alegre pp.95 - 109.

Carvalho, N.M. & Nakagawa, J. 1983. Sementes: Ciência, tecnologia e produção. 2^a ed. Fundação Cargill, Campinas, 588 p.

Carvalho, N.M., Demattê, M.E.S.P., Graziano, T.T. 1980. Germinação de sementes de

- essências florestais nativas. Suinã ou mulungu (*Erythrina speciosa* Andr.). Revista Brasileira de Sementes 2: 81 - 88.
- Castellani, E.D. & Aguiar, I.B.** 1977. Efeito da escarificação na germinação de sementes de candiuba (*Trema micrantha* (L.) Blume). Revista Brasileira de Sementes 19: 384 - 388.
- Castro, R.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M.** 2004. Embebição e reativação do metabolismo. In: Germinação: do básico ao aplicado (A.G. Ferreira & Borghetti, orgs). Artmed, Porto Alegre 149 - 162.
- Chachalis, D. & Reddy, K.N.** 2000. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. Weed Science 48: 212–216.
- Coelho, M.F.B., Albuquerque, M.C.F., Dombroski, J.L.D.** 2000. Germinação de sementes de azedinha (*Oxalis lisurtissima*) espécie medicinal de Mato Grosso, Brasil. Acta Amazonica 30: 3 – 8.
- Colbry, V.L., Swofford, T.F., Moore, P.R.** 1961. Test for germination in the laboratory. In: Seeds: The year book of agriculture, Washington, D.C., Department of Agriculture. USA.
- Conyers, M.K., Ure, N.C., Helyar, K.R., Poile, G.J. Cullis, B.R.** 1997. Temporal variation in soil acidity. Austral Journal of Soil Research 35: 1115 - 1129.
- Cruz, E.D., Carvalho, J.E.U., Leão, N.V.M.** 2001. Métodos para a superação da dormência e biometria de frutos e sementes de *Parkia nitida* Miquel. (Leguminosae- Mimosoideae). Acta Amazonica 31: 167 - 177.
- Dehgan, B., Norcini, J.G., Kabat, S.M., Pérez, H.E.** 2003. Effect of seed scarification and gibberellic acid treatment on seedling emergence of sky-blue lupine (*Lupinus diffusus*). Journal of Environmental Horticulture 21: 64-67.
- Delgado, L.F.** 2006. Tolerância à dessecação em sementes de espécies brasileiras de *Eugenia*. (Dissertação de Mestrado) Instituto de Botânica de São Paulo, S.P.
- Dias, L.** 2000. Describing phytotoxic effect on cumulative germination. Journal of Chemical

Ecology 27: 411-418.

- Eira, M.T.S., Freitas, R.W.A., Mello, C.M.C. 1993.** Superação da dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. – Leguminosae. Revista Brasileira de Sementes 15: 177 – 181.
- Ek, H. Andersson, S., Arnebrant, K., Söderström, B. 1994.** Growth and assimilation of NH_4 and NO_3 by *Paxillus involutus* in association with *Betula pendula* and *Picea abies* as affected by substrate pH. New phytologist 128: 629 - 637.
- Façanha, A.R. & Okorokova-Façanha, A.L. 2002.** Inibition of phosphate uptake in corn roots by aluminum-fluoride complexes. Plant Physiology 129: 1763 - 1772.
- Fagearia, N.K. 2000.** Resposta de arroz de terras altas à correção de acidez do solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35: 34 - 40.
- Faron, M.L.B., Perecin, M.B., Lago, A.A., Bovi, O.A., Maia, N.B. 2004.** Temperatura nitrato de potássio e fotoperíodo na germinação de sementes de *Hypericum perforatum* L. e *H. brasiliense* Choisy. Bragantia 63: 193 – 199.
- Fleck, N.G., Agostinetto, D., Vidal, R.A., Merotto Júnior, A. 2001.** Efeitos de fontes nitrogenadas e de luz na germinação de sementes de *Bidens pilosa* e *Sida rhombifolia*. Ciências Agrotecnológicas 25: 592 - 600.
- Fonseca, S.C.L., Perez, S.C.J.G.A. 2001.** Germinação de sementes de olho-de-dragão (*Adenanthera pavonina* L.): ação de poliaminas na atenuação do estresse salino. Revista Brasileira de Sementes 23: 14 - 20.
- Foolad, M.R., Hyman, J.R., Lin, G.Y. 1999.** Relationships between cold- and salt-tolerance during seed germination in tomato: Analysis of response and correlated response to selection. Plant Breeding 118: 49 – 52.
- Forcela, F., Arnold, R.L.B., Sanchez, R., Ghera, C.M. 2000.** Modeling seedling emergence. Field Crop Research 67: 123 -139.

- Foy, C.D., Chaney, R.L., White, M.C.** 1978. The physiology of metal toxicity in plants. Annual Review of Plant Physiology 29: 511 - 566.
- Garcia, E.N., Baseggio, J.** 1999. Poder germinativo de sementes de *Desmodium inccanum* DC. (Leguminosae). Revista Brasileira de Agrociência 5: 199-202.
- Garcia, J., Cícero, S.M.** 1992. Superação de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Scientia agricola 49: 9 - 13.
- Gerloff, G.C.** 1963. Comparative Mineral Nutrition of Plants. Annual Review of Plant Physiology 14: 107-124.
- Gigon, A. & Rorison, I.H.** 1972. The response of some ecologically distinct plant species to nitrate-and to amonium-nitrogen. The Journal of Ecology 60: 93 - 102.
- Godbold, D.L., Jentschke, G., Marschner, P.** 1995. Solution pH modifies the response of Norway spruce seedling to aluminium. Plant soil 171: 174 – 178.
- Gomes, F.P.** 1982. Curso de estatística experimental. 10 ed. Piracicaba, Nobel. 430p.
- Guimarães, F.L.C., Maluf, A.M., Barbedo, C.J., Bilia, D.A.C.** 1995. Germinação e dormência de sementes de *Hymenea courbaril* L. (Leguminosae- Caesalpinoideae). Hoehnea 22: 217-227.
- Haag, H.P.** 1985. Chuvas ácidas. Campinas, Fundação Cargill. 77p.
- Hackett, C.** 1964. Ecological aspects of the nutrition of *Deschampsia flexuosa* (L.). The effect of alumínium, manganese and pH on germination. Journal of Ecology 52: 159-167.
- Havill, D.C., Lee, J. A., Stewart, A.** 1974. Nitrate utilization by species from acidic and calcareous soil. New Phytologist 73: 1221 - 1231.
- Hilhorst, H.W.M.** 1995. A critical update on seed dormancy. I. Primary dormancy. Seed Science Research 5: 61-73.
- Iqbal, M.Z. Shafiq, M.** 2003. Effects of aluminium on germination and growth of two diferent wheat cultivars. Acta Botanica Hungarica 45: 315 - 321.

- Isselin, F. Bédecarrats, A., Szembel, J.** 2004. The chemical composition on soil can affect germination capacity of alpine plant functional types. *Seed Ecology* 2004, In: International Meeting on Seed and the Environment, Rhodes, Greece, April 29 May 4, 2004, 145.
- ISTA.** 1985. International rules for seed testing. *Seed Science and Tecnology* 13: 356 - 513.
- Jeller, H. & Perez, S.C.J.G.A.** 1999. Estudo da superação da dormência e da temperatura em sementes de *Cassia excelsa* Schrad. *Revista Brasileira de Sementes* 21: 32 - 40.
- Joly, A.B.** 1970. Botânica: chaves de identificação das famílias de plantas vasculares que ocorrem no Brasil. Companhia Editora Nacional. R.J.
- Kidd, P.S. & Proctor, J.** 2000. Effect of aluminium on the growth and mineral composition of *Betula pendula* Roth. *Journal of Experimental Botany* 51: 1057 – 1066.
- Kidd, P.S. & Proctor, J.** 2001. Why plants growth poorly on very acid soil: are ecologists missing the obvious ?. *Journal of Experimental Botany* 52: 791 – 799.
- Kochian, L.V.** 1995. Celular mechanism of aluminium toxicity and resistance in plants. *Annual Review of Plant Physiology* 46: 237 - 260.
- Koller, D., Mayer, A.M., Poljakoff - Mayber, A. Klein, S.** 1962. Seed germination. *Annual Review of Plant Physiology* 13: 437 - 464.
- Koorneef, M., Bentsink, L., Hilhorst, H.** 2002. Seed dormancy and germination. *Current Opinion in Plant Biology* 5: 33 - 36.
- Kurz, H.** 1930. The relation of pH to plant distribution in nature. *The American Naturalist* 64: 314 - 341.
- Larcher, W.** 2000. *Ecofisiologia vegetal*. Ed.Rima, São Carlos, 531p.
- Legrand, C.D., Klein, R.M.** 1969. *Flora ilustrada catarinense. I parte: As plantas. Fascículo mirtaceas*. Planejada e editada por P. Raulino, Reiz herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. 216p.
- Leopold, A.C.** 1983. Volumetric components of seed imbibition. *Plant Physiology*, 73: 677-

680.

- Leopold, A.C. & Vertucci, C.W.** 1989. Moisture as a regulator of physiological reaction in seeds. in: Seed Moisture (P.C. Stanwood & McDonald, eds). Madison Crop Science Society of America, 51 - 67.
- Lopes, C.J., Capucho, M. T., Furno, P. S., Zanotti, P.** 1998a. Tratamento para superar dormência em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). Revista Brasileira de sementes 20: 89 – 92.
- Lopes, C.J., Capucho, M. T., Zanotti, P.** 1998b. Germinação de sementes de espécies florestais de *Caesalpineia ferrea* Mart. Ex Tul. Var. leiostachya Benth., *Cassia grandis* L. E *Samanea saman* Merrill, após tratamento para superar a dormência. Revista Brasileira de Botânica. 20: 80-86.
- Lorenzzi, H.** 1992. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa. Plantarum. 352p.
- Ma, J.F. & Furukawa, J.** 2003. Recent progress in the research of external Al detoxification on higher plants: a minireview. Journal of Inorganic Biochemistry 97: 46 - 51.
- Ma, J.F., Ryan, P.R., Delhaize, E.** 2001. Aluminium tolerance in plants and complexing role of organic acids. Trends in Plant Science 6: 273 - 278.
- Maeda, J.A. & Pereira, M.F.** 1987. Germinação de *Vitis vinifera* seeds: role of the seed coat. Revista Brasileira de Botânica 10: 1 - 5.
- Malavolta, E.** 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2. ed. POTAFOS. Piracicaba.
- Marcos Filho, J.** 2005. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 495p.
- Marschner, H.** 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London. 674p.
- Mayer, A.M., Poljakoff-Mayber.** 1963. The germination of seeds: Plant Physiology, General editors: Wareing, P.F. Galston, A. W., Pergamon Press. New York.

- Mayer, A.M., Shain, Y.** 1974. Control of seed germination. Annual Review of Plant Physiology 25: 167 – 193.
- Mello, F.A.F., Sobrinho, M.O.C.B., Arzola, S., Silveira, R.I., Cobra Neto, A., Kiehl, J.C.** 1985. Fertilidade do solo. 3^a ed. Nobel, São Paulo.
- Melo, M.G.G., Mendonça, M.S., Mendes, Â.M.S.** 2004. Análise morfológica de sementes, germinação e plântulas de jatobá (*Hymenaea intermedia* Ducke var. *adenotricha* (Ducke) Lee & Lang.) (Leguminosae-caesalpinioideae) Acta Amazonica 34: 9 - 14.
- Mengel, D., Kirkbi, E.A.** 1987. Principles of plant nutrition. 4ed. International Potash Institute. Switzerland. 687p.
- Meschede, D.K., Sales, J.G.C., Braccini, A.L., Scapim, C.A., Schuab, S.R.P.** 2004. Tratamento para a superação da dormencia das sementes de capim braquiária cultivar Marandu. Revista Brasileira de Sementes 26: 76 – 81.
- Miyasaka, S.C., Hawes, M.C.** 2001. Possible role of border cells in detection and avoidance of aluminium toxicity. Plant Physiology, 125: 1978 - 1987.
- Murata, M.R., Hammes, P.S., Zharare, G.E.** 2003. Effect of solution pH and calcium concentration on germination and early growth of groundnut. Journal of Plant Nutrition 26: 1247 - 1262.
- Nagy, N.E., Dalen, L.S., Jones, D.L., Swensen, B., Fossdal, C.G.** 2004. Cytological and enzymatic responses to aluminium stress in root tips of Norway spruce seedlings. New Phytologist 120: 465 - 473.
- Nassif, S.M.L. & Perez, S.C.J.G.A.** 1977. Germinação de sementes de amendoim do campo (*Pterogyne nitens* Tul.): influência dos tratamentos para superar a dormência e profundidade de semeadura. Revista Brasileira de Sementes 19: 172 - 179.
- Nosko, P., Kershaw, K. A.** 1987. The effect of aluminium on seed germination and early seedling establishment, growth, and respiration of white spruce (*Picea glauca*). Canadian

Journal of Botany 66: 2305–2310.

Oliveira, A.P., Pereira, E.L., Bruno, R.L.A. Alves, E.U.; Costa, R.F., Leal, F.R.F. 2003.

Produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão-vagem em função de fontes e doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Sementes* 25: 49 - 55.

Olsson, B.A., Kellner, O. 2002. Effects of soil acidification and liming on ground flora

establishment after clear-felling of Norway spruce in Sweden. *Forest Ecology and Management* 158: 127 - 139.

Osborne, D.J. 1983. Biochemical control systems operating in the early hours of germination.

Canadian Journal of Botany 61: 3568 - 3590.

Passos M.A.A.; Lima, T.V.; Albuquerque, J.L. 1988. Quebra de dormência em sementes de

Leucena. *Revista Brasileira de Sementes* 10: 97-102.

Perez, S.C.J.G.A. 2004. Dormência embrionária. *In* Germinação: do básico ao aplicado (A.G.

Ferreira & Borghetti, orgs). *Artmed*, Porto Alegre 125 - 135.

Perez, S.C.J.G.A. & Prado, C.H.B.A. 1993. Efeitos de diferentes tratamentos pré-germinativos

e da concentração de alumínio no processo germinativo de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. *Revista Brasileira de Sementes* 15: 115 - 118.

Perez, S.C.J.G.A., Fanti, S.M., Casali, C.A. 1999. Dormancy break and light quality effect on

seed germination of *Peltophorum dubium* Taub. *Revista Árvore*: 23: 131 - 137.

Plieth, C., Sattelmacher, B., Hansen, U., Knight, M.R. 1999. Low-pH-mediated elevations in

cytosolic calcium are inhibited by aluminium: a potential mechanism for aluminium toxicity. *The Plant Journal* 18: 643 - 650.

Pons, T.L. 1989. Breaking of seed dormancy by nitrate as a gap detection mechanism. *Annals of*

Botany 63: 139 - 143.

Quagliano, J.V., Vallarino, L.M. 1973. Química. 3ª ed. Ed. Guanabara R.J.

Raij, B.V. 1987. Avaliação da fertilidade do solo. 3ª. ed. POTAFOS. Piracicaba, São Paulo.

- Redmann, R.E. & Abouguendia, Z.M.** 1979. Germination and seedling growth on substrates with extreme pH-laboratory evaluation of buffers. *Journal of Applied Ecology* 16: 901 - 907.
- Ren, J. & Tao, L.** 2004. Effects of different pre-sowing seed treatment on germination of 10 *Calligonum* species. *Forest Ecology and Management* 195: 291 - 300.
- Resende, M., Lani, J.L., Rezende, S.B.** 2002. Pedossistemas da Mata Atlântica: considerações pertinentes sobre a sustentabilidade. *Revista Árvore* 26: 261 - 269.
- Ribas, L.L.F., Fossati, L.C., Nogueira, A.C.** 1996. Superação da dormência de sementes de *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze (MARICA). *Revista Brasileira de Sementes* 18: 98 - 101.
- Roem, W.J., Klees, H., Berendse, F.** 2002. Effects of nutrient addition and acidification on plant species diversity and seed germination in heathland. *Journal of Applied Ecology* 39: 937 - 948.
- Rodrigues, E. H. A., Aguiar, I.B., Sader, R.** 1990. Quebra de dormência de sementes de três espécies do gênero *Cassia*. *Revista Brasileira de Sementes* 12: 17 - 27.
- Rolston, M.P.** 1978. Water impermeable seed dormancy. *The Botanical Review*, 44: 65-396.
- Rorison, I.H.** 1972. The effect of extreme soil acidity on the nutrient uptake and physiology of plants. *Proceedings of International Symposium on Acid Sulphate Soils, 1972, Wageningen, Netherlands.*
- Rout, G.R., Samantaray, S., Das, P.** 2001. Aluminium toxicity in plants : a review. *Agronomie* 21: 3 - 21.
- Salter, R.M.; McIlvaine, T.C.** 1920. Effect of reaction of solution on germination of seeds and of seeds and on growth of seedlings, *Journal of Agricultural Research* 19: 73 – 95.
- Sánchez, P.** 1981. *Suelos del tropico: características y manejo*, 1ª ed. Trad - Edilberto Camacho. San José, Costa Rica, 660p.
- Santarén, E.R. & Áquila, M.E.A.** 1995. Influência de métodos de superação de dormência e do

- armazenamento na germinação de sementes de *Senna macranthera* (Colladon) Irwin & Barneby (leguminosae). Revista Brasileira de Sementes 17: 205 - 209.
- Santos, V.L.M., Calil, A.C., Ruiz, H.A., Alvarenga, E.M., Santos, C.M.** 1992 Efeito de estresse salino e hídrico na germinação e vigor das sementes de soja. Revista Brasileira de Sementes, 14: 190 - 200.
- Scherbatskoy, T., Klein, R.M., Badger, G.J.** 1987. Germination response of forest tree seed to acidity and metal ions. Environmental and Experimental Botany 27: 157 - 164.
- Shomer, I., Novacky, A.J., Pike, S.M., Yermiyahu, U., Kinraide, T.B.** 2003. Electrical potentials of plant cell walls in response to the ionic environment. Plant Physiology 133: 411 - 422.
- Singh, B. & Amritphale, D.** 1992. Effect of light and its interaction with nitrate and ammonium ions in seed germination of *Caesulia axillaris*. Physiologia Plantarum 85: 43 - 48.
- Smiderle, O.J.; Souza, R.C.P.** 2003. Dormência em sementes de Paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth - Fabaceae - Papilionidae). Revista Brasileira de Sementes 25: 72 - 75.
- Souza, F.H.D. & Marcos-Filho, J.** 2001. The seed coat as a modulator of seed-environment relationships in Fabaceae. Revista. Brasileira de Botânica 24: 365 - 375.
- Stubbendieck, J.** 1974, Effect of pH on germination of three grass species. Journal of Range Management. 27: 78 - 79.
- Taiz, L. Zeiger, E.** 2004. Fisiologia vegetal. 3ª ed. Artmed , Porto Alegre.
- Tamás, L., Simonovicova, J., Huttová, J., Mistrik, I.** 2004. Aluminium stimulated hydrogen peroxide production of germinating barley seeds. Environmental and Experimental Botany 51: 281 - 288.
- Tamás, L., Budikova, S., Simonovicova, J., Huttová, J., Siroka, B., Mistrik, I.** 2006. Rapid and simple method for Al-toxicity analysis in emerging barley roots during germination.

- Biologia Plantarum 50: 87 - 93.
- Taylor, J.G., McDonald-Stephens, J.L., Hunter, D.B., Bertsh, P.M., Elmore, D., Rengel, Z., Reid, R.J.** 2000. Direct measurement of aluminium uptake and distribution in single cells of *Chara corallina*. Plant Physiology 123: 987 - 996.
- Toledo, F.F., Novembre, A.D.L.C., Chamma, H.M.C.P.** 1994. Quantidades de solução de nitrato de potássio e a germinação de sementes de *Panicum maximum*. Scientia Agricola 51: 441 - 445.
- Toole, E. H., Hendricks, S. B., Borthwick, H.A., Toole, V. K.** 1956. Physiology of seed germination. Annual Review of Plant Physiology 7: 299-324.
- Torres, S. B. Santos, D.S.B.** 1994. Superação de dormência em sementes de *Acacia senegal* (L.) Willd. E *Parkinsonia aculeata* (L.). Revista Brasileira de Sementes 16: 54 - 57.
- Torres, S.B., Viera, E. L., Marcos Filho, J.** 2000. Efeitos da salinidade na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. Revista Brasileira de Sementes 22: 39 – 44.
- Vitorello, V.A., Capaldi, F.R., Stefanuto, V.A.** 2005. Recent advances in aluminium toxicity and resistance in higher plants. Brazilian Journal of Plant Physiology 17: 129 - 143.
- Wang, Y., Stass, A., Horst, W.J.** 2004. Apoplastic binding of aluminum is involved in silicon-induced amelioration of aluminum toxicity in maize. Plant Physiology 136: 3762 - 3770.
- Yamamoto, Y., Kobayashi, Y., Devi, S.R., Rikiishi, S., Matsumoto, H.** 2002. Aluminium toxicity is associated with mitochondrial dysfunction and the production of reactive oxygen species in plant cells. Plant Physiology 128: 63 - 72.
- Zagatto, E.A.G., Jacintho, A.O., Reis, B.F., Krug, F.J., Bugamin Filho, H., Pessenda, L.C.R., Moratti, J.M.F.** 1981. Manual de análise de plantas e águas empregando sistemas de injeção em fluxo. Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.
- Zaidan, L.B.P. & Barbedo, C.J.** 2004. Quebra de dormência. In Germinação: do básico ao aplicado (A.G. Ferreira & F. Borghetti, orgs.), Porto Alegre: Artmed. 135 - 146.

Zammit, C.A., Zedler, P.H. 1988. Germination response to extreme acidity: Impact of simulated acid deposition from a single shuttle launch. *Environmental and Experimental Botany*, 28: 73 – 81.

Resumo

Com o aumento da poluição atmosférica, do uso de métodos de escarificação química, e da adoção de fertilizantes nitrogenados, as espécies vegetais estão sujeitas, cada vez mais à ação de compostos acidificantes.

A acidez do meio pode influenciar a fisionomia vegetal por interferir no desenvolvimento e estabelecimento das espécies. O estágio de desenvolvimento em que as plantas são mais susceptíveis às condições químicas do meio não é uma questão bem estabelecida, por outro lado, há muitas décadas estudos confirmam que a germinação das sementes consiste em um estágio de desenvolvimento extremamente vulnerável às condições ambientais.

A avaliação da capacidade germinativa das sementes em resposta á acidez, pode, auxiliar a elucidação de questões sobre a diferença da composição florística, bem como, fornecer subsídios para o estudo da sensibilidade do processo germinativo às condições químicas do meio.

As sementes de duas espécies nativas e uma cultivada foram avaliadas com relação ao seu comportamento frente a diferentes fontes nitrogenadas, concentrações de alumínio e potenciais osmóticos, variáveis que estão relacionadas direta ou indiretamente com o pH do meio de germinação. Para tanto, foram adotadas três fontes distintas de acidez, de nitrogênio e oito níveis de concentração osmótica fornecido de três diferentes

Sementes de *Erythrina speciosa* e *Cucumis sativus* dependendo da fonte de acidez germinam, mesmo em pH 1,0 (HNO₃). As sementes de *Eugenia brasiliensis* por sua vez, não germinaram respondeu negativamente a este tratamento.

O alumínio como AlCl₃ x 6H₂O afeta o potencial germinativo de *Cucumis sativus*, *Erythrina speciosa* e *Eugenia brasiliensis*, com inibição da germinação em pH 1,0 e 2,0, mesmo em níveis elevados de pH 5,6 seu efeito pode ser constatado em *Eugenia brasiliensis*, espécie que apresentou maior susceptibilidade às condições químicas do meio.

A análise da absorção de elementos químicos do meio pela semente fortaleceu a suposição de que a falta de efeito significativo na germinação das sementes em soluções de ácido nítrico e sulfúrico é devido a ausência da absorção dos elementos que constituem os ácidos.

O crescimento das plântulas em meio não acidificado após a germinação ter ocorrido em meio ácido não apresentou efeito residual deste, possibilitando afirmar que ao cessar o estresse as plântulas podem se estabelecer no ambiente.

O processo de embebição das sementes estudadas não é significativamente afetado por soluções ácidas. Com estes resultados supõem-se que o efeito da acidez no processo germinativo deve ocorrer sobre reações fisiológicas que operam, principalmente, na segunda fase da germinação. A resposta germinativa das sementes a diferentes fontes nitrogenadas é irrelevante, contudo o potencial osmótico exerceu efeito na germinação das sementes, principalmente nas soluções com AlCl_3 .

A seleção proporcionada pelas condições ambientais no sentido de inibir o estabelecimento de *Erythrina speciosa* e *Eugenia brasiliensis* com base nos resultados obtidos, não é fruto de inibição da germinação pela acidez do solo, ou da forma predominante ou concentração de nitrogênio. Contudo, com a elevação da acidez e conseqüente aumento da disponibilidade de alumínio, as sementes de *Erythrina speciosa* e, principalmente, as de *Eugenia brasiliensis*, podem apresentar problemas na germinação.

Abstract

The soils of tropical regions are usually acids. Pollutants gaseous input, methods of scarification and nitrogen fertilizers have increased the acidity in these soils in which plants develop. The environment acidity may influence plant physiology and interfere in development and settlement of species. The development stage in which plants are more sensitive to the environmental chemical conditions is not totally set up. However, many decades ago studies have corroborated that seed germination consists in an extremely vulnerable growth phase.

The evaluation of seed germinability in response to acidity may furnish subsidies to apply the knowledge about the differences in floristic composition as well as to germinative process and analysis of sensitivity to environmental chemical conditions.

Seeds of two native species from Brazil and a widely cultivated species were evaluated in relation to their sensitivity to acidity and their behavior face to different nitrogen sources, aluminium concentration and osmotic potentials, variables that are direct or indirect related with the pH of the germination media. For that, three distinct sources of acidity, nitrogen and osmotic concentration levels were tested.

Seeds of *Erythrina speciosa* and *Cucumis sativus*, depending on the source of acidity, did not lose germinability even in pH 1,0. The seeds of *Erythrina speciosa* were more sensitive, answering negatively to this treatment.

Aluminium as $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ affected the germinability of the three species *Cucumis sativus*, *Erythrina speciosa* and *Eugenia brasiliensis*, resulting in total inhibition of germination in pH 1,0 and 2,0. Comparisons with higher levels of pH (5,6) allowed to confirm the effect of aluminium in *E. brasiliensis*, specie that showed the greatest sensitivity to environmental chemical conditions.

Curves of seed imbibition corroborated the hypothesis that the lack of effect in germination of the seeds in nitric and sulfuric acid solutions is due to the absence of absorption

of the elements that constitute the acids.

The plantlets growth in non-acid media after germination in acid did not showed residual effect, leading to the conclusions that ending stress is enough to normal development.

The imbibition process of the seeds studied are not significantly affected by acid solutions. The results showed that the effects of acidity on germination affect the physiological reactions that happens mainly during phase II of the germination process. Seeds germinative responses to different nitrogen sources were not significant. The osmotic potential has different and strong effects on germination of seeds, mainly in AlCl_3 solutions. The inhibition of establishment of *Erythrina speciosa* and *Eugenia brasiliensis* plantlets promoted by selection of environment conditions, based on the results of this work, is not due to the inhibition of germination by soil acidity or by predominant forms of nitrogen. However acidity intensification and subsequent increasing on aluminium solubility, the germination of seeds of *Erythrina speciosa* and mainly *Eugenia brasiliensis* could be damaged.