

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

DEISINARA GIANE SCHULZ

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E APLICAÇÃO DE ETILENO AO FINAL DO CICLO
DE PRODUÇÃO EM MUDAS DE *Eucalyptus grandis* Hill e *Luehea divaricata***

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ
2015**

DEISINARA GIANE SCHULZ

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E APLICAÇÃO DE ETILENO AO FINAL DO CICLO
DE PRODUÇÃO EM MUDAS DE *Eucalyptus grandis* Hill e *Luehea divaricata***

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

Orientador: Dr. Ubirajara Contro Malavasi

Coorientadores: Dr.^a Marlene de Matos Malavasi

Dr.^a Maria Do Carmo Lana

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

S388f	<p>Schulz, Deisinara Giane Adubação nitrogenada e aplicação de etileno ao final do ciclo de produção em mudas de <i>Eucalyptus grandis</i> hill e <i>Luehea divaricata</i> / Deisinara Giane Schulz. – Marechal Cândido Rondon, 2015. xv, 104f.</p> <p>Orientador: Dr. Ubirajara Contro Malavasi Coorientadores: Dr^a. Marlene de Matos Malavasi Dr^a. Maria do Carmo Lana</p> <p>Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2015.</p> <p>1. Árvores - Brasil. 2. Silvicultura. 3. Árvores - Mudas. 4. Fertilização de plantas. 5. Aclimação (Plantas). I. Malavasi, Ubirajara Contro. II. Malavasi, Marlene de Matos. III. Lana, Maria do Carmo. IV. Título.</p> <p>CDD 22. ed. 634.95 CIP-NBR 12899</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborado por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539

DEISINARA GIANE SCHULZ

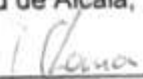
ADUBAÇÃO NITROGENADA E APLICAÇÃO DE ETILENO AO FINAL DO
CICLO DE PRODUÇÃO EM MUDAS DE *EUCALYPTUS GRANDIS* HILL E
LUAHEA DIVARICATA

Tese apresentada à Universidade
Estadual do Oeste do Paraná, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia, para
obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

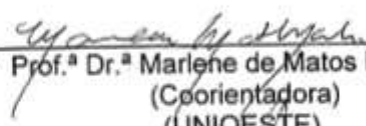
APROVADA: 05 de maio de 2015



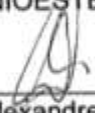
Prof. Dr. Pedro Villar-Salvador
(Coorientador – Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior - PDSE)
(Universidad de Alcalá, Espanha)



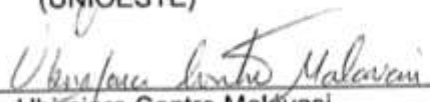
Prof.ª Dr.ª Maria do Carmo Lana
(Coorientadora)
(UNIOESTE)



Prof.ª Dr.ª Marlene de Matos Malavasi
(Coorientadora)
(UNIOESTE)



Pesq. Dr. João Alexandre Lopes Dranski
(UNIOESTE)



Prof. Dr. Ubirajara Contro Malávasi
(Orientador)
(UNIOESTE)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial ao professor doutor Ubirajara Contro Malavasi por toda generosidade, apoio, oportunidade, paciência, orientação e principalmente pelos ensinamentos que recebi ao longo desses três anos, a ele devo essa tese.

Agradeço também, e de modo muito especial, a professora doutora Marlene Matos Malavasi também pelos ensinamentos, atenção, pela oportunidade de crescimento intelectual que ela me proporcionou e também pelas repreensões quando foram necessárias.

Agradeço Especialmente ao professor Pedro Villar-Salvador que me oportunizou junto ao professor Ubirajara, a realização de parte desta pesquisa na Universidade De Alcalá de Henares, experiência que foi de grande crescimento intelectual e pessoal, agradeço aos amigos que tive a oportunidade de conhecer, e a Lorenzo Perez que contribuiu de forma especial para as análises lá realizadas.

Agradeço também, aos demais professores do curso de pós-graduação em Agronomia pela dedicação demonstrada em suas aulas e principalmente os professores Edmar Vasconcelos e professora Maria do Carmo que puderam contribuir além dos ensinamentos em sala.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao pessoal do núcleo de estações experimentais da universidade, ao técnico do laboratório de Fertilidade do Solo, Jucenei Frandoloso, a Alice Jacobs por toda ajuda dispensada e a Neusa, pela companhia e ajuda nestes três anos.

A CAPES pela concessão de bolsa e apoio financeiro.

Um agradecimento carinhoso as amigas e amigos que fiz durante o doutorado, bem como a Michelle Cristina Ajala, que sempre esteve me ajudando e contribuindo para que este trabalho pudesse acontecer. Sempre me impressionou, todas as vezes que lia os agradecimentos das dissertações e teses, o cuidado de seus autores em destacar ser impossível mencionar todos aqueles que, de alguma forma, foram fundamentais para a realização daquele trabalho. Agora que me vejo no desempenho dessa tarefa, consigo avaliar um pouco seu tamanho e entender a dificuldade de realizá-lo. Peço desculpas aos que não mencionei, e aproveito para agradecer de modo geral a quem contribuiu para que esta etapa da minha vida fosse concretizada.

**"A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original."
(Albert Einstein)**

RESUMO

SCHULZ, Deisnara Giane, D.S. Universidade Estadual Do Oeste Do Paraná, Abril – 2015. **Adubação nitrogenada e aplicação de etileno ao final do ciclo de produção em mudas de *Luehea divaricata* Mart. E *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** Orientador: Ubirajara Contro Malavasi. Coorientador: Marlene Matos Malavasi. Coorientador: Maria do Carmo Lana.

A formação da muda é uma fase de extrema importância para o sucesso de qualquer povoamento florestal, pois uma muda mal formada, debilitada, compromete todo o desenvolvimento, ocasionando perda da produção, devendo, portanto, qualquer processo de produção visar a maior qualidade das mudas produzidas. A fertilização e a aclimação ao final do ciclo de produção, apresentam grande importância para promoção de alterações morfológicas e fisiológicas, que potencializam o crescimento e minimizam os danos por estresse após o plantio a campo. Este trabalho objetivou avaliar a fertilização nitrogenada durante a produção de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) e Eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden) e quantificar alterações na morfogênese após a aplicação de etileno em mudas durante a rustificação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *campus* de Marechal Cândido Rondon-PR, latitude 24° 33' S, longitude 54° 04' O. O trabalho foi desenvolvido em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial com testemunha adicional (3 x 4+1), sendo utilizadas três formas de adubação (ausência de N x 100 mg L⁻¹ de N convencional x 100 mg L⁻¹ de N exponencial) aplicadas durante três meses, totalizando nove aplicações, adicionadas a um tratamento sem aplicação de etileno e quatro tratamentos de aplicações semanais de etileno na dose de 300 mg L⁻¹ para *L. divaricata* e 1000 mg L⁻¹ *E. grandis*, com 6 repetições de cinco mudas. As variáveis mensuradas foram incremento altura (H) e diâmetro de colo (DC), área foliar (AF), massa de matéria seca da parte aérea (MSA), massa de matéria seca da parte radicular (MSR), N, P, K, Índice de qualidade de Dickson (IQD) e a atividade da enzima peroxidase e concentração de lignina. Os resultados foram submetidos a análise de variância e Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. A fertilização exponencial e convencional, sustentam a hipótese de indução de crescimento em mudas de *L. divaricata* e *E. grandis* em

relação a fertilização sem aplicação de nitrogênio na fase de crescimento, estes mesmos efeitos podem ser observados na fase de rustificação com pulverização de etileno. As pulverizações semanais de etileno induzem alterações no crescimento na fase de rustificação em mudas de *L. divaricata* e *E. grandis* com duas aplicações de etileno, principalmente reduzindo o crescimento aéreo, reduzindo a área foliar e aumentando as dimensões caulinares.

Palavras-Chave: rustificação; produção de mudas; fertilização exponencial; *Luehea divaricata* Mart., *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.

ABSTRACT

SCHULZ, Deisinara Giane, D.S. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, April, 2015. **Nitrogen fertilization and application of ethylene at the end of the production cycle in *Luehea divaricata* Mart seedlings and *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** Advisor: Dr. Ubirajara Contro Malavasi. Co-Advisors: Marlene de Matos Malavasi. Co-Advisors: Maria do Carmo Lana.

The formation of the changes is a phase of extreme importance for the success of any forest stand, for a change malformed, weakened, threaten the overall development, causing loss of production, and therefore any production process aimed at higher quality seedlings produced. Fertilization and acclimation to the end of the production cycle, are extremely important to promote morphological and physiological changes that enhance the growth and minimize stress damage after field planting. This study aimed to evaluate nitrogen fertilization during the production of whips-horse seedlings (*Luehea divaricata* Mart.) and eucalyptus (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden) and quantify changes in morphogenesis after the application of ethylene in plants during hardening. The experiment was conducted in a greenhouse at the State University of Paraná West - UNIOESTE, campus Marechal Cândido Rondon-PR, latitude 24 ° 33 'S, longitude 54 ° 04' W. The work was carried out in a randomized block design in factorial with Additional Witness (3 x 4+1), being used three forms of fertilization (100 mg L⁻¹ conventional N x 100 mg L⁻¹ exponential N x N zero) applied for three months (nine applications) and five treatments with different application rates ethylene, with 6 replicates of five plants per plot. The measured variables were increase of height (IH) and stem diameter (DC), leaf area (LA), dry weight of shoots (MSA), dry weight of roots (MSR), Dickson quality index (IQD) and the activity of peroxidase and lignin content. The results were submitted to analysis of variance and Tukey test at 5% probability using the Genes program. The exponential and conventional fertilization sustain growth induction hypothesis *L. divaricata* seedlings and *E. grandis* for fertilization without nitrogen application in the growth phase, these same effects can be observed in the hardening phase with ethylene spray. The weekly sprays of ethylene induce changes in growth in the

hardening phase in *L. divaricata* seedlings and *E. grandis* with two gas applications, mainly by reducing the aerial growth, reducing the leaf area and increasing stem size.

Keywords: hardening; seedling production; exponential fertilization; *Luehea divaricata* Mart., *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II	27
Figura 2. 1 - Temperatura e umidade relativa do ar de julho de 2013 a dezembro de 2013 no Viveiro Experimental de Marechal Cândido Rondon – PR.	31
Figura 2. 2 - Comparação entre a fertilização exponencial e convencional com 100 mg L ⁻¹ de N em mudas de <i>L. divaricata</i> e <i>E. grandis</i>	32
Figura 2. 3 - Altura e diâmetro do caule de <i>L. divaricata</i> submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.	36
Figura 2. 4 - Massa seca da Parte aérea e massa seca de Raiz de <i>L. divaricata</i> submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.	37
Figura 2. 5 Número de folhas, área foliar média (A), índice SPAD e volume de raiz (B) de <i>L. divaricata</i> submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.	38
Figura 2. 6 - Relação Altura/diâmetro do coleto (H/D), Massa seca da parte aérea e raiz (MSA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de <i>L. divaricata</i> submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra e da mesma cor de coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.	39
Figura 2. 7 - Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio em folhas de <i>L. divaricata</i> submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra na mesma cor de coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.	40
Figura 2. 8 - Atura de plantas e diâmetro do coleto em folhas de <i>E. grandis</i> submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.	43
Figura 2. 9 - Índice SPAD, número e folhas (NF), área foliar (AF), Massa seca da parte aérea (MSA), raiz (MSR) e total (MST) de plantas de <i>E. grandis</i> submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra na mesma cor de coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.	44
Figura 2. 10 Comprimento de raiz e índice de qualidade de Dickson em plantas de <i>E. grandis</i> submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.	46
Figura 2. 11- Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (MSA/MSR) e relação altura e diâmetro (H/D) de plantas de <i>E. grandis</i> submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra na mesma cor de coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.	47
Capítulo III	54
Figura 3. 1- Temperatura e umidade relativa do ar de julho de 2013 a dezembro de 2013 no Viveiro Experimental de Marechal Cândido Rondon – PR.	59

Figura 3. 2 - Comparação entre a fertilização exponencial e convencional com 100 mg L ⁻¹ de N em mudas de <i>L. divaricata</i> e <i>E. grandis</i> em função do conteúdo de nitrogênio da sementes de cada espécie.	61
---	----

LISTA DE TABELAS

Capítulo II	27
Tabela 2. 1- Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de <i>L. divaricata</i> ao final da fase de crescimento viveiro em resposta a diferentes regimes de fertilização por 90 dias	35
Tabela 2. 2- Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de <i>E. grandis</i> ao final da fase de crescimento viveiro em resposta a diferentes regimes de fertilização por 90 dias	42
Capítulo III.....	54
Tabela 3. 1- Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de <i>E. grandis</i> ao final da fase de crescimento viveiro em resposta a diferentes regimes de fertilização por 90 dias e rustificação por etileno	67
Tabela 3. 2 – Incremento em altura, diâmetro do coleto e número de folhas em mudas de <i>E. grandis</i> ao final da fase de crescimento viveiro em resposta a diferentes regimes de fertilização por 90 dias e rustificação por etileno	68
Tabela 3. 3 - Massa seca aérea, total e da raiz em mudas de <i>E. grandis</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	71
Tabela 3. 4 - Massa Relação H/D, Índice de qualidade de Dickson em mudas de <i>E. grandis</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	73
Tabela 3. 5 - Índice SPAD e área foliar em mudas de <i>E. grandis</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	74
Tabela 3. 6 - Potencial de regeneração de Raiz (PRR) em mudas de <i>E. grandis</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	75
Tabela 3. 7 - Concentração de lignina na parede celular do caule (PCC), concentração de lignina na parede celular de raízes (PCR) em mudas de <i>E. grandis</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	77
Tabela 3. 8 - Atividade da peroxidase em massa fresca de caule (MFC), atividade da peroxidase em massa fresca de raízes (MFR) em mudas de <i>E. grandis</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	79
Tabela 3. 9 - Concentração de nitrogênio, Fósforo e Potássio em mudas de <i>E. grandis</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	80
Tabela 3. 10 - Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis fisiológicas quantificadas em mudas de <i>Eucalyptus grandis</i>	81
Tabela 3. 11 - Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis morfológicas quantificadas em mudas de <i>Eucalyptus grandis</i>	83
Tabela 3. 12 - Sobrevivência aos 10 e 20 dias após o plantio em vasos (DAP) em mudas de <i>E. grandis</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação.....	84

Tabela 3. 13- Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de <i>L. divaricata</i> ao final da fase de crescimento viveiro em resposta a diferentes regimes de fertilização por 90 dias e rustificação por etileno	86
Tabela 3. 14 - Incremento em altura e incremento em diâmetro do coleto (DC) em mudas de <i>E. grandis</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação.....	87
Tabela 3. 15 - Relação altura e diâmetro do coleto (H/D) e Número de folhas e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de <i>L. divaricata</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	89
Tabela 3. 16 - Índice SPAD e área foliar em mudas de <i>L. divaricata</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	91
Tabela 3. 17 - Massa seca aérea e (MSTOTAL) Massa seca total e massa seca de raiz (g kg^{-1}) em mudas de <i>L. divaricata</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação.....	92
Tabela 3. 18 - Potencial de regeneração de raízes em mudas e Sobrevivência 10 dias após o plantio em vasos (S10 DAP), Sobrevivência 20 dias após o plantio em vasos (S20 DAP), de <i>L. divaricata</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	94
Tabela 3. 19 - Nitrogênio, Fósforo e Potássio em mudas de <i>L. divaricata</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	95
Tabela 3. 20 - Atividade da enzima peroxidase em massa fresca de caule (MFC) e massa fresca de raiz (MFR) (absorbância) em mudas de <i>L. divaricata</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação	97
Tabela 3. 21- Concentração de lignina no caule (PCC) e nas raízes (PCR) de mudas de <i>L. divaricata</i> submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação.....	98
Tabela 3. 22 - Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis quantificadas em mudas de <i>Luahea divaricata</i>	99

SUMÁRIO

RESUMO	IV
ABSTRACT	VI
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	X
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivos específicos	4
1.2 HIPÓTESES	4
2 CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS ESPÉCIES	5
2.2.1 <i>Luehea divaricata</i> Mart.	5
2.2.2 <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	7
2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS	8
2.3 QUALIDADE DE MUDAS	10
2.3.1 Lignina	12
2.4 FERTILIZAÇÃO NITROGENADA	14
2.5 RUSTIFICAÇÃO DE MUDAS	17
2.5.1 Etileno	18
3 REFERENCIAS	20
4 CAPITULO II: FERTILIZAÇÃO NITROGENADA EM <i>EUCALYPTUS GRANDIS</i> HILL EX MAIDEN E <i>LUEHEA DIVARICATA</i> MART.	27
4.1 RESUMO	27
4.2 ABSTRACT	27
4.3 INTRODUÇÃO	28
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.4.1 Implantação do Experimento	30
4.4.2 Produção das Mudas	31
4.4.3 Aplicação dos tratamentos	31
4.4.4 Variáveis analisadas	33
4.4.5 Análise estatística	34
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.5. 1 <i>Luehea divaricata</i> Mart.	34

4.5.2	<i>Eucalyptus grandis</i> Hill.....	42
4.6	CONCLUSÕES.....	49
4.7	REFERENCIAS	50
5	CAPITULO III: FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E AÇÃO DO ETILENO EM <i>EUCALYPTOS GRANDIS</i> HILL EX MAIDEN E <i>LUAHEA DIVARICATA</i> MART.....	54
5.1	RESUMO	54
5.2	ABSTRACT.....	54
5.3	INTRODUÇÃO.....	55
5.4	5.1 MATERIAL E MÉTODOS.....	59
5.4.1	Implantação do experimento.....	59
5.4.2	Produção das Mudas	59
5.4.3	Aplicação dos tratamentos.....	60
5.4.4	Variáveis analisadas	62
5.4.5	Análise estatística	65
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.5.1	<i>Eucalyptus grandis</i> Hill.....	66
5.5.2	<i>Luahea divaricata</i> Mart.	85
5.6	CONCLUSÕES.....	100
5.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106

1 INTRODUÇÃO

Estimativas indicam que dos 300 milhões de metros cúbicos de madeira consumidos anualmente no Brasil, 190 milhões são provenientes de florestas nativas (GONÇALVES, 2005). Entretanto, segundo Bacha (2008) é possível declarar que na primeira década do século XXI tem se vivenciado uma escassez de madeira oriunda de reflorestamento. Além disso, houve no Brasil uma significativa redução da cobertura florestal original, paralela à degradação das formações florestais remanescentes. Neste cenário, torna-se importante a adoção de metodologias que contribuam para aumentar a qualidade e maior sobrevivência pós-plantio de mudas de espécies arbóreas destinada ao setor florestal.

Açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Martius et Zuccarini) é uma planta decídua, heliófita, seletiva higrófila, característica de matas ciliares e de galeria. Apresenta dispersão irregular e descontínua, sendo particularmente frequente ao longo de rios, terrenos rochosos e íngremes, onde a floresta é mais aberta e nas formações secundárias (LORENZI, 2002). A madeira desta espécie pode ser utilizada para produção de celulose e papel enquanto a casca fornece fibras, resina, mucilagens, tanino apresenta uso medicinal, pode controlar voçorocas e enriquecer as matas ciliares (BACKES; IRGANG, 2002).

Já o eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden) se destaca como uma das principais fontes de matéria-prima para produção de papel e celulose, e mais recentemente como madeira para serraria e produção de mel, havendo assim, uma extensa área reflorestada com eucalipto no Brasil (ROCHA et al., 2005).

Desta forma, há interesse no aumento da produtividade e da qualidade de matéria-prima para a indústria florestal através de investimentos em biotecnologia. A criação de híbridos de eucalipto e a aplicação de novas tecnologias, juntamente com a propagação clonal, têm proporcionando muitos ganhos e se tornado uma ferramenta para a melhoria da qualidade da madeira (GRATTAPAGLIA; KIRST, 2008).

A fertilização é uma das etapas de fundamental importância na produção de mudas de boa qualidade silvicultural por estar intimamente relacionada ao crescimento e adaptação.

Em virtude da grande diversidade de espécies e suas distintas exigências nutricionais existem inúmeras dificuldades para recomendações específicas de fertilização. Uma adubação nitrogenada adequada melhora os teores foliares deste e de outros elementos nutricionais aumentando, conseqüentemente, o crescimento e a produção (BOVI et al., 2002).

No entanto, não apenas disponibilizar o nutriente é importante, mas também conseguir maior eficiência do uso de fertilizantes e uma maior reserva de nutrientes pelas plantas. Segundo Carrasco (2001) o crescimento e a acumulação de nutrientes das plantas fertilizadas convencionalmente aumentam de forma progressiva. Porém a concentração interna de nutrientes geralmente diminui em função do maior crescimento da muda, sugerindo um estresse devido à quantidade de nutrientes no início do crescimento e uma possível carência no final.

Muitas relações positivas entre a sobrevivência das plantas em viveiro e a fertilização foram reportados sugerindo que o estado nutricional da planta, principalmente de nitrogênio, é também uma questão importante para explicar o desempenho pós-plantio (VILLAR-SALVADOR et al., 2004; OLIET et al., 2009).

Devido ao fato de as espécies possuírem exigências nutricionais distintas entre si, nota-se grande repercussão sobre as diretrizes a serem adotadas no planejamento da fertilização a ser realizada assim como a adoção de protocolos adequados na produção de mudas para as diferentes espécies. Tendo em vista esse fato, a fertilização tem sido de fundamental importância na produção de mudas de boa qualidade silvicultural, influenciando, assim, na capacidade de adaptação e crescimento (CRUZ et al., 2006).

Ao final do período de crescimento das mudas, as mesmas são expostas geralmente a alguma forma de estresse para serem preparadas para o plantio como alteração na frequência de irrigação, e interrupção da fertilização objetivando reduzir o crescimento, com aumento do volume e biomassa radicular (CARNEIRO, 1995; JACOBS; LANDIS, 2009).

Outra forma utilizada para propiciar maior rusticidade é a utilização de estímulos mecânicos através de flexões ou toque nas plantas, com a finalidade de alterar os padrões de crescimento (COUTAND et al., 2008). Estímulos mecânicos nas plantas são capazes de induzir um aumento da auxina até estimular a produção de etileno (ERNER; JAFFE, 1982). Um efeito fisiológico do etileno é a indução da atividade da enzima peroxidase em plantas, que ocorre em resposta a vários

estímulos bióticos e abióticos, incluindo a exposição agente de oxidação química, como o etileno, a patógenos ou elicitores, a luz vermelha, e estímulos mecânicos (CASAL et al., 1994). Donald e Cipollini (1998) destacaram que a peroxidase desempenha funções no catabolismo da auxina, e na oxidação de compostos fenólicos de modo a formar a lignina, além da arquitetura das glicoproteínas ricas em hidroxiprolina na parede celular das plantas, bem como a produção e composição de peróxido de hidrogênio e outras espécies reativas de oxigênio.

Uma função reconhecida da lignina às plantas é a de conferir vantagem adaptativa além de ser um dreno metabólico de carbono (NOVAES et al., 2010). Além disso, tem sido demonstrado que as ligninas estão relacionadas com as diversas respostas vegetais a diferentes tipos de estresses abióticos, tais como deficiência mineral, déficit hídrico, radiação UV-B, vento e baixas temperaturas (MOURA et al., 2010).

Técnicas alternativas para melhoria da qualidade de mudas e sobrevivência pós plantio vem sendo pesquisadas. Estímulo químico através da aplicação do etileno para indução da aclimação e resistência das plantas é uma das opções que vem sendo estudada por Dranski et al. (2013); Oro et al. (2012).

O etileno promove diversos efeitos fisiológicos, dentre eles o crescimento de raízes e pelos radiculares, bem como inibe a ação e translocação das auxinas na parte aérea do vegetal, o que altera o padrão de crescimento através da redução no crescimento celular horizontal e aumento no alongamento celular no sentido longitudinal (TAIZ; ZIEGER, 2013). Efeitos do etileno foram observados em praticamente todos os aspectos do desenvolvimento e crescimento das plantas, desde a germinação das sementes à senescência de vários órgãos e em muitas respostas ao estresse ambiental (ABELES et al., 1992)

1.1 1.2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da fertilização nitrogenada durante a produção de mudas de açaíta-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) e eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden) e quantificar alterações na morfogênese com a aplicação de etileno (Ethrel) durante na fase de rustificação das mudas.

1.2.1 Objetivos específicos

-) Avaliar a atividade da enzima peroxidase e a concentração de lignina em caule e raízes das mudas de açoita-cavalo e eucalipto após a rustificação;
- a) Avaliar a morfogênese das mudas após submissão a diferentes condições de parcelamento da adubação nitrogenada e a aplicação de etileno;
- b) Quantificar a sobrevivência e a qualidade das mudas após submissão a diferentes aplicações de etileno;
- c) Quantificar a sobrevivência e a qualidade das mudas após submissão a diferentes condições de disponibilidade de nitrogênio;

1.2 1.3 HIPÓTESES

A fertilização exponencial nitrogenada com 100 mg L⁻¹ de nitrogênio por planta, garante maior qualidade morfológica em mudas de *E. grandis* e *L. divaricata*. Os diferentes níveis de aplicação do etileno relacionados às mudas mais fertilizadas garantem maior rusticidade das mudas de *E. grandis* e *L. divaricata* e maior qualidade morfológica e fisiológica das mesmas.

Para avaliar as hipóteses esta tese está dividida em dois capítulos com diferentes objetivos:

O capítulo II intitulado “: Fertilização nitrogenada em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Luehea divaricata* Mart.” objetivou avaliar a fertilização nitrogenada durante a produção de mudas de *L. divaricata* e *E. grandis*.

O capítulo III intitulado: “Fertilização nitrogenada e ação do etileno em *Eucalyptos grandis* Hill Ex maiden e *Luahea divaricata* Mart” objetivou quantificar alterações na morfogênese após a aplicação de etileno no final do ciclo de produção em mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) e Eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden) submetidas a diferentes regimes de fertilização nitrogenada na fase de produção.

2 CAPÍTULO I: REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE AS ESPÉCIES

2.2.1 *Luehea divaricata* Mart.

Luehea divaricata Mart. (Tiliaceae) é uma espécie lenhosa nativa do Brasil de grande porte (15 a 25 m), popularmente conhecida como açoita-cavalo, açoita-cavalo miúdo, ibatingui, ivatingui, pau-de-canga ou caiboti encontrada nos estados da Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, assim como de Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul. O florescimento da açoita-cavalo ocorre de dezembro a fevereiro, enquanto a maturação dos frutos ocorre nos meses de maio a agosto com as sementes dispersas pelo vento (LORENZI, 2008).

As folhas são simples, alternas, dísticas, com estípulas, irregularmente serradas, com três nervuras longitudinais típicas, discolores, ásperas na face ventral e tomentosas na face dorsal, com lâminas de 4,5 a 15 cm de comprimento e 2 cm a 6,5 cm de largura com pecíolo ferruginoso de até 1 cm de comprimento. As sementes são pequenas, aladas com asa dourada brilhante, com seminal pequeno na extremidade da asa e coloração marrom clara (CARVALHO, 1994). Constituí-se de lindas flores de diversas tonalidades e flores discolores, verde-escuras na face superior e brancas na face inferior, bem como frutos virados para cima (BACKES; IRGANG, 2002).

L. divaricata pode ser encontrada geralmente em solos aluviais das bacias hidrográficas, emergente nas florestas ribeirinhas. A madeira da espécie destaca-se como uma das mais valiosas e de extenso uso. Há algumas contradições em relação a dinâmica sucessional da espécie, que para Longhi (1995) se caracteriza como sendo uma espécie secundária-tardia, passando a clímax. Entretanto, Vaccaro et al. 1999 (apud CARVALHO, 2003) destacam que *L. divaricata* é uma espécie secundária inicial passando a secundária tardia.

De acordo com Lorenzi (2002) a dispersão das sementes ocorre de forma anemocórica fazendo com que as sementes se dispersem a distância da árvore progenitora.

O açoita-cavalo apresenta potencial para a regeneração natural de áreas degradadas, além da possibilidade para sistemas silvipastoris, como árvore de sombra para abrigo do gado, além da utilização da madeira para confecção de estrutura de móveis, hélices de avião, caixas, embalagens, artefatos de madeira, saltos para calçados, peças torneadas e compensadas e confecção de contraplacados (CARVALHO, 2003). Backes e Irgang (2002) ainda destacaram o uso da madeira do açoita-cavalo para produzir celulose e papel. A casca fornece fibras, resina, mucilagens e tanino. Também apresenta uso medicinal como anti-reumático, anti-diarréico, anti-séptico, expectorante e depurativo.

Ainda segundo Lorenzi (1992), *L. divaricata* apresenta-se como uma espécie pioneira de rápido crescimento e de fundamental importância em reflorestamentos mistos de áreas degradadas e de preservação permanente.

Adicionalmente, Carvalho (2003) destacou que a germinação das sementes de *L. divaricata* é irregular, tendo início entre 8 a 74 dias após a semeadura e a germinação varia de 20 % e 85 %, sendo a germinação uma das etapas cruciais para a produção de mudas. Os mesmos autores estudando os efeitos de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de *L. divaricata* verificaram que o maior crescimento das mudas de *L. divaricata* ocorreu com a dose de 360 mg kg⁻¹ de fósforo .

Farias (2006) estudou diferentes substratos e recipientes no plantio de mudas de *L. divaricata*, e indicou a utilização do recipiente de 180 cm³ e o substrato Humosolo Vida®, pelos ganhos econômicos decorrentes da economia de substrato, além de descreverem um crescimento linear entre o crescimento da muda e o tempo indicando que a partir de 150 dias após a semeadura, as plantas reduzem o ritmo de crescimento. Além disso, aqueles mesmos autores destacaram que há necessidade de avaliar a adubação de base e de cobertura nas mudas para atingirem padrões de qualidade e definir parâmetros morfológicos que indiquem o grau de qualidade das mudas de *L. divaricata*.

Apesar do grande avanço nas técnicas para produção de mudas de espécies florestais nativas da flora brasileira ainda há poucas informações sobre *L. divaricata*.

2.1.2 *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

O plantio comercial de eucalipto abrange aproximadamente 90 países, destacando-se entre os mesmos a Índia, África do Sul, China, Itália, Israel, Argentina, Chile, países Árabes e Brasil. O gênero foi introduzido no Brasil no ano de 1868. Porém, só a partir do século XX é que foi introduzido um significativo número de espécies (ANDRADE, 1961). Hoje estima-se que haja cerca de 3.500.000 ha plantados com esse gênero, principalmente nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Bahia e Rio Grande do Sul (MOURA; GUIMARÃES, 2003).

O gênero *Eucalyptus* é conhecido por sua grande variabilidade genética, mesmo dentro de uma mesma espécie, propriedades, como crescimento, resistência a doenças e ao frio, podem variar marcadamente. O *E. grandis* é a espécie florestal mais plantada no Brasil (SOUZA et al., 2006), devido ao potencial produtivo e às características da madeira, sendo utilizada na produção de celulose, de papel, de painéis de fibra e de aglomerados combustíveis industriais e domésticos, e na indústria moveleira (SOARES et al., 2003).

O *E. grandis* é procedente da Austrália, pode alcançar 24 a 25 metros de altura após 8 anos de plantio, densidade básica média da árvore de $0,50 \text{ g cm}^{-3}$ e um teor de lignina de 24 %, além de um poder calorífico superior da madeira de 4.340 cal g^{-3} , dependendo do seu local e espaçamento de plantio (PEREIRA, et al. 2000).

A elevada utilização do eucalipto nos reflorestamentos, apesar de ser uma espécie exótica, ocorre devido a diversidade de espécies, o que permite a adaptabilidade em várias regiões e climas e potencial de produção. Assim ainda, contribui para diminuir a pressão e desmatamento das áreas de preservação e reservas legais de matas nativas e também auxilia na captura de dióxido de carbono na atmosfera, diminuindo o efeito estufa (GARAY et al., 2004).

Adicionalmente, Santos et al. (2010) acrescentaram que o cultivo do *E. grandis* destaca-se como uma das mais importantes formas para sustentação da agroenergia, atrelado ao rápido crescimento, constante aumento de produtividade e adaptação a diferentes habitats.

O sucesso na formação de florestas plantadas com *E. grandis* depende da qualidade das mudas utilizadas podendo então ser influenciada por vários fatores ligados a produção das mudas em viveiro, como substrato, recipiente, fertilização e

aclimação ao campo precisando resistir a condições adversas e maior sobrevivência pós-plantio.

Aguiar et al. (1992), recomendaram para produção de mudas de *E. grandis* em tubetes uma mistura de 30 a 50% de turfa e 50 a 70% de casca de arroz, bem como formar um substrato a partir da mistura de partes iguais de turfa, casca de arroz e bagaço de cana.

Gomes et al. (2003) avaliando o crescimento de mudas de *E. grandis* produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e níveis de fertilização com NPK, concluíram que os tubetes de 50 e de 110 cm³ de volume devem ser utilizados para o plantio mudas com até 90 dias de idade, sem influencia nas combinações dos elementos N, P e K utilizada no trabalho.

Trabalhos referentes à adubação em povoamentos de *E. grandis*, destacaram que houve significativo aumento de produtividade (VAZ; GONÇALVES, 2002). Além disso, os teores de lignina, celulose e extrativos totais da madeira apresentaram aumento com o aumento das doses de lodo de esgoto em plantio de *E. grandis*, no entanto, sem diferenças para os tratamentos empregados (BARREIROS, et al. 2007).

Apesar do gênero *Eucalyptus* apresentar-se como uma opção para o abastecimento da indústria madeireira, essa matéria-prima possui limitações próprias e inerentes às madeiras oriundas de florestas de rápido crescimento, somado a falta de conhecimentos tecnológicos, sendo apontados como principais lacunas à utilização econômica da espécie (GONÇALVEZ, 2006).

2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS

O processo produtivo de mudas de espécies florestais destina-se principalmente para o setor madeireiro e para restauração florestal. Neste contexto, a tecnologia empregada na produção deve ser diferenciada para o fim a que se destina a muda. Na produção das mudas destinadas à comercialização, as mudas devem apresentar boa qualidade, ou seja, sem problemas fitossanitários e que se estabeleçam eficientemente após o plantio (DIAS et al., 2006).

O desenvolvimento das mudas pode ser dividido em três fases: o

estabelecimento, o crescimento e a rustificação. O estabelecimento compreende a semeadura das sementes, germinação, emergência e desenvolvimento inicial, já a fase de crescimento resulta no crescimento da planta até alcançar o tamanho ideal, e por fim a fase de rustificação, na qual as plantas são acondicionadas para resistir ao estresse do transporte e plantio a campo. Cada uma dessas fases é marcada por diferentes quantidades de luz, água, nutrição e espaço para as plantas (DUMROESE et al., 2012).

A produção de mudas abrange desde a preparação e estruturação do viveiro, a escolha do recipiente, ou preparo do canteiro, escolha do substrato até a irrigação, adubação e controle de doenças (GONÇALVES e BENEDETTI, 2000; DIAS et al. 2006).

Nos últimos anos, mais de vinte modelos de recipientes foram testados para produção de mudas de essências florestais e, dois quais destacam-se em termos de utilização os sacos de polietileno e mais recentemente os tubetes de polietileno rígido (GOMES et al., 1991).

Adicionalmente ao recipiente, o substrato de crescimento deve apresentar características físicas e químicas relacionadas com a espécie a plantar, além de aspectos econômicos, sendo este homogêneo, de baixa densidade, boa porosidade, boa capacidade de campo, e capacidade de troca catiônica, além de ser isento de pragas e organismos patogênicos (FONSECA et al., 2002).

A fertilização é outro aspecto que merece atenção na tecnologia de produção de mudas. Embora várias formulações de adubação já sejam conhecidas e utilizadas nos viveiros florestais, não há informações específicas sobre exigências nutricionais da maioria das espécies nativas, isto devido ao fato de que o emprego dessas formulações está restrito à produção comercial de mudas e a poucos silvicultores (CUNHA et al., 2005). Afim de, recomendar a fertilização de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden), Gonçalves et al. (1995) constataram que a adição de compostos orgânicos à terra de subsolo favoreceu o crescimento das plantas.

Adicionalmente, Kratz e Wendling (2013) estudaram a viabilidade técnica da utilização de vermiculita média e dos componentes renováveis à base de fibra de coco, casca de arroz carbonizada em diferentes granulometrias e dois substratos comerciais compostos por casca de pínus para a produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden e observaram que o substrato que proporcionou maior crescimento

das mudas foi à casca de arroz carbonizada, acrescentando ainda que densidade aparente, porosidade total, macroporosidade, pH e capacidade de troca catiônica apresentaram correlação com o crescimento das mudas.

Após definir todas as técnicas para a formação das mudas, ao final do ciclo de produção, aproximadamente 30 dias antes da expedição, inicia-se um processo de aclimatação específico chamado de rustificação, que tem por finalidade maior sobrevivência das mudas as condições adversas encontradas na expedição e no campo.

Neste contexto, a formação da muda é uma fase de extrema importância para o sucesso de qualquer povoamento florestal, pois uma muda mal formada, debilitada, compromete todo o desenvolvimento, ocasionando perda da produção, devendo, portanto, qualquer processo de produção visar a maior qualidade das mudas produzidas.

2.3 QUALIDADE DE MUDAS

A qualidade das mudas é determinada pelo desenvolvimento e sobrevivência após o plantio das mesmas. As mudas, além de resistirem às condições adversas encontradas no campo, e também apresentar um bom desenvolvimento produzindo árvores com crescimento desejável. Entretanto, as técnicas para melhorar a qualidade das mudas não tem acompanhado a evolução conseguida em outras fases da silvicultura (CECONI et al., 2006). Para Scalon et al. (2003) a qualidade das mudas é um dos fatores considerados decisivos para a tomada de decisão em um programa de reflorestamento.

Para definir o conceito de uma muda de qualidade Cortina et al. (2006) descreveram que uma planta de qualidade deve alcançar as expectativas de sobrevivência e crescimento em uma estação e um uso particular, ou seja, a qualidade depende da resposta da muda ao local de plantio, estando intimamente associada a sobrevivência pós plantio.

Adicionalmente, Carneiro (1995) definiu que os critérios para a classificação da qualidade de mudas estão fundamentalmente baseados em aumentar o percentual de sobrevivência das plantas após o plantio e diminuir a frequência dos tratamentos culturais de manutenção do povoamento implantado. Além disso, aquele

mesmo autor destaca que o padrão de qualidade das mudas varia entre as espécies, e numa mesma espécie, entre sítios, e que a qualidade condiz com mudas que apresentem características que possam oferecer resistência às condições adversas que porventura ocorrem, mesmo tendo sido o plantio efetuado em período de condições favoráveis. Gomes e Paiva (2004) acrescentam que as condições fitossanitárias, o potencial genético e a conformação do sistema radicular também são importantes.

Para determinação da qualidade das mudas de espécies florestais, Carneiro (1995); Gomes e Paiva (2004) definiram alguns parâmetros que são denominados de morfológicos e fisiológicos. Os parâmetros morfológicos são os mais utilizados devido à praticidade e facilidade de mensurar, como altura e diâmetro de caule. Já os fisiológicos dizem respeito ao estado nutricional, capacidade de absorção de água, variações nos tecidos de reserva, potencial de regeneração de raízes, entre outros.

Mais amplamente Cortina et al. (2006) destacaram que a qualidade das plantas é resultante de quatro componentes: a qualidade genética, morfológica, fisiológica e sanitária. A primeira faz referência a origem das sementes ou outros materiais de reprodução a partir do qual se obteve a muda, e assim apresentam diferente capacidade de resposta a fatores bióticos e abióticos. A qualidade morfológica e fisiológica de uma planta dependem em grande parte de suas características genéticas

as e referem-se aos estados que podem assumir um conjunto de atributos funcionais mais ou menos plásticas relacionadas à economia de água e carbono da planta. Finalmente, a qualidade sanitária refere-se à presença de patógenos na planta que pode prejudicar o desenvolvimento futuro e populações de plantas presentes no local de plantio.

Como indicativos de qualidade de mudas apresenta-se, por exemplo, a coloração das folhas que é sugestiva de eventos sazonais, aspectos nutricionais, e do estado

sanitário. Já a observação da tortuosidade do caule, a presença de múltiplos caules, a deformação do sistema radicular, os danos mecânicos, e a perda de dominância apical são aspectos vinculados à forma e afetam negativamente o estabelecimento de mudas (HAASE, 2008).

Uma planta de qualidade é definida por aquela capaz de alcançar um desenvolvimento (sobrevivência e crescimento) ótimo em um determinado ambiente. Mo entanto, não existe um único modelo de qualidade para cada espécie, sendo uma planta de qualidade pode ser validada para certos objetivos de restauração e para outros não.

A qualidade de uma planta muda também com o tempo, a idade e o estado fenológico, ou seja, a resistência ao estresse não é a mesma durante o período de repouso vegetativo, que a de crescimento aéreo, além disso, a exigência da qualidade da planta é maior quanto mais limitante seja o sitio de plantio.

2.3.1 Lignina

A maioria das células terminais diferenciadas apresentam alguma função especializada antes de morrer. Mo entanto, o xilema é uma exceção, sua funcionalidade implica na morte das suas células, apresentando apenas paredes celulares grossas e lignificadas (KOZELA; REGAN, 2003).

As células condutoras de água do xilema encontram-se revestidas internamente de ligninas, que são heteropolímeros fenólicos tridimensionais covalentemente associados a matriz polissacarídea das paredes celulares (ANTEROLA; LEWIS, 2002). As ligninas também são encontradas em outros tecidos de sustentação, e são o resultado da polimerização oxidativa de três alcoóis phidroxicinâmílicos, em uma reação mediada por peroxidases (ROS BARCELÓ, 1997).

A biossíntese de lignina e sua deposição na parede celular compreende um dos vários processos que ocorrem na formação da madeira. A lignina é uma substância da parede celular que, com suas características químio-físicas, traduz aspectos relevantes como na qualidade final da madeira. Os processos de formação da parede celular e da madeira, por serem ricos em detalhes, e de elevada importância, induzem à realização de um grande número de trabalhos de pesquisa (MELLEROWICZ; SUNDBERG, 2008).

Para Boudet (2000) a atividade funcional das ligninas tem sido associada principalmente à participação em mecanismos de defesa das plantas, ao suporte

mecânico dos órgãos vegetais, e à condução de seiva mais eficiente através de elementos vasculares lignificados. Nas diferentes espécies vegetais, indivíduos de uma população, tipos celulares e ainda nas camadas individuais das paredes celulares, é possível observar diferentes composição e quantidade variadas de ligninas, sendo influenciadas por fatores ambientais e estágio de desenvolvimento (CAMPBELL; SEDEROFF, 1996).

Uma função reconhecida da lignina às plantas é a de conferir vantagem adaptativa além de ser um dreno metabólico de carbono (NOVAES et al., 2010). Além disso, tem sido demonstrado que as ligninas estão relacionadas com as diversas respostas vegetais a diferentes tipos de estresses abióticos, tais como deficiê

ncia mineral, déficit hídrico, radiação UV-B, vento e baixas temperaturas (MOURA et al., 2010).

Em contrapartida, as ligninas apresentam também grande importância econômica, pois uma planta com altos teores de lignificação na madeira dificulta e encarece os trabalhos da indústria papelreira, aumentando assim, o nível de resíduos tóxicos indesejáveis, cuja eliminação continua sendo objeto de estudo (GUTIÉRREZ; COLS, 2007). A lignina também é vista de forma negativa em plantas forrageiras, nas quais o maior teor de lignina traduz menor digestibilidade.

Adicionalmente, conhecer as propriedades químicas, físicas e bioquímicas da lignificação torna-se importante pela sua alta relação com a produção de celulose de plantas lenhosas, principalmente aquelas economicamente utilizadas (MICIC et al., 2002).

A lignina apresenta-se como um dos constituintes mais importantes na produção de carvão, por suas implicações diretas no rendimento gravimétrico e no teor de carbono fixo. Os maiores rendimentos gravimétrico encontrados para as amostras com maiores teores de lignina devem-se a complexidade da sua estrutura, o que garante à maior resistência à decomposição, quando comparada com a celulose e com a hemicelulose (PEREIRA et al., 2000). Ainda segundo aqueles autores, na produção de celulose por meio de processos químicos, a lignina é um constituinte prejudicial, e durante as operações de cozimento e branqueamento, procura-se removê-la, sem causar danos consideráveis às fibras.

As ligninas são macromoléculas fenólicas complexas derivadas do metabolismo dos fenilpropanóides e representam 30% da biomassa lenhosa da

Terra. Porém, muitos aspectos concernentes a sua biossíntese e regulação ainda precisam ser elucidados (DAVIN et al., 2008).

Já para Petroff e Doat (1978 Apud SANTANA, 2009) a lignina é um elemento estrutural que atribui à madeira propriedades de elasticidade e resistência. Para produção de energia e carvão vegetal o conhecimento do teor de lignina é de grande importância, pois apresenta alto poder calorífico ($6.100 \text{ kcal kg}^{-1}$), além de contribuir significativamente para a formação do carbono residual devido a sua estrutura complexa. Além disso, confere alta estabilidade térmica, principalmente pela presença dos aldeídos coniferílicos e hidroxiconiferílico (DOAT, 1977; PETROFF; DOAT, 1978, apud SANTANA, 2009).

A exposição das plantas ao estresse implica em diferenças no crescimento e no metabolismo de lignina nas plantas. Donaldson (2002) em estudo sobre análises anatômicas de troncos de *Pinus radiata* D. Don, provenientes de regiões de seca periódica e severa, observou diminuição da lignificação e em alguns casos o estresse foi extremo a ponto de haver células colapsadas.

Adicionalmente, Fan et al. (2006) estudaram o aumento da expressão dos genes de cinamoil-CoA redutase 1 e 2, aliado ao aumento na deposição de lignina em milho, além de redução do crescimento da região basal das raízes, em função do déficit hídrico. Em raízes de arroz, em estágio intermediário e final de estresse hídrico (48-72 h), Yang et al. (2006) verificaram aumento da expressão gênica de fenilalanina amônia-liase (PAL), P-cumarato-3-hidroxilase (C3H), 4-cumarato: coenzima A ligase (4CL), cafeoil-CoA-O-metiltransferase (CCoAOMT), álcool de cinamilo desidrogenase (CAD) e peroxidases (POD).

Segundo Fukuda e Komamine (1982) a atuação intrínseca dos hormônios, ou alterações no ciclo dos mesmos transforma o processo de lignificação. Neste contexto, as rotas essenciais à formação da lignina são afetados, de modo que plantas podem produzir certas quantidades e tipos diferentes de lignina (PEREIRA, 2005). Entende-se a importância do estudo dos teores de lignina principalmente em plantas jovens, que estão mais suscetíveis a interferências bióticas e abióticas.

2.4 FERTILIZAÇÃO NITROGENADA

A fertilização é uma das etapas de fundamental importância na produção de mudas de boa qualidade silvicultural por estar intimamente relacionada ao crescimento e adaptação. Em virtude da grande diversidade de espécies, e suas distintas exigências nutricionais, tem-se a dificuldade para recomendações específicas de fertilização para as diferentes espécies.

Dessa forma, Gonçalves et al. (2003) destacaram que têm sido adotadas recomendações que assegurem o suprimento de nutrientes das espécies mais exigentes, tendo, assim, as demais espécies a sua demanda atendida. Além disso, os mesmos autores acrescentaram que o aspecto nutricional na produção de mudas, deve ser cuidadosamente respeitado para que as mudas não venham a ter o crescimento prejudicado pela falta ou excesso de nutrientes.

O nitrogênio é o nutriente mais requerido por plantações de eucalipto (BARROS et al., 2000). Porém, é constante o debate em relação aos critérios e métodos que auxiliem nessas recomendações, sobretudo nas plantações comerciais estabelecidas em solo de baixa fertilidade (BARROS et al., 2000).

Aplicar fertilizantes tem grande importância, pois é uma ação capaz de alterar o crescimento das árvores, a ciclagem e os estoques dos nutrientes na biomassa arbórea, no sub-bosque e no solo (GUEDES; POGGIANI, 2003). Além disso, as características naturais de um solo, bem como sua adubação, estão diretamente relacionados a qualidade da madeira de espécies arbóreas, pois influenciam diretamente na taxa de crescimento da madeira. No entanto, a eficácia da fertilização e seus efeitos, dependente da idade das árvores, do tipo de fertilizante, da época de aplicação, da quantidade aplicada e da frequência de aplicação, entre outros (ANDRADE et al., 1994).

Para proporcionar melhor desenvolvimento das mudas, a fertilização deve ser realizada corretamente, pois ao contrário, a falta ou o excesso de algum nutriente pode promover redução do crescimento (DAVIDE; FARIA, 2008). Sendo assim, uma nutrição nitrogenada adequada melhora automaticamente os conteúdos foliares deste e de outros elementos, sobretudo o fósforo, aumentando assim, o crescimento e a produtividade das plantas (BOVI et al., 2002).

Adicionalmente, Carrasco et al. (2001) afirmaram que uma muda pequena, que recém germinou apresenta necessidades muito diferentes de fertilização em comparação a uma muda grande, que já está quase pronta para ser levada a campo.

A concentração dos nutrientes minerais nos tecidos e o crescimento da planta apresentam relação essencial, resultando restrições nos casos de carência nutricional, consumo ótimo, o consumo de luxo e toxicidade. Esta relação é explicada pelo efeito de cada nutriente nos processos fisiológicos, um dos quais as manifestações mais evidentes ocorrem no crescimento, refletindo na produção de grandes quantidades de biomassa, tal como uma distribuição equilibrada na parte aérea e raiz, a acumulação de reservas, a capacidade de envolver a resistência ao stress e sobrevivência após o plantio a campo (OLIET et al., 2006).

O crescimento e a acumulação de nutrientes das plantas fertilizadas convencionalmente aumentam de forma progressiva, mas a concentração interna de nutrientes geralmente diminuí, devido ao aumento de tamanho da planta em relação ao conteúdo de nutrientes, o que sugere um estresse de nutrientes por excesso no início do período de crescimento e uma possível carência ao final (CARRASCO et al., 2001).

Em função disso, tem sido adotada e testada em algumas espécies métodos alternativos de fertilização, chamada de adubação exponencial, na qual, se desenha como um aumento regular de nutrientes, no qual as plantas devem crescer com uma concentração interna de nutrientes constantes e livre de estresse nutricional (INGESTAD; LUND 1986, apud CARRASCO et al. 2001).

Oliet et al. (2009) investigaram o efeito pós transplante de mudas de *Quercus ilex* L. submetidas a diferentes doses de adubação exponencial, na qual há um aumento na adição de fertilizantes, em comparação a adubação convencional, em que a taxa de adubação é constante na fase de viveiro. Aqueles autores não observaram diferenças entre as plantas fertilizadas pelo método convencional e as fertilizadas exponencialmente na dose de 100 mg N por planta.

Já Dumroese et al. (2005) constataram que em *Pinus monticola* Dougl. ex D. Don que a adubação exponencial (20 mg N por planta) em comparação a adubação convencional (36 mg N por planta), resultou em maiores taxas de crescimento, melhor eficiência de absorção de nutrientes nas mudas, além de reduzir as quantidades de nutrientes descarregada no solo onde se realiza o plantio floresta de árvores.

Adicionalmente, aumento na quantidade de nitrogênio e fósforo na adubação de mudas *Quercus ilex* L. em viveiro pode melhorar a sobrevivência e crescimento após plantio no campo (VILLAR-SALVADOR et al., 2004). No entanto, alguns

estudos indicam que o aumento nas taxas ou a utilização de regimes exponenciais de fertilização melhoram consideravelmente o nível de nutrientes de mudas de *Q. ilex* (VILLAR-SALVADOR et al., 2004; OLIET et al., 2009). Já em outros casos em que as espécies apresentam diferentes dinâmicas de crescimento vegetativo, como o crescimento descontínuo, a fertilização exponencial pode não coincidir, não correspondendo a nenhum regime adubação contínua. Neste sentido, a forma do cultivo em viveiro pode influenciar fortemente a morfologia e fisiologia das mudas e, conseqüentemente, o desempenho pós-plantio, sendo a fase de crescimento, a aclimatação outra fase importante para o sucesso e sobrevivência das mudas no campo.

2.5 RUSTIFICAÇÃO DE MUDAS

O termo rustificação sob o ponto de vista agrônômico é caracterizada como à adoção de técnicas aplicadas isoladas ou conjuntamente durante a formação das mudas no viveiro, com o objetivo de aumentar a resistência aos estresses decorrentes do transporte, manejo, plantio e do pós-plantio. A rustificação modula mecanismos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos de defesa na planta, desencadeando um processo de reconhecimento e aclimatação das mudas à condição de plantio, sendo o entendimento destes mecanismos, uma maneira de compreender como as espécies são capazes de crescer em condições ambientais adversas (JACOBS; LANDIS, 2009).

Habitualmente, a rustificação é realizada nas últimas semanas de cultivo coincidindo com o final do período de crescimento vegetativo das plantas, e quando as plantas alcançaram o grau de desenvolvimento desejado. Na fase de crescimento as plantas são cultivadas com disponibilidade de recursos ótimos, dispendo então de qualidade morfológica, fisiológica e sanitárias, no entanto vulneráveis a condições adversas. A partir deste momento, inicia-se a rustificação, com a intenção de potencializar os mecanismos fisiológicos e morfológicos de resistência a fatores de estresse, para garantir um desenvolvimento e sobrevivência no campo (CORTINA et al., 2006).

Ainda segundo Cortina et al. (2006) esta prática consiste em reduzir gradativamente a quantidade e intensidade de irrigação, bem como uma diminuição da relação N/K nas adubações de cobertura, resultando em alterações fisiológicas como: diminuição do potencial hídrico foliar, ajuste osmótico, acúmulo de ácido abscísico; e alterações morfológicas: redução da área foliar, aumento da lignificação do caule e da relação raiz/parte aérea das plantas.

Além disso, Taiz e Zeiger (2013) reportam que a abscisão foliar durante o estresse hídrico, uma das técnicas muito utilizadas na rustificação, resulta em grande parte da síntese acentuada e da sensibilidade ao etileno, um hormônio vegetal endógeno. Adicionalmente, a rustificação também pode resultar no acúmulo de prolina, manitol, sorbitol, na formação de ascorbato, glutatona, α -tocoferol e na síntese de novas proteínas e mRNAs (YORDANOV et al., 2003).

Para o eucalipto Teixeira (2012) definiu a rustificação como uma estratégia na solução dos problemas enfrentados na implantação da cultura em regiões com veranicos e poucas chuvas, levando a uma maior sobrevivência inicial a campo. No entanto, em viveiros comerciais a rustificação é realizada de maneira uniforme, independente das variáveis climáticas atuais, o que muitas pode levá-las à dormência o que retardaria o crescimento inicial após o plantio.

Sendo assim, a indução de alterações morfológicas nas mudas durante a fase de viveiro pode resultar em plantas com crescimento aéreo reduzido, maiores volumes e biomassa radicular, e conseqüente sobrevivência inicial a campo potencializada. Outra técnica que pode causar estes mesmos efeitos é a aplicação de estímulos mecânicos nas plantas, afim de, induzir um aumento da auxina ao ponto em que ocorre a produção de etileno (ERNER; JAFFE, 1982).

2.5.1 Etileno

Diferentes pesquisas tem se voltado a técnicas alternativas para melhoria da qualidade de plantas capazes de sobreviverem após o plantio a campo. Uma das opções que vem sendo estudada (DRANSKI et al. 2013; ORO et al. 2012) é a aplicação do etileno para indução da aclimatação e resistência das plantas ao plantio a campo.

O etileno promove diversos efeitos fisiológicos, dentre eles o crescimento de raízes e pelos radiculares, bem como inibe a ação e translocação das auxinas na parte aérea do vegetal, o que altera o padrão de crescimento através da redução no crescimento celular horizontal e aumento no alongamento celular no sentido longitudinal (TAIZ; ZIEGER, 2013).

Foram observados efeitos do etileno em praticamente todos os aspectos do desenvolvimento e crescimento das plantas, desde a germinação das sementes à senescência de vários órgãos e em muitas respostas ao estresse ambiental (ABELES et al., 1992)

Erner e Jaffe (1982) relataram o acúmulo de níveis elevados de auxina e ácido abscísico, em resposta a flexão mecânica. Estes autores estudaram a hipótese de que a acumulação de tais reguladores de crescimento de plantas resultaram na produção de etileno no início da resposta a flexão mecânica, com consequente redução do crescimento da parte aérea.

Dranski et al. (2013) testando a aplicação de ethephon em mudas de *Pachystroma longifolium* (Ness) observaram que a aplicação exógena deste regulador ocasionou diminuição no incremento em altura e na relação altura/diâmetro em até 50% e 10%, respectivamente, além do aumento no diâmetro do caule em 44% comparando a aplicação de 0 a 600 mg L⁻¹ de ethephon.

Em contrapartida, Oro et al. (2012) em estudos similares não observaram diferenças em relação as diferentes variáveis morfológicas avaliadas como altura, diâmetro do caule e relação altura/diâmetro de plantas. Os mesmos autores sugeriram que um efeito marcante do etileno é a inibição do crescimento resultante da divisão e do alongamento celular.

Adicionalmente, Donald e Cipollini (1998) estudaram a atividade da enzima peroxidase em resposta ao estímulo mecânico em mudas de feijão, sendo esta enzima induzida em resposta a defesas generalizada para muitos estímulos ambientais. Aqueles autores observaram que o estímulo mecânico pode ser um indutor eficaz de atividade da peroxidase em plantas, além disso, a indução está relacionada à intensidade do estímulo mecânico.

3 REFERENCIAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, JR. M.E. **Ethylene in plant biology**. 2.ed, San Diego, USA: Academic Press, 1992. 414 p.

AGUIAR, I.B. de; VALERI, S.V.; ISMAEL, J.J.; ALHO, D.R. Efeitos da composição do substrato para tubetes no comportamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden no viveiro e no campo. **Circular Técnica, IPEF**, n.180, 10p., 1992.

ANDRADE, E. N. de. **O eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Brasil de Rothschild, 1961. 660 p.

ANDRADE, A. M.; VITAL, B. R.; BARROS, N. F. de; DELLA LUCIA, R. M.; CAMPOS, J. C. C.; VALENTE, D. F. Efeitos da fertilização mineral e da calagem do solo na produção e na qualidade da madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, n. 1, p. 69-78, 1994.

ANTEROLA, A.; LEWIS, N.G. Trends in lignin modification: a comprehensive analysis of the effects of genetic manipulations/mutations on lignification and vascular integrity. **Phytochemistry**, vol. 61, p. 221-294. 2002.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: Guia de Identificação & Interesse Ecológico**. [S.l.: s.n.], 2002. 326p.

BARREIROS, R. M.; GONÇALVES, J.L.M.; SANSÍGOLO, C. A.; POGGIANI, F. Modificações na produtividade e nas características físicas e químicas da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação com lodo de esgoto tratado. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.103-111, 2007.

BACHA, C. J. C. Análise da Evolução do Reflorestamento no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 55, n. 2, p. 5-24, 2008.

BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETT, V., eds. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba, **IPEF**, p.220-286. 2000.

BOUDET, A.M. Lignins and lignification: selected issues. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.38, p.81-96, 2000.

BOVI, M. L. A.; GODOY Jr., G.; SPIERING, S. H. Respostas de crescimento da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 161-166, 2002.

CAMPBELL, M.M.; SEDEROFF, R.R.; Variation in lignin content and composition (mechanisms of control and implications for the genetic improvement of plants). **Plant Physiology** vol. 110, p. 3-13, 1996.

CARRASCO I.; PEÑUELAS, J.L.; BENITO, L.F.; VILLAR-SALVADOR, P.; DOMINGUEZ, S.; HERRERO, N.; NICOLÁS, J.L. Fertilización convencional y

exponencial con diferentes dosis em plantas de *Pinus halepensis* Y *Pinus nigra* cultivadas en contendor **Actas del III Congreso Forestal Español**. Granada. Mesa 3: 757-762, 2001.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1. 1039 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.

CASAL, J. J., R. A. MELLA, C. L. BALLARE, AND S. MALDONADO. Phytochrome-mediated effects on extracellular peroxidase activity, lignin content and bending resistance in etiolated *Vicia faba* epicotyls. **Physiologia Plantarum**, v. 92, p. 555–562, 1994.

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, 2006.

CORTINA, J; PEÑUELAS, J. L.; PUÉRTOLAS, J.; SAVÉ, R.; VILAGROSA, A. **Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterrâneos: estado actual de conocimientos**, Organismo Autónomo Parques Nacionales Ministerio De Medio Ambiente, Madrid, 2006.

COUTAND C, DUPRAZ C, JAOUEN G, PLOQUIN S, ADAM B. Mechanical stimuli regulate the allocation of biomass in trees: demonstration with young *Prunus avium* trees. **Annals of Botany**, v. 101, p.1421–1432, 2008.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N. DE ; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casas (*Samanea inopinata*(Harms) Ducke). **Revista Árvore**, vol.30, n.4, Viçosa, 2006.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.507-516, 2005.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. (Ed.). **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA, Cap. 2, p. 83-122, 2008.

DAVIN, L. B.; JOURDES, M.; PATTEN, A. M.; KIM, K-W.; DANIEL G. VASSAO, D. G.; LEWIS, N. G. Dissection of lignin macromolecular configuration and assembly: Comparison to related biochemical processes in allyl/propenyl phenol and lignan biosynthesis. **Natural Product Reports**, v.25, p.1015 – 1090, 2008.

DIAS, E.S. KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z. R. H; SOUZA, P.R. **Produção de mudas de espécies florestais nativas**: manual. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2006. 59 p.

DRANSKI, J. A.L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M.M.; JACOBS, D. F. Effect of ethephon on hardening of *Pachystroma longifolium* seedlings. **Revista Árvore**, vol.37 n.3, Viçosa, 2013.

DOAT, J. Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. **Revue Bois et Forêts dès Tropiques**, France, n. 172, p. 33-55, 1977.

DONALD, F.; CIPOLLINI, JR. The induction of soluble peroxidase activity in bean leaves by wind-induced mechanical perturbation. **American Journal of Botany**, v.85, n. 11, p. 1586–1591. 1998.

DONALDSON, L.A. Abnormal lignin distribution in wood from severely drought stressed *Pinus radiata* trees. **IAWA Journal**, v. 23, p. 161-178, 2002.

DUMROESE, R.K. Growth of *Juniperus* and *Potentilla* using liquid exponential and controlled-release fertilizers. **Hortscience**, v. 38, p. 1378–1380, 2003.

DUMROESE, R. K.; PAGE-DUMROESE, D. S. K.; SALIFU, F.; JACOBS, D. F. Exponential fertilization of *Pinus monticola* seedlings: nutrient uptake efficiency, leaching fractions, and early outplanting performance. **Canadian Journal of Forest Research**, V. 35, 2005.

DUMROESE, K.R.; JACOBS, D. F.; WILKINSON, K. M. **Fases de cultivo: Establecimiento y crecimiento rápido**. In: BUAMSCHA, M. G.;

CONTARDI, L.T.; DUMROESE, R.K.; ENRICCI, J.A.; ESCOBAR R.; GONDA, H.E.; JACOBS, D.F.; LANDIS, T.D.; LUNA, T.; MEXAL, J.G.; WILKINSON, K.M. **Producción de plantas en viveros forestales**. 1ª ed. - Buenos Aires: Consejo Federal de Inversiones; Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco UNPSJB; Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, Argentina, 2012. 220 p.

ERNER, Y.; JAFFE, M.J. Thigmomorphogenesis, the involvement of auxin and abscisic acid in growth retardation due to mechanical perturbation. **Plant Cell Physiology**, v. 23, n. 6, p. 935-941, 1982.

FAN, L.; LINKER, R.; GEPSTEIN, S.; TANIMOTO, E.; YAMAMOTO, R.; NEUMANN, P.M. Progressive inhibition by water deficit of cell wall extensibility and growth along the elongation zone of maize roots is related to increased lignin metabolism and progressive stelar accumulation of wall phenolics. **Plant Physiology**, vol. 140, p. 603-612, 2006.

FARIAS, J.A. **Contribuição para a silvicultura de *Luehea divaricata* Martius Et Zuccarini (Açoita-Cavalo)**. Dissertação de Mestrado apresentada no

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria. 2006. 70 p.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FUKUDA, H. Xylogenesis: Initiation, progression and cell death. **Annual Review of Plant Physiol and Plant Mol Biol**, V.47, p.299-325, 1996.

GARAY, A.H.; SOLLENBERGER, L. E.; DC MCDONALD; GJ RUEGSEGGER; RS KALMBACHER; P MISLEVY. Nitrogen fertilization and stocking rate affect stargrass pasture and cattle performance. **Crop Science**, Madison, v.44, n.4, p.1348-1354, 2004.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; ALOISIO XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.2, p.113-127, 2003.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p. (Caderno didático).

GONÇALVES, J.L.M. **Recomendações para adubação de Eucalyptus, Pinus e espécies típicas da mata atlântica**. Documentos florestais, Piracicaba, v. 15, p 1-23, 1995.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba IPEF, 2000. 427p.

GONÇALVES, B. S. **O Compromisso das Empresas com o Meio Ambiente - Agenda Ambiental das Empresas e a Sustentabilidade da Economia Florestal**. São Paulo: Instituto Ethos, 2005. 48p.

GONÇALEZ, J.C.; BREDÁ, L. C. S.; BARROS, J. F. M.; MACEDO, D. G.; JANIN, G.; COSTA, A. F.; VALE, A. T. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 329-341. 2006.

GRATTAPAGLIA, D.; KIRST, M. Eucalyptus applied genomics: from gene sequences to breeding tools. **New Phytologist**, v. 179, p. 911-929, 2008.

GUEDES, M.C.; POGGIANI, F. Variação dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com biossólido. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.63, p.188-201, 2003.

GUTIÉRREZ, A.; RENCORET, J.; IBARRA D, MOLINA, S.; CAMARERO, S.; ROMERO, J.; DEL RÍO, J.C.; MARTÍNEZ, A.T. Removal of lipophilic extractives from

paper pulp by laccase and lignin-derived phenols as natural mediators. **Environmental Science & Technology**. V. 41, p. 4124-4129. 2007.

HAASE, D. L. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters' Notes**, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

INGESTAD, T.; LUND, A.B.; Theory and techniques for steady-state mineral nutrition and growth of plants. **Scandinavian Journal of forest research**. 1: 439-453. 1986.

JACOBS, D.F.; LANDIS, T.D. Hardening. In: DUMROESE, R.K., LUNA, T., LANDIS, T.D. (Eds). **Nursery manual for native plants, guide for tribal nurseries**, v. 1. Agr. Hdbk 730, Depart. Agr. For. Serv., Washington, USA: p. 217-239. 2009.

KOZELA, C.; REGAN, S. How plants make tubes. **Trends Plant Science**, vol. 8, p. 159-164. 2003.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos Renováveis. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 125 - 136, jan./mar. 2013.

LONGHI, R. A. **Livro das árvores: árvores e arvoretas do Sul**. Porto Alegre: L&PM, 1995. 176p.

LORENZI, H.; **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, v. 1, 2a ed., Nova Odessa, Plantarum, 2002, v. 1.p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, São Paulo, instituto Plantarum, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odesa: Plantarum, 1992. 35p.

MELLEROWICZ, E. J.; SUNDBERG, B. Wood cell walls: biosynthesis, developmental dynamics and their implications for wood properties. **Current Opinion in Plant Biology**, v.11, p.293–300, 2008.

MICIC, M., ORBULESCU, J., RADOTIC, K., JEREMIC, .M., SUI, G., ZHENG, Y., LEBLANC, R. M. ZL-DHP lignin model compound at the air – water interface. **Biophysical Chemistry**, V.99, p.55-62, 2002.

MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. Produção de mudas de *Eucalyptus* para o estabelecimento de plantios florestais. **EMBRAPA**, comunicado técnico 85, 2003. 9p.

MOURA, J.C.; BONINE, C.A.; VIANA, J.O.; DORNELAS, M.C.; MAZZAFERA, P. Abiotic and biotic stresses and changes in the lignin content and

composition in plants. **Journal of Integrative Plant Biology**, vol. 52, p. 360-376, 2010.

OLIET, J. A.; VALDECANTOS, A.; PUÉRTOLAS, J.; TRUBAT, R. **Influencia del estado nutricional y el contenido en carbohidratos en el establecimiento de las plantaciones**. In: CORTINA, J.; PEÑUELAS, J. L.;

PUÉRTOLAS, J.; SAVÉ, R.; VILAGROSA, A. **Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterrâneos**: estado actual de conocimientos, Organismo Autónomo Parques Nacionales Ministerio De Medio Ambiente, Madrid, 2006.

OLIET, J.; PLANELLES, R.; ARTERO, F.; VALVERDE, R.; JACOBS, D.; SEGURA, M. Field performance of *Pinus halepensis* planted in Mediterranean arid conditions: relative influence of seedling morphology and mineral nutrition. **New Forest**, 37:313–33, 2009.

ORO, P.; VOLKWEIS, C. R.; NEIVERTH, W.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Aplicação de regulador vegetal na aclimação de mudas de *Cariniana estrellensis*. **Cultivando Saber**, Cascavel, v.5, n.4, p.103-112, 2012.

PEREIRA, J.C.D.; STURION, J.A.; HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PETROFF, G.; DOAT, J. Pyrolyse des bois tropicaux: influence de la composition chimique des bois sur les produits de distillation. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, France, n. 177, p. 51-64, 1978.

ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAÚJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

ROS BARCELÓ, A. Lignification in plant cell walls. **International Review of Cytology**, 176: 87-132. 1997.

SANTANA, W. M. S. **Crescimento, produção e propriedades da madeira de um clone de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* com enfoque energético**. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Lavras, 2009. 91 p.

SANTOS, C.B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; SCALON FILHO, R. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SOARES, M.T.S. **Taxas de mineralização e de lixiviação do nitrogênio e alterações da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo degradado e outro não degradado fertilizados com biossólidos e florestados com *Eucalyptus grandis***. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. 132 p.

SOUZA, C.A.M.; OLIVEIRA, R.B.; FILHO, S.M.; SOUZA, J.L.S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TEIXEIRA, L. A. F. **Influência da rustificação no comportamento fisiológico de mudas de *Eucalyptus urograndis* submetidas ao déficit hídrico**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras – UFLA, 2012. 47 p.

VACCARO, S.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três subseres de uma floresta estacional decidual, no município de Santa Tereza – RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.1-18, 1999.

VAZ, L. M. S.; GONÇALVES J.L.M. Uso de biossólido em povoamento de eucalipto: efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.3, p.747-758, 2002.

VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; OLIET, J.; PEÑUELAS-RUBIRA, J.L.; JACOBS, D.F.; GONZÁLEZ, M. Drought tolerance and transplanting performance of holm oak (*Quercus ilex*) seedlings after drought hardening in the nursery. **Tree Physiology**, v.24, 1147–1155, 2004.

YANG, C. W., LAMOTHE, R. G., EWAN, R. A., ROWLAND, O., YOSHIOK, H., SHENTON, A., YE, H., O'DONNELL, E., JONES, J. D. G. e SADANANDOM, A. The E3 Ubiquitin Ligase Activity of Arabidopsis PLANT U-BOX17 and Its Functional Tobacco Homolog ACRE276 Are Required for Cell Death and Defense. **The Plant Cell**, v. 18, p.1084–1098, 2006.

YORDANOV, V.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought and stress tolerance. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, Varna, v. 34, n. 3-4, p. 187-206, 2003.

4 CAPITULO II: FERTILIZAÇÃO NITROGENADA EM *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN E *Luehea divaricata* MART.

4.1 RESUMO

O equilíbrio nutricional interfere positivamente na obtenção de mudas de alto padrão de qualidade. Sabe-se que o crescimento e a acumulação de nutrientes das plantas fertilizadas convencionalmente aumentam de forma progressiva, mas a concentração interna de nutrientes geralmente diminuí. Portanto, mudas fertilizadas com doses definidas exponencialmente a disponibilidade de nutriente aumentam de acordo com o crescimento da muda. Este trabalho objetivou avaliar a fertilização nitrogenada durante a produção de mudas de *L. divaricata* and *E. grandis*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *campus* de Marechal Cândido Rondon-PR, latitude 24° 33' S, longitude 54° 04' O. O trabalho foi desenvolvido em delineamento de blocos casualizados, com três formas de adubação (100 mg L⁻¹ de N convencional x 100 mg L⁻¹ de N exponencial x ausência de nitrogênio) aplicadas durante três meses totalizando nove aplicações, com 7 repetições de cinco mudas. As variáveis mensuradas foram altura (H), diâmetro de coleto (DC), área foliar (AF), massa de matéria seca da parte aérea (MSA), massa de matéria seca da parte radicular (MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) e N, P, K. Os resultados foram submetidos a análise de variância e Teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. A fertilização exponencial e convencional sustentam a hipótese de indução de crescimento em mudas de *L. divaricata* e *E. grandis* em relação a fertilização sem aplicação de nitrogênio na fase de crescimento.

Palavras-Chave: produção de mudas; fertilização exponencial; *Luehea divaricata* Mart., *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.

4.2 ABSTRACT

Nutritional balance positively interfere in achieving a high standard of quality seedlings. It is known that the growth and accumulation of nutrients in the plants fertilized conventionally increase gradually, but the internal nutrient concentration usually decreases. Have seedlings exponentially fertilized nutrient availability increase with the growth of the changes. This study aimed to evaluate nitrogen fertilization during the production of *L. divaricata* and *E. grandis* seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse at the State University of Paraná West - UNIOESTE, *campus* Rondon-PR, latitude 24 ° 33 'S, longitude 54 ° 04' W. The study was conducted in a randomized block design, three forms of fertilizer (100 mg L⁻¹ conventional N x 100 mg L⁻¹ zero exponential N x N) applied during three months (nine applications) with 7 replicates of five plants. The measured variables were height (H) and stem diameter (DC), leaf area (LA), dry weight of shoots (MSA), dry weight of roots (MSR) and Quality Score Dickson (IQD). The results were submitted to analysis of variance and Tukey test at 5% probability of error. The exponential and conventional fertilization sustain growth induction hypothesis *L. divaricata* and *E.*

grandis seedling without fertilization regarding nitrogen application in the growth phase.

Keywords: production of seedlings; fertilization exponential; *Luehea divaricata* Mart., *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.

4.3 INTRODUÇÃO

A espécie *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden tem a produção localizada em regiões tropicais e subtropicais, sendo que seus híbridos são amplamente utilizados para plantações industriais devido à capacidade de adaptação e crescimento rápido (GOMES; PAIVA et al., 2011).

Segundo ABRAF (2014) os plantios de eucalipto totalizaram 5,4 milhões de hectares no Brasil, área representativa de 76% do total de florestas plantadas do país (ABRAF 2014). Os avanços na tecnologia no plantio das florestas de eucalipto é o decorrente da grande quantidade de pesquisas realizadas pelo setor florestal, tanto no nível acadêmico como no empresarial. Além disso, o uso de madeira proveniente de florestas de eucaliptos, caracterizadas pelo rápido crescimento, é uma opção viável para minimizar a pressão sobre florestas nativas.

Luehea divaricata Mart. (Tiliaceae) é uma espécie lenhosa nativa do Brasil de grande porte (15 a 25 m), popularmente conhecida como açoita-cavalo, açoita-cavalo miúdo, ibatingui, ivatingui, pau-de-canga ou caiboti encontrada nos estados da Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, assim como de Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul. O florescimento da açoita-cavalo ocorre de dezembro a fevereiro, enquanto a maturação dos frutos ocorre nos meses de maio a agosto com as sementes dispersas pelo vento (LORENZI, 2008).

O açoita-cavalo é uma das principais espécies de ocorrência na região sul do Brasil. Negrelle e Leuchtenberger (2001) encontraram frequência relativa de 5,10 % de *Luehea divaricata*, sendo que a terceira espécie mais frequente e de maior densidade (4,89 %) em uma área de Floresta Ombrófila Mista no Parque Estadual vilha Velha, em Ponta Grossa Paraná.

As práticas adotadas nos viveiros devem possibilitar o pleno crescimento e desenvolvimento das mudas com baixos custos, destacando que sua qualidade

pode ser influenciada pela qualidade da semente, o tipo de recipiente, o substrato, a adubação e o manejo das mudas em geral (CRUZ et al., 2006).

Dentre as boas práticas de manejo, a fertilização das mudas merece destaque. O equilíbrio nutricional interfere positivamente na obtenção de mudas de alto padrão de qualidade, destacando-se nitrogênio, fósforo e potássio.

Adicionalmente, o crescimento e a acumulação de nutrientes das plantas fertilizadas convencionalmente aumentam de forma progressiva, mas a concentração interna de nutrientes geralmente diminuí, devido ao aumento de tamanho da planta em relação a concentração de nutrientes, o que sugere um estresse de nutrientes por excesso no início do período de crescimento e uma possível carência ao final (CARRASCO et al., 2001).

Os altos níveis de utilização de fertilizantes sugerem o início de ações políticas para regulamentação e o controle na utilização destes produtos químicos devido ao crescente aumento na contaminação do solo e da água (THOMPSON, 1985 *apud* DUMROESE, 2003). Esta regulamentação foi implementada em Oregon, EUA (GREY, 1991). Assim, uma melhor compreensão dos métodos para melhorar a eficiência do uso de fertilizantes e, correspondentemente reduzir a adubação nitrogenada em viveiros se justifica (DUMROESE, 2003).

A adubação exponencial, na qual há um aumento na adição de fertilizantes, em comparação a adubação convencional, em que a taxa de adubação é constante na fase de viveiro, foi investigada por Oliet et al. (2009) em mudas de *Quercus ilex* L. as quais resultaram em diferenças entre as mudas fertilizadas pelo método convencional e as fertilizadas exponencialmente na dose de 100 mg N por planta.

Adicionalmente, Dumroese et al. (2005) constatou que em *Pinus monticola* Dougl. ex D. Don a adubação exponencial (20 mg N por planta) em comparação a adubação convencional (36 mg N por planta), resultou em maiores taxas de crescimento, melhor eficiência de absorção de nutrientes nas mudas, além de reduzir as quantidades de nutrientes lixiviada no solo onde se realiza o plantio florestal.

Em função disso, tem sido adotada e testada em algumas espécies, métodos alternativos de fertilização, chamada de adubação exponencial, na qual, se desenha como um aumento regular de nutrientes, no qual as plantas devem crescer com uma concentração interna de nutrientes constante e livre de estresse nutricional (INGESTAD; LUND 1986, *apud* CARRASCO et al. 2001).

A forma de manejo na fertilização em viveiro pode influenciar fortemente a morfologia e fisiologia das mudas e, conseqüentemente, o desempenho pós-plantio. Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar a fertilização nitrogenada durante a produção de mudas de *L. divaricata* e *E. grandis*.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Implantação do Experimento

O experimento foi conduzido na estação experimental de horticultura e cultivo protegido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Marechal Cândido Rondon, durante os anos de 2012 e 2013. O município está localizado na região Oeste do Paraná, latitude de 24° 33' S e longitude de 54° 04' O a uma altitude de 420 m.

O clima é caracterizado como subtropical úmido recebendo a classificação de Cfa, segundo Köppen, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência a concentração de chuvas nos meses de verão. A estação seca não é definida, a precipitação média anual é de 1.500 mm e a umidade média anual de 80% e a temperatura média anual é de 21 °C, com máxima média de 28 °C e mínima média de 15 °C. Na fase do experimento a temperatura média variou de 14 a 37 °C e a Umidade média de 28 a 60% (Figura 2.1) as quais foram aferidas por meio de um datalogger de temperatura e umidade autoprogramado.

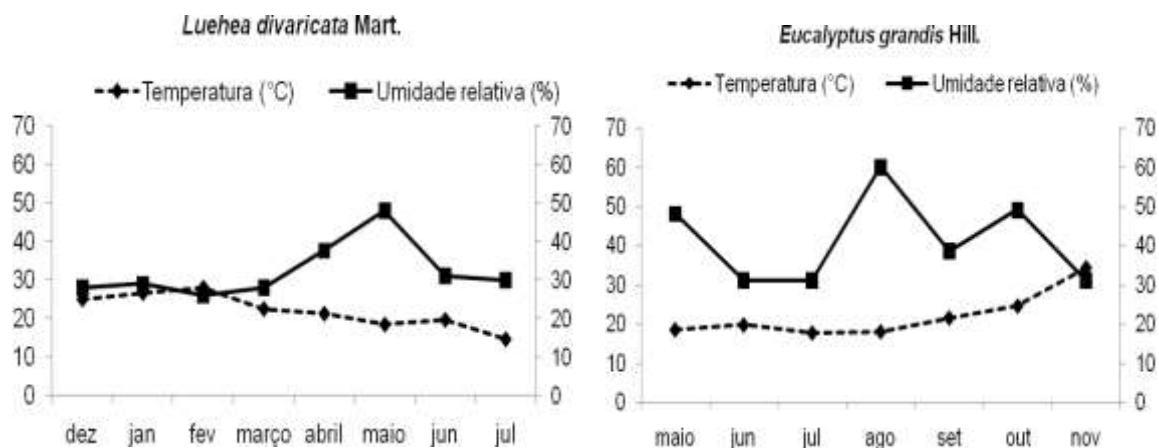


Figura 2. 1 - Temperatura e umidade relativa do ar de julho de 2013 a dezembro de 2013 no Viveiro Experimental de Marechal Cândido Rondon – PR.

4.4.2 Produção das Mudanças

Mudas de *E. grandis* e *L. divaricata* foram produzidas por sementes, propagadas via semeadura no viveiro pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, localizado no município de Marechal Cândido Rondon, PR. A semeadura das sementes de *L. divaricata* coletadas em matrizes localizadas na Região Oeste do Paraná por coletores do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE, ocorreu em dezembro de 2012 e as sementes adquiridas comercialmente de *E. grandis* em abril de 2013, em tubetes cônicos de 120 cm³, preenchidos com substrato comercial (Mecplant[®]) acomodados em bandejas plásticas planas com capacidade para 96 tubetes.

Durante a condução foram realizados raleios, eliminando-se as mudas excedentes de cada tubete deixando apenas a de maior vigor. Os tubetes foram acondicionados em bandejas plásticas suspensas em estrutura metálica a aproximadamente 1 metro do solo.

O tempo de formação das mudas foi de 7 meses para *L. divaricata* e de 4 meses para *E. grandis*.

4.4.3 Aplicação dos tratamentos

Quando as mudas apresentaram cerca de 10 cm ± 2 cm iniciaram-se os tratamentos de fertilizações, nos quais 190 mudas foram submetidas a adubação exponencial tomando como referência o teor de N na semente atingindo a concentração final (100 mg L⁻¹ de Nitrogênio por planta) (CARRASCO et al., 2001) aumentando gradualmente.

Outras 190 mudas foram submetidas a adubação constante (100 mg L⁻¹ de nitrogênio por planta) a cada 10 dias durante 3 meses, e 190 mudas não receberam

adubação com nitrogênio até o início do período de rustificação.

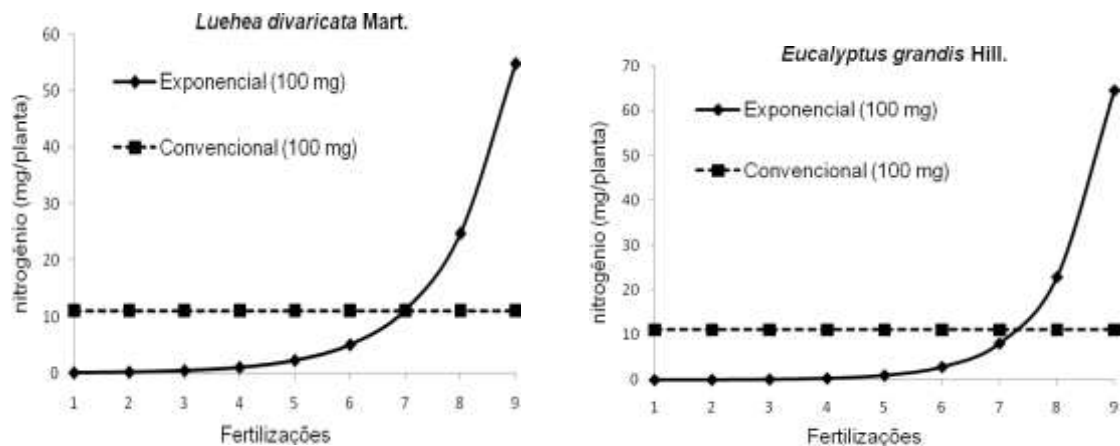


Figura 2. 2 - Comparação entre a fertilização exponencial e convencional com 100 mg L⁻¹ de N em mudas de *L. divaricata* e *E. grandis*.

A fertilização foi realizada manualmente via solução, utilizando como fonte de N a ureia (45%), aplicada utilizando um dispensador. Os demais nutrientes foram fornecidos igualmente para todos os tratamentos nas concentrações, em mmol L⁻¹, de 0,9 de H₂ PO₄⁻; 2,25 de SO₄⁻; 10,0 de Ca⁺⁺; 6,0 de K⁺ e 5,0 de Mg⁺⁺, e em mg L⁻¹, 0,42 de Mn; 0,26 de Zn; 0,05 de Cu; 0,50 de B; 0,04 de Mo, e 4,82 de quelato de Fe (FOGAÇA et al. 2007).

Para o cálculo da adubação exponencial as sementes de cada espécie foram avaliadas em relação ao conteúdo de nitrogênio, valores que foram utilizados para o cálculo da seguinte equação:

$$N_T = N_s (e^{rt} - 1)$$

em que: r é a taxa de adição (Mg/semana) necessária para aumentar a relação N_s (Teor em N inicial para semente em mg) para um teor de N final ($N_T + N_s$), e N_T é a quantidade desejada de fertilizante (100 mg de N planta⁻¹) a ser adicionada em função do número de aplicações de fertilizantes ($t = 9$).

Média de N_s foi determinado como sendo 0,79 mg N por sementes para o açoitacavalos e 0,09 mg N por sementes para o Eucalipto. A quantidade de adubo para aplicar em uma semana específica (N_t) foi calculada usando a equação. 2:

$$N_T = N_s (e^{rt} - 1) - N_{t-1}$$

onde N_{t-1} é a quantidade acumulada de N adicionada incluindo a aplicação anterior.

Quando as mudas apresentaram sinais de competição foi realizada a redução pela metade da ocupação dos tubetes nas bandejas plásticas e a outra metade transferida para bandejas plásticas adicionais. As mudas foram irrigadas diariamente, próximas à capacidade de saturação do substrato, até três vezes ao dia conforme a umidade relativa e temperatura observadas.

A condutividade elétrica do substrato antes da adubação foi de 764, 521, 420 e 760, 397 e 400 para os regimes 0 N, exponencial e convencional, para *E. grandis* e *L. divaricata*, respectivamente.

4.4.4 Variáveis analisadas

Das 190 mudas fertirrigadas diferentemente foram mensuradas 6 repetições de 5 mudas por parcela de fertirrigação ao final da fase de desenvolvimento (90 dias), avaliando-se o diâmetro do caule (mm) com paquímetro digital, altura de plantas (cm) com régua milimétrica, número de folhas e área foliar pela análise de imagens do Software ImageJ® (Powerful Image Analysis) de domínio público, e índice SPAD utilizando-se o clorofilômetro Spad-502, quantificando-se quatro folhas localizadas na região mediana da muda.

A massa seca aérea (MSA) e raiz (MSR) foram mensuradas em 10 mudas por espécie, sendo as amostras acondicionadas em estufa de circulação de ar a 65 °C por 72 h até peso constante.

A determinação do volume de raízes foi realizada colocando-se as raízes em proveta graduada, contendo um volume conhecido de água. Pela diferença, obteve-se a resposta direta do volume de raízes, pela equivalência de unidades (1 mL = 1 cm³), segundo metodologia descrita por Basso (1999).

Adicionalmente, o índice de qualidade de Dickson (IQD) foi calculado em função da massa seca total (MST), da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (DC), do peso de matéria seca da parte aérea (MSA) e do peso de matéria seca das raízes (MSR), por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST(g)}{H(cm)/DC(mm) + MSPA(g)/MSR(g)}$$

A relação altura/diâmetro do coleto (H/D) foi calculada a partir da divisão dos valores finais do primeiro sobre o segundo cujos resultados foram expressos em cm mm^{-1} .

A matéria seca obtida foi moída em moinho tipo Willye, e passada em peneira de malha 40 mesh para a determinação da concentração de nitrogênio (N) e fósforo (P) e potássio (K) nas folhas. Para avaliar as concentrações de N e P no tecido vegetal utilizou-se amostras de 0,2 g, em quatro repetições por tratamento, que foram submetidas à digestão sulfúrica e posterior destilação em aparelho semi-micro Kjeldhal, e espectrofotometria uv-vis, para determinação das concentrações de N e P, respectivamente, e K por fotometria de chama como descrito por Tedesco et al. (1995).

4.4.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade (Barlett e qui-quadrado), para posterior análise de variância, e as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo avaliados três tratamentos de adubações com sete blocos por tratamentos com cinco mudas por bloco com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.5. 1 *Luehea divaricata* Mart.

Os regimes de fertilização aplicados na fase de crescimento de mudas de *L. divaricata* influenciaram o crescimento das mesmas. Houve efeito significativo para os componentes morfométricos e fisiológicos altura, diâmetro do coleto, índice SPAD, relação altura/diâmetro (H/D) e N P e K (Tabela 2.1).

Tabela 2. 1- Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de *L. divaricata* ao final da fase de crescimento viveiro em resposta a diferentes regimes de fertilização por 90 dias

Parâmetros	ANOVA			
	QMR	F _{calc}	P _{valor}	C.V. (%)
Altura	10,9	9,51	0,003	16,2
DC	0,15	10,02	0,002	6,5
MSR	0,15	1,27	0,31	34,6
MAS	0,27	1,33	0,29	25,7
MST	0,67	0,68	0,522	23,5
Vol. Raiz	2,30	0,18	0,39	31,74
NF	2,15	2,02	0,17	13,2
SPAD	4,33	18,4	0,0002	5,85
AF	4325,7	2,30	0,14	23,5
H/D	0,29	5,01	0,02	16,01
IQD	0,03	1,72	0,22	29,49
NITROGÊNIO	0,18	9,53	0,003	16,9
FÓSFORO	0,002	19,37	<0,0001	3,50
POTÁSSIO	4,43	31,12	<0,0001	9,18

Em que: (QMR) quadrado médio do resíduo; (F_{calc.}) valor calculado para tratamentos; (P_{valor}) significância do teste; (C.V.) coeficiente de variação; (DC) diâmetro do coleto; (MSR) Massa seca de Raiz; (MSA) Massa seca de Parte Aérea (Vol raiz) Volume de raiz; (NF) número de folha; (AF) área foliar; (H/D) Relação altura e diâmetro; IQD índice de qualidade de Dikson.

Mudas fertilizadas com 100 mg de N planta⁻¹ convencionalmente apresentaram maior potencial de crescimento em altura, diferenciando-se de plantas fertilizadas exponencialmente, bem como de mudas que não foram fertilizadas com N, as quais apresentaram os menores valores em altura. O diâmetro do caule foi menor em mudas fertilizadas com 0 Nitrogênio, diferenciando-se de plantas fertilizadas convencional e exponencialmente, as quais não diferenciaram entre si (Figura 2.3).

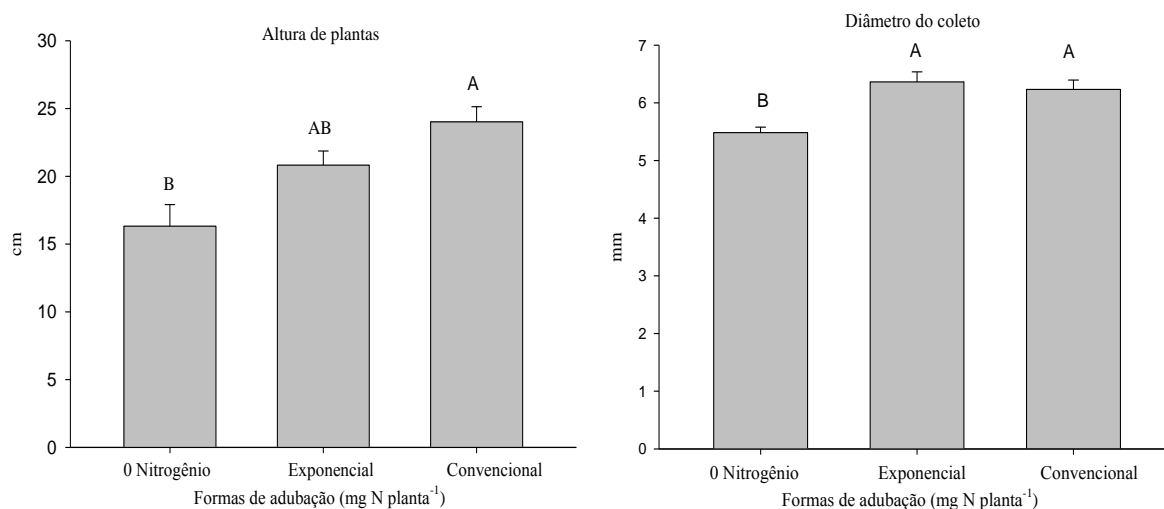


Figura 2. 3 - Altura e diâmetro do caule de *L. divaricata* submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Estes resultados concordam com outros da literatura nos quais o fornecimento de nutrientes durante o cultivo em viveiro tem forte influência sobre as características funcionais de mudas e a adubação nitrogenada frequentemente aumenta o crescimento e desempenho das mudas (OLIET et al. 2009). Vila et al. (2007) obtiveram resultados semelhante no crescimento em altura de *Pinus* comparando sistema convencional e exponencial de fertilização com 70 mg de N em ambos os tratamentos, no qual o sistema convencional apresentou maior crescimento.

Corroborando com os resultados obtidos neste estudo Schmal e O'Reilly (2012) obtiveram maiores valores para altura de *Quercus robur* L fertilizadas exponencialmente com 1,880 kg ha⁻¹ de nitrogênio, quando comparadas a plantas não fertilizadas.

Por outro lado, não houve diferenças em relação a MSR e MSA das plantas cultivadas nos diferentes regimes de adubação para *L. divaricata* (Figura 2.4). Em contrapartida, Oliet et al. (2009) estudando *Q. ilex* obteve MSR 67 % e 42 % maiores para mudas fertilizadas convencionalmente e exponencialmente com nitrogênio (100 mg L⁻¹) respectivamente em comparação a mudas não fertilizadas, bem como MSA estimuladas 73 % e 35 % em relação a mudas não fertilizadas com nitrogênio.

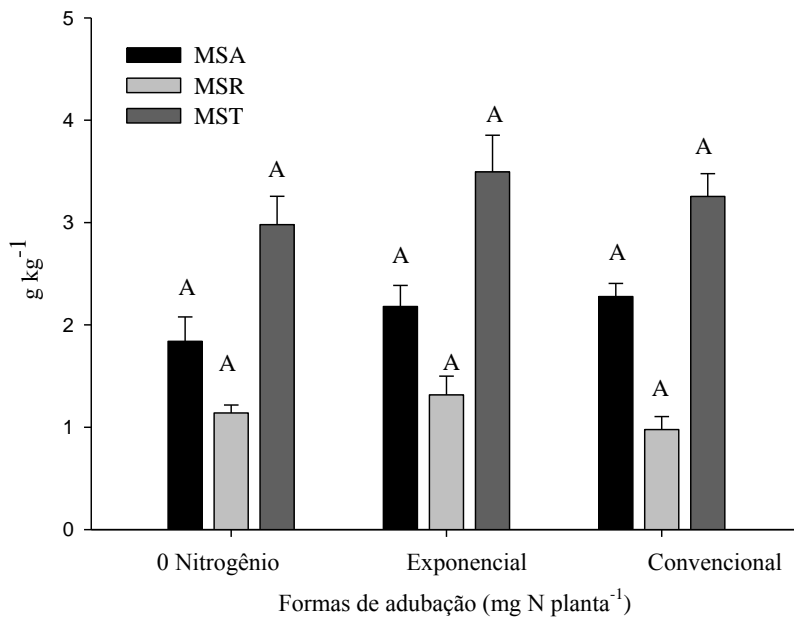


Figura 2. 4 - Massa seca da Parte aérea e massa seca de Raiz de *L. divaricata* submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não foram observadas diferenças com as variáveis número de folhas, área foliar e volume de raiz de plantas de *L. divaricata* submetidas aos diferentes tratamentos de fertilização nitrogenada (Figura 2.5). A falta de diferenças entre os tratamentos pode ter ocorrido devido a lixiviação de N no substrato sendo pouco absorvido pelas mudas, ou também devido a característica da espécie de apresentar uma parte aérea bem desenvolvida. Dumroese et al. (2005) destacaram que o aumento da adição de fertilizantes pode causar maiores perdas por lixiviação de N.

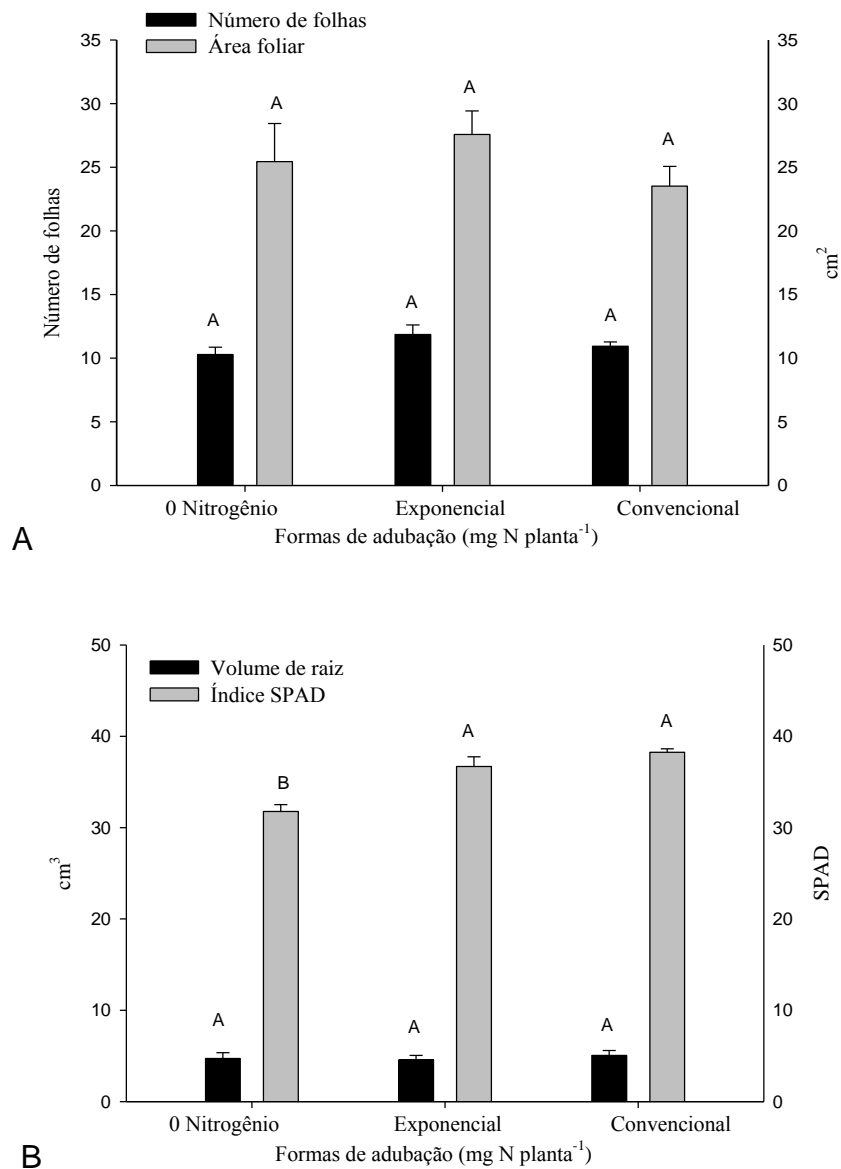


Figura 2. 5 Número de folhas, área foliar média (A), índice SPAD e volume de raiz (B) de *L. divaricata* submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os tratamentos exponencial e convencional externaram diferenças com o índice SPAD em relação ao tratamento de 0 Nitrogênio (Figura 6.5). Segundo Argenta et al. (2002) o clorofilômetro proporciona leituras instantâneas, de maneira não destrutiva de folhas, indicando o teor de clorofila presente na folha da planta. Adicionalmente, o conteúdo de clorofila correlaciona-se com a concentração de N na planta e, também, com a produtividade das culturas (SILVEIRA et al., 2003).

Houve diferenças com as variáveis H/D e MSA/MSR em função dos diferentes regimes de fertilização, na qual mudas cultivadas na ausência de nitrogênio foram afetadas em relação ao crescimento, resultando em menores valores devido ao menor crescimento das mudas (Figura 2.6). A relação H/D é denominada também de coeficiente de robustez, que sugere uma relação de qualidade e resistência, na qual quanto maior o valor menor o diâmetro do caule (HAASE, 2008).

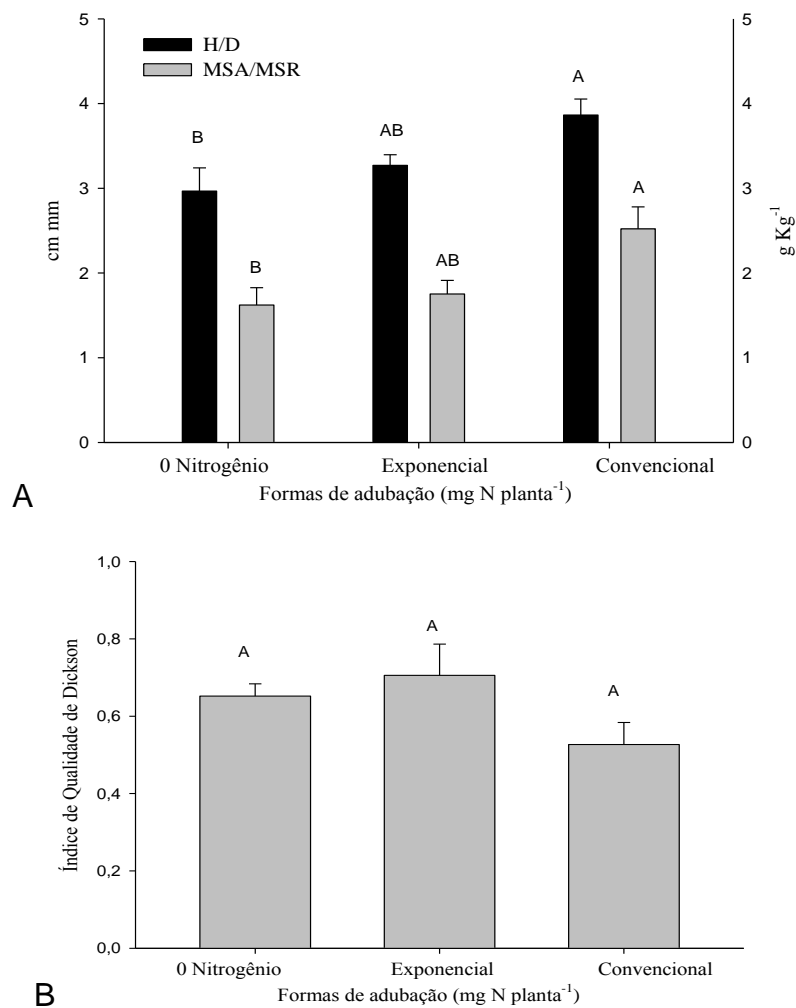


Figura 2. 6 - Relação Altura/diâmetro do coleto (H/D), Massa seca da parte aérea e raiz (MSA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *L. divaricata* submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra e da mesma cor de coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O mesmo raciocínio pode ser aplicado à relação MSA/MSR, resultando em mudas que foram fertilizadas convencionalmente com estiolamento da parte aérea

em relação ao caule e ao sistema radicular das plantas, o que sugere um desbalanço na proporção altura e diâmetro do caule.

Carneiro (1995) afirmou que a relação H/D deve situar-se entre os limites de 5,4 e 8,1, valores estes maiores do que os observados no presente trabalho. A relação MSA/MSR nas mudas de *Pinus halepensis* Mill. deve ser sempre que possível menor que 2, sendo essa uma indicação para a maioria das espécies (BIRCHLER et al., 1998). Sendo assim mudas cultivadas exponencialmente apresentam-se estes valores, e plantas fertilizadas convencionalmente estão com valores maiores que os indicados para aquele indicativo.

A concentração de nitrogênio apresentou maiores valores (2.89 e 2.72 mg g⁻¹) em plantas cultivadas exponencial e convencionalmente, respectivamente, indicando um aumento de 32 % no acúmulo de nitrogênio nas plantas de *L. divaricata* em comparação as mudas não fertilizadas com nitrogênio (Figura 2.7). Estes resultados corroboram com os obtidos por Oliet et al. (2009) testando diferentes regimes de fertilização em *Q. ilex* no qual a adubação de 100 mg de N disponibilizados exponencialmente e convencionalmente aumentaram o conteúdo de N em 116% e 110% em comparação com plantas não fertilizadas.

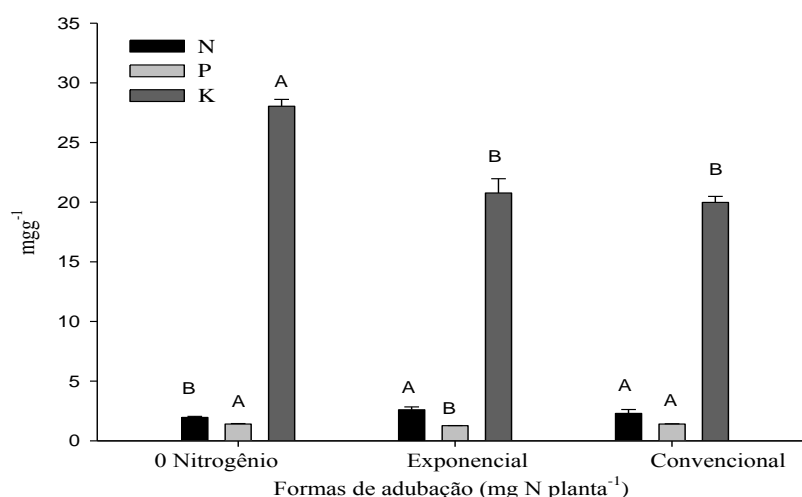


Figura 2. 7 - Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio em folhas de *L. divaricata* submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra na mesma cor de coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Adicionalmente, Dumroese et al. (2005) em trabalho semelhante destacaram que a eficiência na absorção de nutrientes no cultivo na forma exponencial foi maior do que no sistema convencional, o que sugere uma melhor sincronização entre oferta e demanda em plantas fertilizadas exponencialmente. No referido trabalho a eficiência na absorção de N foi de 75% em mudas cultivadas exponencialmente, comparada á 50% em mudas cultivadas convencionalmente.

O fósforo na planta estimula o crescimento das raízes, garantindo um desenvolvimento inicial vigoroso (CECONI, 2006). As concentrações de fósforo foram diferentes para os tratamentos aplicados, sendo os maiores valores quantificados em mudas cultivadas sem nitrogênio e no regime de fertilização convencional (100 mg de N muda⁻¹).

Já com as concentrações de K houveram diferenças em mudas cultivadas sem nitrogênio em comparação aos dois regimes de adubação nitrogenada, sendo os maiores valores de K quantificados em folhas de mudas cultivadas sem adição de nitrogênio. Estes resultados corroboram com os obtidos por Prado et al. (2008) que verificaram interação inversa entre o NxK, com o efeito do N predominante sobre o K, ou seja, o aumento na dose de N resulta em decréscimo no acúmulo de K.

Já o acúmulo de fósforo em folhas de *L. divaricata*, houve diferenças em relação à adubação exponencial e convencional, sendo os maiores valores resultaram da fertilização convencional e 0 N, em comparação à fertilização exponencial. Dumroese et al. (2005) em comparações similares com P e K obtiveram resultados diferentes com P, com acúmulo de 19% versus 12%, em cultivo exponencial e convencional, respectivamente, e o acúmulo de K 56% versus 35%, em mudas de forma exponencial e convencionalmente, diferentemente do presente estudo.

A fertilização exponencial quando utilizada combinada com os requisitos de crescimento deve melhorar a eficiência de uso de fertilizantes em viveiros, idealizando a aplicação de menor quantidade de nutriente e menor perda inicial pelas mudas. A grande dificuldade do uso desta metodologia em massa nos viveiros seria a análise nutricional inicial das sementes, os cálculos de fertilização em função de cada espécie, e o maior tempo e trabalhos necessários para aplicação dos fertilizantes exponencialmente.

4.5.2 *Eucalyptus grandis* Hill.

Os diferentes regimes de fertilização nitrogenada aplicadas no crescimento em mudas de *E. grandis* até os 90 dias após o início das fertilizações influenciaram no crescimento das mesmas, havendo efeito significativo para todos os componentes morfométricos e fisiológicos avaliados conforme exposto no resumo da análise de variância (Tabela 2.2). Segundo Taiz e Zeiger (2013) o nitrogênio é um dos elementos mais importantes, e requerido para a produtividade vegetal de todos os ecossistemas, estando associado à produção de ácidos nucleicos, dos aminoácidos e da clorofila, além de fazer parte de vários compostos nas plantas. O que explica as diferenças para as quantificações dos diferentes parâmetros neste estudo.

Tabela 2. 2- Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de *E. grandis* ao final da fase de crescimento viveiro em resposta a diferentes regimes de fertilização por 90 dias

Parâmetros	ANOVA			
	QMR	F _{calc}	P _{valor}	C.V. (%)
Altura	29,81	14,6	0,0005	21,5
DC	0,101	22,2	0,00009	11,4
MSR	0,05	30,3	000002	21,7
MAS	0,12	133,07	<0,0001	16,45
MST	0,31	89,29	<0,0001	17,2
Com. Raiz	1,19	10,33	0,002	6,6
NF	28,1	74,1	<0,0001	16,4
SPAD	11,93	67,0	<0,0001	8,9
AF	5,90	8,4	0,005	16,9
H/D	1,47	7,3	0,008	13,6
IQD	0,003	44,0	<0,0001	19,8
MSA/MSR	0,16	17,1	0,0003	21,3
NITROGÊNIO	0,05	32,5	<0,0001	18,3
FÓSFORO	0,01	156,8	<0,0001	7,7
POTÁSSIO	1,15	21,7	<0,0001	7,71

Em que: (QMR) quadrado médio do resíduo; (*F_{calc.}*) valor calculado para tratamentos; (Pvalor) significância do teste; (C.V.) coeficiente de variação; (DC) diâmetro do coleto; (MSR) Massa seca de Raiz; (MSA) Massa seca de Parte Aérea; (MST) massa seca total (com. raiz) comprimento de raiz; (NF) número de folha; (AF) área foliar; (H/D) Relação altura e diâmetro; IQD índice de qualidade de Dickson.

O crescimento em altura e no diâmetro do coleto em mudas de *E. grandis* externaram uma resposta igual para a adubação realizada de maneira exponencial e convencional, com maiores valores em relação a ausência de nitrogênio (Figura 2.8). Caione et al. (2012) inferiram que a altura das mudas é um excelente parâmetro para se avaliar o padrão de qualidade de mudas florestais, geralmente mudas mais altas são mais vigorosas. Os mesmos autores destacaram que aquele parâmetro fornece uma boa estimativa do prognóstico do crescimento inicial no campo.

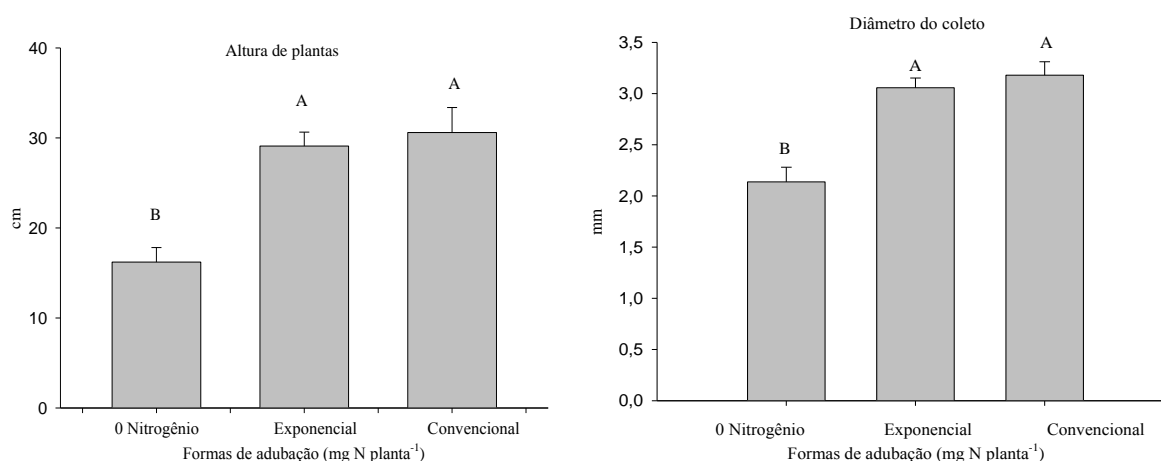


Figura 2. 8 - Atura de plantas e diâmetro do coleto em folhas de *E. grandis* submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Adicionalmente, Villar-salvador et al. (2004) reportaram que diferentes estudos têm mostrado que plantas maiores estão mais capacitadas para superar o estresse pós-plantio e o crescimento inicial no campo, o que pode fortalecer a importância da fertilização nitrogenada para mudas de *E. grandis*. Além disso, de acordo com Faustino et al. (2005), o crescimento em altura está relacionado aos acréscimos de matéria orgânica no substrato.

Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo Trazzi et al. (2014) testaram diferentes doses de biofóssido na produção de mudas de *Tectona grandis* L.f , e destacaram que o biofóssido influenciou positivamente o crescimento em altura e diâmetro do coleto das mudas. Os mesmos autores reportaram que os altas concentrações de nutrientes e matéria orgânica na composição dos resíduos contribuíram para maior crescimento das mudas. Wendling; Dutra (2010) consideraram como adequado um diâmetro do coleto acima de 2 mm para mudas de eucalipto, tomando-se por base tal quesito todos os tratamentos apresentam valores satisfatórios, ainda que mudas fertilizadas sem nitrogênio apresentemos menores valores.

Houve diferenças em relação aos regimes de fertilização utilizados em mudas de *E. grandis* para os parâmetros de crescimento, índice SPAD, número de folhas e área foliar (Figura 2.9) com os maiores valores para plantas fertilizadas exponencialmente para as três variáveis quantificadas. O número de folhas, e a área foliar foram menores para plantas que não receberam adubação com nitrogênio, não se diferenciando para plantas fertilizadas exponencialmente e convencionalmente. O eucalipto pode responder à fertilização, particularmente com nitrogênio, aumentando a área foliar, e conseqüentemente aumentando de volume do tronco (SMETHURST et al., 2003).

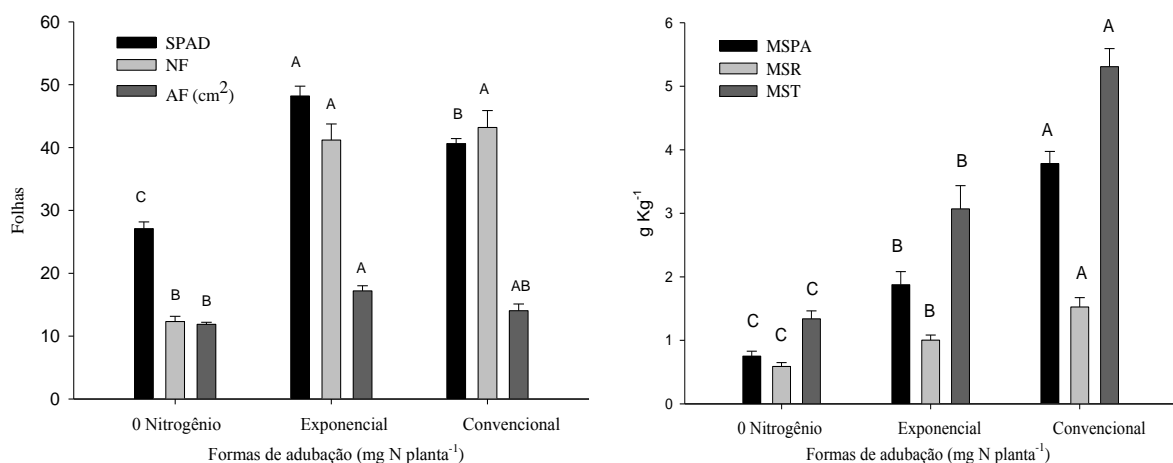


Figura 2. 9 - Índice SPAD, número e folhas (NF), área foliar (AF), Massa seca da parte aérea (MSA), raiz (MSR) e total (MST) de plantas de *E. grandis* submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra na mesma cor de coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O índice SPAD é uma alternativa para predizer a concentração de N da planta em tempo real, pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade do verde e o teor de clorofila com a concentração de N na folha (FONTES; ARAÚJO, 2007). Sendo assim, os maiores valores para esta variável em mudas fertilizadas exponencialmente podem admitir um maior crescimento nestas mudas, devido a maior disponibilidade de nitrogênio ao final da fase de crescimento.

Já com as variáveis MSA, MSR e MST os maiores valores resultaram de mudas fertilizadas convencionalmente (Figura 2.9). Da mesma forma que o obtido no presente trabalho com mudas de *E. grandis*, Cruz et al. (2006) testaram doses de nitrogênio em mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke).

Estes autores observaram que o sistema radicular das plantas é afetado pela omissão de nutrientes, sendo um destes o nitrogênio, tendo havido menor produção de matéria seca de raiz no tratamento com omissão de nitrogênio, o que corrobora com o presente trabalho.

A disponibilidade de nitrogênio para as mudas resultaram em maior crescimento e acúmulo de massa de matéria seca. Teores elevados de N e P atuam no arranque inicial do crescimento aéreo e são altamente requeridos nos estádios iniciais de desenvolvimento das mudas (NEVES et al., 1990).

Já com o parâmetro comprimento de raiz, os maiores valores foram quantificados em mudas que não foram fertilizadas com nitrogênio (Figura 2.10). Segundo Freitas et al. (2008) as raízes são responsáveis pela absorção de água e nutrientes do solo, além de promoverem o ancoramento e a sustentação da árvore. Além disso, o comprimento e número de raízes indicam a capacidade de absorção de nutrientes. A necessidade pela procura de nutrientes possivelmente estimulou o crescimento de raízes em comprimento.

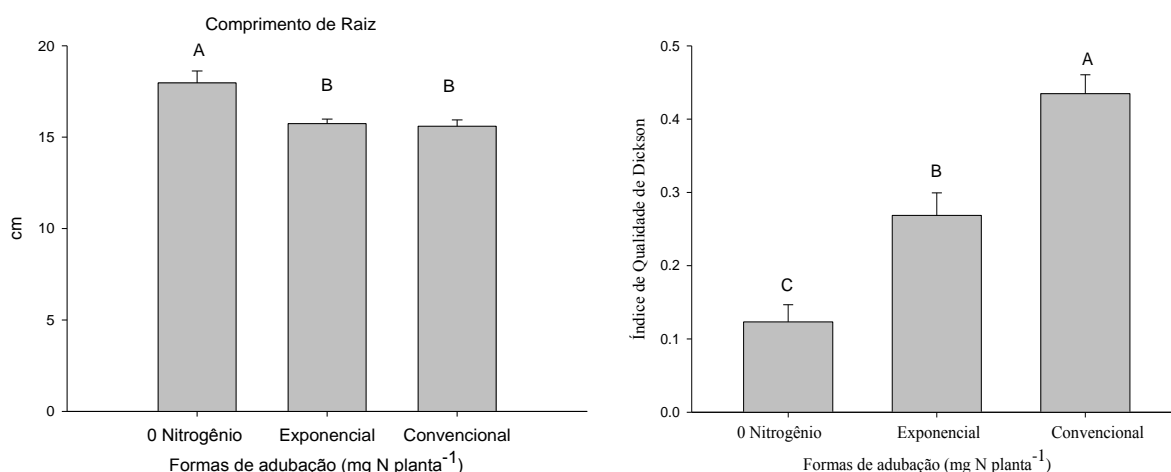


Figura 2. 10 Comprimento de raiz e índice de qualidade de Dickson em plantas de *E. grandis* submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores valores no comprimento de raízes, mensurados em mudas não fertilizadas pode ser explicado devido ao estímulo de crescimento, para que as raízes pudessem alcançar maiores profundidades, afim de aumentar a superfície de contato e conseqüente absorção de nutrientes. Nota-se ainda, uma relação inversa entre comprimento e MSR (Figura 2.9) das mudas nos diferentes regimes de fertilização, o que indica que a planta investiu em comprimento radicular, mas não na produção de novas raízes. Quanto maior o sistema radicial e mais finas as raízes, maior é a superfície de contato das raízes com os nutrientes.

Corroborando com estes resultados Silva; delatorre (2009) estudando a arquitetura do sistema radicular de *Arabidopsis thaliana* ecótipo Columbia em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio, sugerem que há aumento da densidade de raízes laterais nas plantas que são crescidas sob deficiência de P, e na deficiência de N há grande variação no comprimento das raízes laterais, sugerindo modificação na estratégia de ocupação e exploração do solo.

Estes autores ainda destacam que o aumento do alongamento e do número de raízes laterais e da densidade de pelos radiculares sob deficiência de N pode incrementar significativamente o peso seco de raízes (SILVA; DELATORRE, 2009).

O índice de qualidade de Dickson foi maior para mudas fertilizadas convencionalmente, seguidas de mudas fertilizadas exponencialmente e com menores valores observados em mudas que não receberam nitrogênio (Figura 6.10).

Os maiores valores para o índice de qualidade de Dickson indicam mudas mais balanceadas em relação aos parâmetros utilizados para calcular este índice de qualidade. Sendo assim mudas fertilizadas convencionalmente apresentariam maiores padrões de qualidade.

A relação H/D que também é um indicador de qualidade de mudas, evidenciou que os resultados não indicam diferenças entre a adubação exponencial e convencional (Figura 2.11). Resultados semelhantes foram obtidos por Dumroese (1995), que estudou com mudas de *Pinus resinosa* Soland, no qual mudas fertilizadas convencionalmente e exponencialmente não apresentaram diferenças em relação ao crescimento. No entanto, este mesmo autor destacou que muitos trabalhos tem sido realizados utilizando a adubação exponencial, afim de, reduzir a quantidade de nutrientes aplicadas, e conseqüentemente reduzir a contaminação do solo e da água (DUMROESE, 2005).

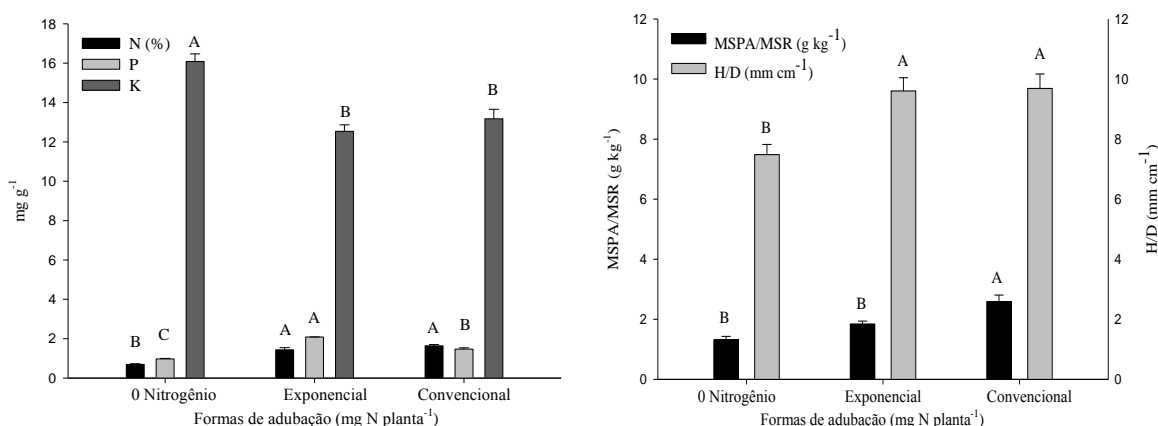


Figura 2. 11- Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (MSA/MSR) e relação altura e diâmetro (H/D) de plantas de *E. grandis* submetida a diferentes regimes de fertilização nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra na mesma cor de coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fertilizar plantas exponencialmente de maneira que coincida com os requisitos de crescimento deve melhorar a eficiência de uso de fertilizantes em viveiros, sendo uma alternativa para aplicação de menor quantidade de nutriente e menos perda inicial destes pelas mudas. No entanto, o que pode restringir a aplicação de nutrientes de maneira exponencial seriam a análise nutricional inicial

das sementes, aos cálculos de fertilização em função de cada espécie, e à maior tempo e trabalho necessários para aplicação dos fertilizantes exponencialmente.

Em estudos na Universidade de Idaho, Dumroese (2003) utilizou regimes de adubação exponencial com 50 % menos adubo de forma exponencial, obtendo os mesmos valores de crescimento de plantas fertilizadas convencionalmente com o dobro de adubo, o que resulta em uma maior absorção de nutrientes para plantas e redução escoamento e lixiviação de nutrientes em viveiros.

Semelhante aos valores obtidos no presente trabalho para a relação H/D, Reis et al. (2008) encontraram valores entre 7,7 e 10,44 para a relação em mudas de *E. grandis*.

O acúmulo de nutrientes em folhas de *E. grandis* revelou que os maiores valores de absorção de nitrogênio foram obtidos nos regimes exponencial e convencional, diferenciando-se do regime 0 nitrogênio, o que reforça as afirmações destacadas no texto, nas quais a adubação convencional e exponencial apresentam eficiência no uso do nitrogênio aplicado. Com P, o maior conteúdo do nutriente foi obtido em mudas fertilizadas exponencialmente (Figura 2.11).

Já com o acúmulo de K nas folhas de *E. grandis* os resultados foram inversamente proporcionais aos obtidos com o acúmulo de N. Segundo Ruan et al. (1999), o potássio está envolvido no início dos processos metabólicos do nitrogênio, como incorporação do nitrogênio mineral e especialmente na redutase do nitrato, que é a enzima chave do metabolismo do nitrogênio, podendo o maior acúmulo deste composto estar associada a menor disponibilidade de nitrogênio. Diferente dos resultados obtidos neste estudo, Viana; Kiehl (2010) verificaram que o acúmulo de potássio na parte aérea de plantas de trigo variou somente com a adição de potássio, não havendo interação com o fornecimento do nitrogênio.

Corroborando com os resultados obtidos no presente estudo, Prado et al. (2008) verificaram interação inversa entre o N x K, com o efeito do N predominante sobre o K, ou seja, o aumento na dose de N resultou em decréscimo no acúmulo de K.

4.6 CONCLUSÕES

As fertilizações exponencial e convencional sustentam a hipótese de indução de crescimento em mudas de *L. divaricata* e *E. grandis* em relação a fertilização sem aplicação de nitrogênio na fase de crescimento.

A fertilização exponencial não induziu maior crescimento e acúmulo de nutrientes de mudas de *L. divaricata* e *E. grandis* quando comparada a fertilização convencional com a mesma dose de nitrogênio (100 mg planta⁻¹).

Recomendam-se estudos que comparem diferentes doses de fertilização exponencial, com trabalhos a campo para quantificar a maior qualidade de mudas.

4.7 REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário estatístico da ABRAF 2014 ano base 2013. Brasília: ABRAF, 2014. 140 p.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 4, p. 519-527, 2002.

BASSO, S.M.S. **Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de *Adesmia DC* e *Lotus L.*** 1999. 268p. Tese (Doutorado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BIRCHLER, T.; ROSE, R.W.; ROYO, A.; PARDOS, M. La planta ideal: revision del concepto, parámetros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, v.7, n.1/2, p.109-121, 1998.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, 40, n.94, p.213-221, 2012.

CARRASCO I.; PEÑUELAS, J.L.; BENITO, L.F.; VILLAR-SALVADOR, P.; DOMINGUEZ, S.; HERRERO, N.; NICOLÁS, J.L. Fertilización convencional y exponencial con diferentes dosis em plantas de *Pinus halepensis* Y *Pinus nigra* cultivadas en contendor **Actas del III Congreso Forestal Español**. Granada. Mesa 3: 757-762, 2001.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, 2006.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N. DE ; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*(Harms) Ducke). **Revista Árvore**, vol.30, n.4, Viçosa, July/Aug, 2006.

CRUZ, C. D. . **Programa Genes** - Análise multivariada e simulação. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 175 p.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

DUMROESE, R.K. Growth of *Juniperus* and *Potentilla* using liquid exponential and controlled-release fertilizers. **Hortscience**, vol. 38, p. 1378–1380, 2003.

DUMROESE, R. K.; PAGE-DUMROESE, D. S. K.; SALIFU, F.; JACOBS, D. F. Exponential fertilization of *Pinus monticola* seedlings: nutrient uptake efficiency, leaching fractions, and early outplanting performance. **Canadian Journal of Forest Research**, V. 35, 2005.

DUMROESE, R.K., D.L. WENNY, AND D.S. PAGE-DUMROESE. Nursery waste water: The problem and possible remedies, p. 89–97. In: LANDIS, T.D.; CREGG, B. (tech. coords.). **National Proceedings Forest Conservation Nursery Association**, 1995. USDA Forest Service General Technical Report . PNW-365, Portland, Ore. 1995.

FAUSTINO, R.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 278-282, 2005.

FREITAS, T.A.S.; BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G. DE A. Dinâmica de raízes de espécies arbóreas: visão da literatura. **Ciência Florestal**, v.18, n.1, p.133-142, 2008.

FOGAÇA, M. A. F.; ANDRIOLO, J. L.; GODOI, R. S.; GIEH, R. F. H.; MADALUZ, J.C. C.; BARRO, G. T. Concentração de nitrogênio na solução nutritiva, na produtividade e na qualidade de frutos de melão cultivado em substrato. **Ciência Rural**, v.37, n.1, jan-fev, 2007.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros Florestais**: propagação sexuada. Viçosa: UFV; 2011. 116 p.

GREY, D. Eliminate irrigation runoff: Oregon's new plan. **The Digger**, v. 26, p. 21–23. 1991.

HAASE, D. L. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters' Notes**, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

REIS, E. R.; LÚCIO, A. D. C.; FORTES, F. O.; LOPES, S. J.; SILVEIRA, B. D. Período de permanência de mudas de *Eucalyptus grandis* em viveiro baseado em parâmetros morfológicos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 809 - 814, 2008.

NEGRELLE, R. R. B.; LEUCHTENBERGER, R. Composição e estrutura do componente arbóreo de um remanescente de floresta ombrófila mista. **Revista Floresta**, v. 31, n. 12, 9 p. 2001.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 100-124.

RUAN, J.; WU, X.; HARDTER, R. Effects of potassium and magnesium nutrition on the quality components of diffents types of tea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.79, p.47-52, 1999.

SCHMAL, J. L.; O'REILLY, C. Use of exponential nitrogen loading in the nursery to promote nutrient uptake and quality of pedunculate oak seedlings. **COFORD**, Dept. Agriculture, Food and the Marine, Dublin, n. 19, 2012.

SILVA, A. A. DA; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.8, n.2, p. 152-163, 2009.

SILVEIRA, P. M. da; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.

SMETHURST, P.; BAILLIE, C.; MARIA CHERRY, M.; HOLZ, G. Fertilizer effects on LAI and growth of four *Eucalyptus nitens* plantations. **Forest Ecology Management**, 176:531-542, 2003.

PRADO, R.M.; ROZANE, D.E.; CAMAROTTI, G.S.; CORREIA, M.A.R.; NATALE, W.; BARBOSA, J.C.; BEUTLER, A.N. Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e na produção de mudas de laranjeira valência, enxertada sobre citrumeleiro 'Swingle'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.812-817, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C; BISSANI, C. A; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TRAZZI, P.A.; CALDEIRA, M. V. W.; DOS REIS, E. F.; SILVA, A. G. DA. Produção de mudas de *Tectona grandis* em substratos formulados com biossólido. **CERNE**, vol.20, n.2, Lavras, 2014.

VIANA, E.M.; KIEHL, J.C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p975-982, 2010.

VILA P., LAS HERAS J. DE, HONRUBIA M. Effects of exponential and conventional fertilization on growth nutrient uptake by five Mediterranean pines in greenhouse. In : Leone V. (ed.), Lovreglio R. (ed.). **Proceedings of the international workshop MEDPINE 3: conservation, regeneration and restoration of Mediterranean pines and their ecosystems**. Bari: CIHEAM, p. 199-205, 2007.

VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; OLIET, J.; PEÑUELAS-RUBIRA, J.L.; JACOBS, D.F.; GONZÁLEZ, M. Drought tolerance and transplanting performance of holm oak (*Quercus ilex*) seedlings after drought hardening in the nursery. **Tree Physiology**, v.24, 1147–1155, 2004.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Embrapa Florestas, Colombo, p. 13 - 47. 2010.

5 CAPITULO III: FERTILIZAÇÃO NITROGENADA E AÇÃO DO ETILENO EM

Eucalyptos grandis Hill Ex Maiden E *Luahea divaricata* Mart.

5.1 RESUMO

A fertilização e a aclimação ao final do ciclo de produção das mudas apresentam grande importância para promoção das alterações morfológicas e fisiológicas, que potencializam o crescimento e minimizam os danos por estresse após o plantio a campo. Este trabalho objetivou avaliar a fertilização nitrogenada durante a produção e quantificar alterações na morfogênese após a aplicação de etileno em mudas de *Luehea divaricata* Mart. e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden durante a rustificação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *campus* de Marechal Cândido Rondon-PR, latitude 24° 33' S, longitude 54° 04' O. O trabalho foi desenvolvido em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial, com testemunha adicional (3 x 4+1), sendo utilizadas três formas de adubação (100 mg L⁻¹ de N convencional x 100 mg L⁻¹ de N exponencial x zero N) aplicadas durante três meses (nove aplicações) e quatro tratamentos com diferentes aplicações aditivas de etileno a cada 7 dias nas doses de 300 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹, para *L. divaricata* e *E. grandis*, respectivamente, mais uma testemunha sem aplicação do regulador, com 6 repetições de cinco mudas por parcela. As variáveis mensuradas foram incrementos em altura (IH) e diâmetro de colo (DC), área foliar (AF), massa de matéria seca da parte aérea (MSA), massa de matéria seca da parte radicular (MSR), Índice de qualidade de Dickson (IQD) e a atividade da enzima peroxidase e concentração de lignina. A fertilização exponencial e convencional sustentam a hipótese de indução de crescimento em mudas de *L. divaricata* e *E. grandis* em relação a fertilização sem aplicação de nitrogênio na fase de crescimento, persistindo seus efeitos na fase de rustificação com pulverização de etileno. As pulverizações semanais de etileno induzem alterações no crescimento na fase de rustificação em mudas de *L. divaricata* e *E. grandis* com duas aplicações do gás, principalmente reduzindo o crescimento aéreo, reduzindo a área foliar e aumentando as dimensões caulinares.

Palavras-chave: Rustificação; Produção de mudas; Fertilização exponencial; *Luehea divaricata* Mart., *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.

Nitrogen fertilization and ethylene action in *Eucalyptos grandis* Hill ex maiden and *Luahea divaricata* Mart.

5.2 ABSTRACT

Fertilization and acclimation to the seedlings end of the production cycle, are extremely important to promote morphological and physiological changes that enhance the growth and minimize stress damage after field planting. This study

aimed to evaluate nitrogen fertilization during the production of *Luehea divaricata* Mart. and *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden seedlings and quantify changes in morphogenesis after the application of ethylene in plants during hardening. The experiment was conducted in a greenhouse at the State University of Paraná West - UNIOESTE, campus Marechal Cândido Rondon-PR, latitude 24 ° 33 'S, longitude 54 ° 04' W. The work was carried out in a randomized block design in factorial, with additional witness (3 x 4+1), being used three forms of fertilization (100 mg L⁻¹ conventional N x 100 mg L⁻¹ exponential N x N zero) applied for three months (nine applications) and five treatments with different application rates ethylene, with 6 replicates of five plants per plot. The measured variables were height (IH), stem diameter (DC), leaf area (LA), dry weight of shoots (MSA), dry weight of roots (MSR), Dickson quality index (IQD) and the activity of peroxidase and lignin content. The results were submitted to analysis of variance and Tukey test at 5% probability using the Genes program. The exponential and conventional fertilization sustain growth induction hypothesis *L. divaricata* seedlings and *E. grandis* for fertilization without nitrogen application in the growth phase, these same effects can be observed in the hardening phase with ethylene spray. The weekly sprays of ethylene induce changes in growth in the hardening phase in *L. divaricata* seedlings and *E. grandis* with two gas applications, mainly by reducing the aerial growth, reducing the leaf area and increasing stem size.

Keywords: hardening; seedling production; exponential fertilization; *Luehea divaricata* Mart., *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.

5.3 INTRODUÇÃO

Luehea divaricata Mart. (Tiliaceae) é uma espécie lenhosa nativa do Brasil de grande porte (15 a 25 m), popularmente conhecida como açoita-cavalo, e apresenta-se como uma espécie de pioneira, de rápido crescimento e de fundamental importância em reflorestamentos mistos de áreas degradadas e de preservação permanente (LORENZI, 2008). O açoita-cavalo é uma das principais espécies de ocorrência na região sul do Brasil, sendo que a terceira espécie mais frequente e de maior densidade em uma área de Floresta Ombrófila Mista no Parque Estadual vilha Velha, em Ponta Grossa Paraná (NEGRELLE; LEUCHTENBERGER, 2001).

O *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden é a espécie florestal mais plantada no Brasil (SOUZA et al., 2006), devido ao potencial produtivo e às características da madeira, sendo utilizada na produção de celulose, de painéis de fibra e de aglomerados combustíveis industriais e domésticos, e na indústria moveleira (SOARES et al., 2003).

Devido a necessidade do aumento na produção e da maior sobrevivência das mudas de espécies florestais a campo, tem-se procurado adequar técnicas que possibilitem um crescimento adequado para as diferentes espécies, com menor custo para o viveirista, aliado a práticas silviculturais sustentáveis, e uma condição que afeta a qualidade das mudas é a disponibilidade de nutrientes. Uma nutrição nitrogenada adequada melhora os teores foliares deste e de outros elementos, aumentando, conseqüentemente, o crescimento e a produção (BOVI et al., 2002).

No entanto, não apenas disponibilizar o nutriente é importante, mas também conseguir maior eficiência do uso de fertilizantes e uma maior reserva de nutrientes pelas plantas com menor perda destes nutrientes no solo. Segundo Carrasco (2001) o crescimento e acúmulo de nutrientes das plantas fertilizadas de forma clássica aumentam de forma progressiva, porém a concentração interna de nutrientes geralmente diminui em função do maior crescimento da muda, sugerindo um estresse devido a quantidade de nutrientes no início do crescimento e uma possível carência no final.

Muitas relações positivas entre a sobrevivência das plantas em viveiro e a fertilização foram reportados sugerindo que o estado nutricional da planta, principalmente de nitrogênio, é uma questão importante para explicar o desempenho pós-plantio (VILLAR-SALVADOR et al., 2004 ; OLIET et al., 2009).

Adicionalmente, aumento na quantidade de nitrogênio e fósforo na adubação de mudas *Quercus ilex* L. em viveiro pode melhorar a sobrevivência e crescimento após plantio no campo (VILLAR-SALVADOR et al., 2004). Em contrapartida, outros estudos evidenciam relação negativa entre o crescimento e a fertilização exponencial, alguns estudos indicam que o aumento taxas ou utilização de regimes exponenciais de fertilização melhoram consideravelmente o nível de nutrientes de mudas de *Q. ilex* (VILLAR-SALVADOR et al., 2004; OLIET et al., 2009), principalmente devido ao crescimento descontínuo da espécie, não coincidindo com a adubação exponencial em viveiro, não correspondendo a nenhum regime adubação contínua.

A utilização de técnicas diferenciadas na fase de crescimento em viveiro determinam a qualidade morfológica e fisiológica das mudas e, desta forma influenciarão também na aclimatação em viveiro e o desempenho pós-plantio das mudas.

Devido ao fato de as espécies possuírem exigências nutricionais distintas entre si, nota-se grande repercussão sobre as diretrizes a serem adotadas no planejamento da fertilização a ser realizada assim como a adoção de protocolos adequados na produção de mudas para as diferentes espécies. Tendo em vista esse fato, a fertilização tem sido de fundamental importância na produção de mudas de boa qualidade silvicultural, influenciando, assim, na capacidade de adaptação e crescimento (CRUZ et al., 2006).

Após a fase de crescimento das mudas, a fase de rustificação, também pode determinar o sucesso ou não das mudas no campo. Nesta fase, geralmente as mudas são expostas a alguma forma de estresse para serem preparadas para o plantio, sendo estas, expostas ao estresse hídrico, por meio de mudanças na irrigação, e cessão da fertilização ao final da fase de crescimento, buscando reduzir o crescimento, e aumentar o crescimento caulinar e radicular (CARNEIRO, 1995; JACOBS; LANDIS, 2009).

A exposição das plantas a determinadas formas de estresse podem induzir um aumento da auxina até estimular a produção de etileno (ERNER; JAFFE, 1982). Uma ação fisiológica do etileno é a indução da atividade da peroxidase em plantas, que ocorre em resposta a vários estímulos bióticos e abióticos, incluindo a exposição agente de oxidação química, como o etileno, a patógenos, a luz vermelha, e a estímulos mecânicos (CASAL et al., 1994). Donald e Cipollini (1998) destacam que a peroxidase desempenha funções no catabolismo da auxina, e na oxidação de compostos fenólicos de modo a formar a lignina, além da arquitetura das glicoproteínas ricas em hidroxiprolina na parede celular das plantas, bem como a produção e composição de peróxido de hidrogênio e outras espécies reativas de oxigênio.

Pesquisas realizadas por Dranski et al. (2013); Oro et al. (2012) tem estudado indução da aclimação e resistência das plantas ao plantio a campo em resposta à utilização da aplicação exógena de etileno, na forma de ethrel e, ou do precursor da biossíntese de etileno, podendo ser uma forma alternativa de obter a rusticidade, através do estímulo químico, teoricamente passível das mesmas finalidades fisiológicas do estímulo mecânico, surgindo como alternativas para melhoria da qualidade de plantas para que estas sejam capazes de sobreviver após o plantio a campo.

O etileno promove diversos efeitos fisiológicos, dentre eles o crescimento de raízes e pelos radiculares, bem como inibe a ação e translocação das auxinas na parte aérea do vegetal, o que altera o padrão de crescimento através da redução no crescimento celular horizontal e aumento no alongamento celular no sentido longitudinal (TAIZ; ZIEGER, 2013).

Adicionalmente, Mazzuchelli et al (2014) pesquisou o efeito do ácido salicílico (AS) na rustificação de dois híbridos de eucaliptos e descreve a habilidade de o AS induzir efeitos de proteção (adaptação e resistência) quando aplicado na concentração de 200 mg L⁻¹ afeta o crescimento de eucalipto sob estresse hídrico, regulando o metabolismo das plantas.

Foram observados efeitos do etileno em praticamente todos os aspectos do desenvolvimento e crescimento das plantas, desde a germinação das sementes à senescência de vários órgãos e em muitas respostas ao estresse ambiental (ABELES et al., 1992).

No entanto, são poucas as informações relacionando a utilização de reguladores do crescimento vegetal relacionados à rustificação em mudas de espécies florestais. Sendo assim, este estudo objetivou quantificar alterações na morfogênese em mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) e eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden) submetidas a diferentes formas de adubação nitrogenada na fase de crescimento em função da aplicação de etileno durante o final do ciclo de produção.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

5.4.1 Implantação do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Marechal Cândido Rondon, durante os anos de 2012 e 2013. O município está localizado na região Oeste do Paraná, latitude de 24° 33' S e longitude de 54° 04' O a uma altitude de 420 m.

O clima é caracterizado como subtropical úmido recebendo a classificação de Cfa, segundo Köppen, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência a concentração de chuvas nos meses de verão. A estação seca não é definida, a precipitação média anual é de 1.500 mm e a umidade média anual de 80% e a temperatura média anual é de 21°C, com máxima média de 28°C e mínima média de 15°C. Na fase do experimento a temperatura média variou de 14 a 37 ° C e a umidade de 30 a 60 % (Figura 3.1) as quais foram aferidas por meio de um datalogger de temperatura e umidade autoprogramado.

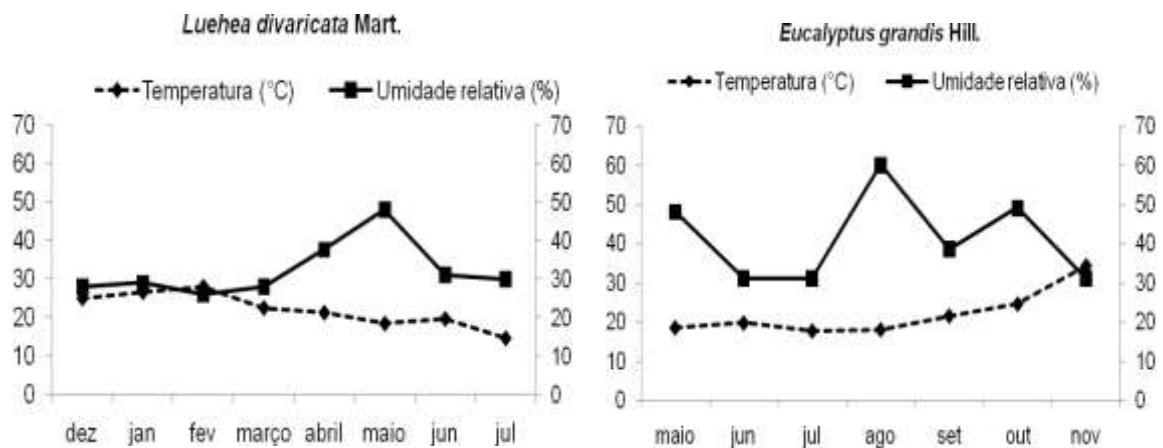


Figura 3. 1- Temperatura e umidade relativa do ar de julho de 2013 a dezembro de 2013 no Viveiro Experimental de Marechal Cândido Rondon – PR.

5.4.2 Produção das Mudas

Mudas de *E. grandis* e *L. divaricata* foram produzidas por sementes, propagadas via semeadura no viveiro pertencente a Universidade Estadual do

Oeste do Paraná, localizado no município de Marechal Cândido Rondon, PR. A semeadura das sementes de *L. divaricata* coletadas em matrizes localizadas na Região Oeste do Paraná por coletores do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE, ocorreu em dezembro de 2012 enquanto que as de sementes de *E. grandis* foram adquiridas comercialmente em abril de 2013. As mudas foram produzidas em tubetes cônicos de 120 cm³ preenchidos com substrato comercial (Mecplant[®]) acomodados em bandejas plásticas planas com capacidade para 96 tubetes.

Durante a condução foram realizados raleios, eliminando-se as mudas excedentes de cada tubete deixando apenas a de maior vigor. Os tubetes foram acondicionados em bandejas plásticas suspensas em estrutura metálica a aproximadamente 1 metro do solo.

O tempo de formação das mudas foi de 7 meses para *L. divaricata* e de 4 meses para *E. grandis*.

5.4.3 Aplicação dos tratamentos

Quando as mudas apresentaram cerca de 10 cm ± 2 cm de altura iniciaram-se os tratamentos de fertilizações, nos quais 190 mudas foram submetidas a adubação exponencial tomando como referência o teor de N na semente atingindo a concentração final (100 mg L⁻¹ de Nitrogênio por planta) (CARRASCO et al., 2001) aumentando gradualmente (Figura 3.2).

Outras 190 mudas forma submetidas a adubação constante (100 mg L⁻¹ de nitrogênio por planta) a cada 10 dias durante 3 meses, e 190 mudas não receberam adubação com nitrogênio até o início do período de rustificação.

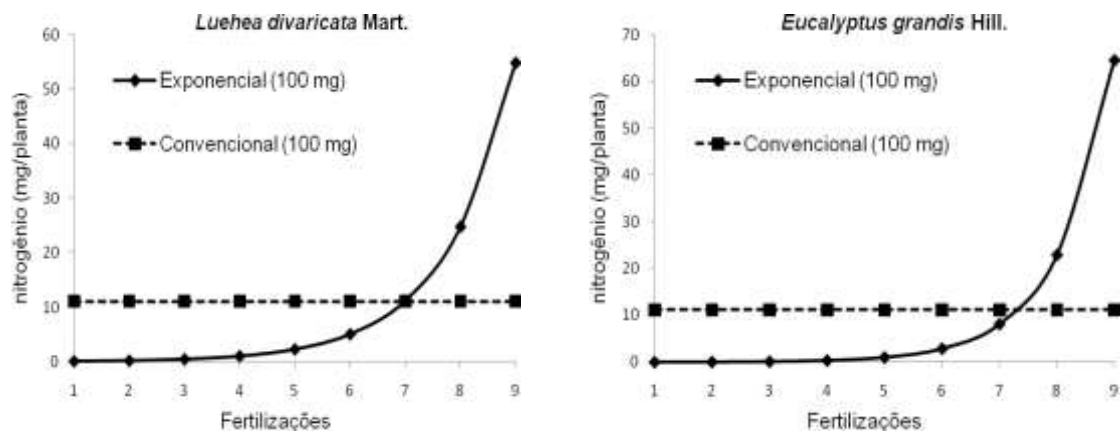


Figura 3. 2 - Comparação entre a fertilização exponencial e convencional com 100 mg L⁻¹ de N em mudas de *L. divaricata* e *E. grandis* em função do conteúdo de nitrogênio da sementes de cada espécie.

A fertilização foi realizada manualmente utilizando como fonte de N a ureia (45% de N), aplicada utilizando um dispensador. Os demais nutrientes foram fornecidos igualmente para todos os tratamentos nas concentrações (em mmol L⁻¹) de 0,9 de H₂ PO₄⁻; 2,25 de SO₄⁻; 10,0 de Ca⁺⁺; 6,0 de K⁺ e 5,0 de Mg⁺⁺, e (em mg L⁻¹) 0,42 de Mn; 0,26 de Zn; 0,05 de Cu; 0,50 de B; 0,04 de Mo, e 4,82 de quelato de Fe (FOGAÇA et al., 2007).

Para o cálculo da adubação exponencial as sementes de cada espécie foram avaliadas em relação ao conteúdo de nitrogênio utilizando a equação 1 (CARRASCO et al., 2001):

$$\text{Equação 1: } N_t = N_s (e^{rt} - 1)$$

em que: r é a taxa de adição (mg/semana) necessária para aumentar a relação N_s (Teor em N inicial para semente em mg) para um teor de N final ($N_t + N_s$), e N_t foi a quantidade desejada de fertilizante (100 mg de N planta⁻¹) a ser adicionada em função do número de aplicações de fertilizantes ($t = 9$).

Média de N_s foi determinado como sendo 0,79 mg N por semente para o açoita-cavalo e 0,09 mg N por semente para o Eucalipto. A quantidade de adubo para aplicar em uma semana específica (N_t) foi calculada usando a equação 2:

$$\text{Equação 2: } N_t = N_s (e^{rt} - 1) - N_{t-1}$$

onde N_{t-1} é a quantidade acumulada de N adicionada incluindo a aplicação anterior.

Quando as mudas apresentaram sinais de competição foi realizada a

redução pela metade da ocupação nas bandejas plásticas com a outra metade transferida para bandejas plásticas adicionais. As mudas foram irrigadas diariamente, próximas à capacidade de saturação do substrato, até três vezes ao dia quando a umidade relativa estava abaixo de 30% e temperatura acima de 30° C.

Ao final da adubação e início da rustificação 10 mudas por espécie foram submetidas à quantificação das massas de matéria seca das raízes (MSR), caule (MSC) e folhas (MSF).

Das 180 mudas restantes, 150 foram alocadas aleatoriamente aos cinco tratamentos com 6 repetições de cinco mudas, para os três efeitos de fertilização.

Cada tratamento consistiu da pulverização foliar de ácido 2-cloroetilfosfônico (Ethrel ©, Rhône-Poulenc Agro Brasil, Portão, RS, BR com 240 g L⁻¹ de ethephon) na formulação de 300 mg L⁻¹ de água para mudas de *L. divaricata* e 1.000 mg L⁻¹ para *E. grandis*, o qual foi estabelecido previamente utilizando-se doses de aplicação até 0, 150, 300 e 600 mg L⁻¹ (dados não apresentados) aplicados por 4 semanas.

As doses de 300 e 1000 mg L⁻¹ foram aplicadas aditivamente conforme os seguintes tratamentos: T1 - sem aplicação de Ethrel (0), T2 – aplicação na primeira semana (1), T3 – aplicação na primeira e na segunda semanas (2), T4 - aplicação na primeira, segunda e terceira semanas (3), e T5 – aplicação na primeira, segunda, terceira e quarta semanas (4), para cada condição de adubação realizada.

Na fase de rustificação foi adotado o regime hídrico de rega diariamente por 30 dias.

5.4.4 Variáveis analisadas

Das 150 mudas fertirrigadas diferentemente foram mensuradas 6 repetições de 5 mudas por parcela de fertirrigação ao final da fase de desenvolvimento (90 dias), avaliando-se o diâmetro do caule (mm) com paquímetro digital, altura de plantas (cm) com régua milimétrica, para os incrementos foram calculados a diferença entre a primeira e segunda avaliação, número de folhas e área foliar pela análise de imagens do Software ImageJ® (Powerful Image Analysis) de domínio público, e índice SPAD utilizando-se o clorofilômetro Spad-502, para cada planta foram avaliados quatro folhas localizadas na região mediana da muda.

Após 30 dias de rustificação foram avaliados a altura e o diâmetro do coleto para cálculo dos incrementos e da relação altura/diâmetro do coleto (H/D) expressa em cm mm^{-1} . As 6 mudas por tratamento foram submetidas a análises destrutivas para quantificação das massas secas da raiz, caule e folhas, e de seu somatório (MSR, MSA e MST, respectivamente) através da secagem em estufa a 65 °C, com circulação de ar, por um período de 48 horas.

A sobrevivência das mudas foi quantificada utilizando vasos de 18 L, na qual logo após a aplicação dos tratamentos de rustificação, os vasos foram preenchidos com solo argiloso (60% de argila) e submetidos a irrigação até atingir a capacidade de campo de cada solo. Foram transplantadas duas mudas em cinco vasos por tratamento, totalizando 10 mudas. Posteriormente, os vasos foram arranjados sobre bancadas a 1,2 m do solo em ambiente protegido, sendo as mudas submetidas à completa restrição hídrica, até o total aparecimento dos sintomas de murcha, onde perduraram por um período de 30 dias, sendo os dados quantificados até os 20 dias, devido a morte total das mudas aos 30 dias. Semanalmente, foram observadas 100% das mudas, considerando-se como planta morta, aquela com todas as folhas secas e caule tortuoso.

Paralelamente a avaliação da sobrevivência das mudas, foi quantificado o potencial de regeneração de raízes (P.R.R.) utilizando-se 10 vasos com duas mudas por vaso preenchidos com areia (NOVAES, 1998). O método consiste da avaliação do total de extremidades de raízes regeneradas, as quais foram identificadas a partir da quantificação das raízes crescidas a partir do torrão transplantado nos vasos, destacadas da planta e submetidas a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, bem como pesagem em balança semi analítica.

Para determinação da atividade da peroxidase, caules e raízes foram macerados utilizando um mortar e pilão com 100 mmol / L de solução de fosfato de sódio tamponada para pH 6,0 e mantida no gelo a uma proporção de 5 mL de tampão para cada grama de massa de folha fresca. As amostras homogeneizadas foram centrifugadas a 11.600 rpm por 15 min a 48 °C, e os sobrenadantes foram utilizados imediatamente como fonte de enzima. A atividade da peroxidase foi analisada seguindo a formação de tetraguaiacol em um espectrofotômetro Beckman. A mistura da reação continha 0,10 mL do extrato protéico e 2,9 mL de solução com 250 μL de guaiacol e 306 μL de peróxido de hidrogênio em 100 mL de

tampão fosfato 0,01M (pH 6,0). A atividade da peroxidase nos extratos foi quantificada através do aumento na leitura da absorvância a 470 nm min^{-1} g de massa fresca⁻¹ (LUSSO; PASCHOLATI, 1999).

Adicionalmente, o índice de qualidade de Dickson (IQD) foi calculado em função da MST, da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (DC), do peso de matéria seca aérea (MSA) e do peso de matéria seca das raízes (MSR) por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = MST \frac{MST(g)}{H(cm) / DC(mm) + MSPA(g) / MSR(g)}$$

A matéria seca obtida foi moída em moinho tipo Willye, e passada em peneira de malha 40 mesh para a determinação da concentração de nitrogênio (N) e fósforo (P) e potássio (K) nas folhas. Para avaliar as concentrações de N e P no tecido vegetal utilizou-se amostras de 0,2 g, em quatro repetições por tratamento, que foram submetidas à digestão sulfúrica e posterior destilação em aparelho semi-micro Kjeldhal, e espectrofotometria uv-vis, para determinação das concentrações de N e P, respectivamente, e K por fotometria de chama como descrito por Tedesco et al. (1995).

A concentração de lignina foi obtida a partir do método proposto por Peltier et al., (2009) que consiste em separar para cada repetição 0,5 g de amostra. No presente estudo foi utilizada amostras de matéria seca de caules de *E. grandis* e *L. divaricata* obtidas após o processo de rustificação.

Para cada amostra realizou-se extrações com (10 mL de solvente) na seguinte ordem: 3 extrações com etanol (80 %) – usado para remover açúcares e ácidos orgânicos, 1 extração com acetona P.A.– para remover flavonóides e pigmentos, 1 extração em clorofórmio P.A.: metanol P.A. (2:1) e 2 extrações com acetona P.A. Após cada extração o sobrenadante foi retirado e descartado, sendo que cada amostra foi agitada em vortex e levada a banhos de ultrassons por 15 minutos em meio a cada extração. A centrifugação ocorreu a 5.000 RPM durante 10 min/extração.

Após as extrações, as amostras foram secas em exaustor por 24 horas e então levadas para estufa a 55 °C até atingir peso constante.

Com o material completamente seco transferiu-se 0.025 g de amostra para tubos de vidro de 10 ml (125 x 16 mm) com tampas de rosca. A estes tubos foram adicionados: 2,5 mL de brometo de acetila e ácido acético glacial (25 % de brometo de acetila e 75 % de ácido acético glacial).

Esta mistura foi levada ao banho-maria por 2 horas, agitando as amostras a cada 30 minutos. Após as 2 horas as amostras foram resfriadas em água a temperatura ambiente.

Retirou-se 1 mL da amostra obtida com o banho-maria a 40 °C e transferiu-se para tubos de eppendorf e depois de centrifugados a 14.000 RPM por 1 min. Após a centrifugação 0,5 mL do sobrenadante foi retirado e colocado em tubos de vidro de 20 mL onde se adicionou: 7,15 mL de ácido acético glacial, 2 mL de NaOH a 2 mol L⁻¹ e 0,35 mL de hidroxilamina a 0,5 mol L⁻¹. As amostras foram congeladas até a leitura espectrofotométrica. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro da marca Shimadzu, modelo UVmini-1240 a 280 nm. Após leitura os dados foram convertidos a equação de curva padrão sugerida por Fukushima e Kerley (2011):

$$X = \frac{(y - 0,0009)}{23,1}$$

Onde: X é a concentração final de lignina (mg/mL), y é a densidade óptica obtida na leitura da amostra, 0.0009 é o valor médio da intercepção, e 23.1 é a média do coeficiente de espectrograma obtida nas curvas padrão para espécies arbóreas no referido estudo.

5.4.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade (qui-quadrado e Barlett). Se constatada homogeneidade, os dados foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial com testemunha adicional (3x4+1), sendo três tratamentos de adubações e quatro aplicações de etileno uma testemunha sem aplicação, em seis blocos de cinco mudas por tratamento. E submetidos ao teste de médias Duncan a 5% de probabilidade para comparação dos tratamentos, com o auxílio do aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2006).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5.1 *Eucalyptus grandis* Hill

Os diferentes regimes de fertilização e as aplicações de etileno durante a fase de rustificação de mudas de *E. grandis* alteraram significativamente (Tabela 3.1) as variáveis morfológicas e fisiológicas avaliadas, não resultando em alterações apenas nas variáveis atividade da enzima peroxidase no caule e na sobrevivência 20 dias após o plantio em vasos (DAP).

Houve interação entre os fatores testados nas variáveis IH e IDC em mudas de *E. grandis*. O aumento nas aplicações de etileno diminuiu o incremento em altura nas mudas (Tabela 3.2), chegando a valores negativos para as aplicações de etileno (1000 mg L^{-1}) realizadas na 2^a, 3^a e 4^a semanas. A análise de variância externou diferenças dos tratamentos da aplicação de etileno em função da testemunha para os parâmetros incremento em altura e diâmetro o coleto (Tabela 3.1) inferindo em diferenças em relação a testemunha, e da primeira aplicação do regulador em função das demais aplicações que resultaram em valores negativos. No entanto, este comportamento não se diferenciou para os diferentes regimes de fertilização.

Tabela 3. 1- Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de *E. grandis* ao final da fase de crescimento viveiro em resposta a diferentes regimes de fertilização por 90 dias e rustificação por etileno

Parâmetros	Probabilidade (%)			
	Etileno (E)	E x testemunha	Nitrogênio (N)	E x N
IH	<0,001	<0,001	100,0 ^{ns}	0,0018
IDC	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
MSR	0,04	1,00 ^{ns}	<0,001	0,12 ^{ns}
MAS	<0,001	0,001	<0,001	<0,001
MST	<0,001	0,01	<0,001	0,002
NF	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
SPAD	0,01	1,00 ^{ns}	<0,001	0,08 ^{ns}
AF	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	<0,001	0,01
H/D	<0,001	<0,001	<0,001	0,02
IQD	0,02	1,00 ^{ns}	<0,001	0,09 ^{ns}
PRR	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Lignina caule	<0,001	1,00 ^{ns}	<0,001	0,002
Lignina raiz	<0,001	0,03	<0,001	<0,001
Peroxidase caule	0,11 ^{ns}	0,009	0,06 ^{ns}	100,0 ^{ns}
Peroxidase raiz	0,008	<0,001	0,034	100,0 ^{ns}
Nitrogênio	0,001	0,01	<0,001	<0,001
Fósforo	0,03	0,08 ^{ns}	<0,001	<0,001
Potássio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Sobrevivência 10 DAP	0,16 ^{ns}	3,07 ^{ns}	0,03	0,20 ^{ns}
Sobrevivência 20 DAP	0,14 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,12 ^{ns}

Em que: (^{ns}) não significativo; (IH); Incremento em altura; (IDC) Incrementos no diâmetro do coleto; (MSR) Massa seca de Raiz; (MSA) Massa seca de Parte Aérea; (MST) massa seca total; (Com. raiz) comprimento de raiz; (NF) número de folha; (AF) área foliar; (H/D) Relação altura e diâmetro; IQD índice de qualidade de Dickson; (PRR) Potencial de regeneração de raiz e (DAP) dias após o plantio.

Tabela 3. 2 – Incremento em altura, diâmetro do coleto e número de folhas em mudas de *E. grandis* ao final da fase de crescimento viveiro em resposta a diferentes regimes de fertilização por 90 dias e rustificação por etileno

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
----- Incremento em altura (cm) -----				
Testemunha	5,03 Aa	8,6 Aa	6,96 Aa	-
1	3,92 Aa	3,8 Ab	5,02 Ab	-
2	-0,59 Ab	-2,1 Ac	-1,65 Ac	-
3	-1,03 Ab	-2,9 Ac	-2,36 Ac	-
4	-1,81 Ab	-2,6 Ac	-2,08 Ac	-
Médias	-	-	-	
----- Diâmetro do coleto (mm) -----				
Testemunha	0,52 Aa	0,43 Ac	0,62 Ad	-
1	0,66 Aa	0,84 Aab	0,86 Ac	-
2	0,62 Ca	0,98 Ba	1,41 Aa	-
3	0,52 Ba	0,69 Bb	1,07 Ab	-
4	0,48 Ba	0,76 Ab	0,88 Abc	-
Média	-	-	-	
----- Número de folhas -----				
Testemunha	14,5 Bab	15,9 Ba	30,6 Aa	-
1	15,4 Ba	13,8 Ba	23,2 Ab	-
2	11,2 Bbc	9,4 Bb	19,63 Ab	-
3	8,06 Ac	5,06 Ac	6,64 Ac	-
4	3,7 Ad	2,3 Ac	2,2 Ad	-
Média	-	-	-	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Já para o incremento no diâmetro do coleto (IDC), as aplicações de etileno aumentaram o valor de DC até a segunda aplicação em mudas fertilizadas exponencialmente e convencionalmente, sem resposta em mudas que não receberam aplicação de nitrogênio (Figura 3.3B). Mudas que receberam fertilização convencional apresentaram os maiores valores para o IDC na 3^o e 4^o aplicação de

etileno. Em contrapartida, os menores valores foram calculados em mudas não fertilizadas.

O etileno em altas concentrações altera a orientação no sentido do crescimento vegetal, inibindo a síntese e transporte da auxina, o que diminuí o alongamento celular devido a mudanças do crescimento celular do sentido transversal para o longitudinal (BJÖRKLUND, 2007). O relato acima justifica os resultados obtidos neste estudo, no qual as mudas de *E. grandis* responderam com diminuição do incremento em altura e aumento do incremento em diâmetro do caule ao ponto de apresentarem sintomas de toxidez com perda total da dominância apical.

A aplicação de etileno exógeno indicou forte indício de fitoxidade nas mudas de *E. grandis*, que segundo He et al. (1996) a presença do etileno induz enzimas que atuam no metabolismo da parede celular, acarretando em degradação da parede celular culminando com os resultados de incrementos negativos nas mudas.

O número de folhas (Tabela 3.2) externou diferenças dos tratamentos de aplicação do regulador em relação a testemunha para todos os regimes de fertilização. Os maiores valores para o número de folhas foram quantificados em mudas fertilizadas de maneira convencional até a segunda aplicação do etileno, se igualando às outras formas de fertilização nas 3ª e 4ª aplicações de etileno. Para os três regimes de fertilização as mudas diminuíram o número de folhas com o aumento das aplicações de etileno. Na quarta semana de aplicação de etileno houve diminuição de 90 % no número de folhas em mudas fertilizadas convencionalmente, 85 % exponencialmente e 75% com 0 Nitrogênio.

Resultados semelhantes foram obtidos por Dranski et al. (2013) utilizando aplicações de etileno até a concentração de 600 mg L⁻¹ em mudas de *Pachystroma longifolium* (Ness) sobre o incremento em altura, incremento no diâmetro do caule e o número de folhas. No estudo acima mencionado, as pulverizações com etileno diminuíram o incremento em altura, aumentaram o DC e aplicações com concentrações acima de 450 mg L⁻¹ causaram epinastia nas folhas, o que também foi observado no presente estudo.

A abscisão foliar, de acordo com Osborne (1973) citado por Yamada; Castro (2007) envolve três estágios sequenciais: estímulo, sinal e resposta. Enquanto a folha exporta auxina não ocorre abscisão. No entanto, a produção e translocação reduzida de auxina pela zona de abscisão causam senescência das folhas.

Paralelamente, a este processo aumenta a produção de etileno e inicia o processo de abscisão. A abscisão foliar normal é altamente estimulada por concentrações de etileno no ar tão baixa como $0,1 \mu\text{L L}^{-1}$ ou por aplicações de ethephon (ácido 2-cloroetilfosfônico) que é convertido a etileno.

Houve interação entre os tratamentos de fertilização e aplicação de etileno para as variáveis morfométricas MST e MSA. No entanto, as respostas para as aplicações de etileno foram observadas apenas em mudas fertilizadas convencionalmente, e exponencialmente com decréscimo na MSA e MST com as aplicações de etileno (Tabela 3.3). As maiores massas foram quantificadas em mudas fertilizadas convencionalmente e que não receberam aplicação de etileno, seguidas das que receberam uma aplicação.

A diminuição da MSA e MST em mudas de *E. grandis* podem ser explicadas pela possível inibição da ação e translocação das auxinas na parte aérea no vegetal, o que promove um menor crescimento aéreo das plantas. A ausência de significância para as variáveis MSA e MST justifica-se pela forte abscisão foliar observada nas mudas e translocação orgânica das folhas para o caule e raízes das mudas. De acordo com Benincasa (1988), a alocação de biomassa nos diversos órgãos da planta permite inferir processos fisiológicos como a translocação orgânica, e sua análise facilita bastante a compreensão do comportamento vegetal em termos de produtividade.

Tabela 3. 3 - Massa seca aérea, total e da raiz em mudas de *E. grandis* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
----- Massa seca da parte aérea (g kg ⁻¹) -----				
Testemunha	0,76 Ca	2,03 Ba	3,8 Aa	-
1	1,07 Ca	1,78 Bab	3,7 Aa	-
2	1,11 Ba	1,65 Bab	2,43 Ab	-
3	0,87 Ba	1,73 Aab	1,81 Ab	-
4	0,52 Ca	1,37 Bb	2,33 Ab	-
Médias	-	-	-	-
----- Massa seca de raiz (g kg ⁻¹) -----				
Testemunha	0,58	1,00	1,49	1,02 a
1	0,66	1,02	1,65	1,11 a
2	0,75	1,19	1,32	1,08 a
3	0,66	0,83	0,96	0,82 a
4	0,60	0,90	1,50	1,00 a
Média	0,65B	0,99AB	1,38 A	
----- Massa seca total (g kg ⁻¹) -----				
Testemunha	1,35 Ca	3,03 Ba	5,30 Aa	-
1	1,73 Ca	2,81Ba	5,35 Aa	-
2	1,86 Ca	2,85 Ba	3,75 Ab	-
3	1,53 Ba	2,56 Ba	2,77 Ac	-
4	1,12 Ca	2,27 Aa	3,84 Ab	-
Média	-	-	-	-

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Para MSR não houve interação entre as aplicações de etileno e os regimes de fertilização, sem diferenças em função da testemunha e dos demais tratamentos de aplicações de etileno (Tabela 3.3). Os maiores valores de MSR foram obtidos em mudas fertilizadas convencionalmente, diferenciando-se das mudas não fertilizadas.

Adicionalmente, Taiz e Zieger (2013) reportaram que o etileno promove o crescimento de raízes e de pelos radiculares, resposta está que não foi observada

com a variável MSR neste ensaio. Além disso, níveis muito altos de etileno causam toxidez, podendo haver abscisão foliar, explicando também a redução da parte aérea de plantas. Uma das razões daquela redução pode estar ligada ao equilíbrio no crescimento entre a raiz e a parte aérea das plantas, não havendo necessidade de investirem especificamente no seu aprofundamento radicular (NASCIMENTO et al., 2011).

Da mesma forma, Coll et al. (2001) afirmaram que o etileno é um inibidor da divisão e expansão celular, bem como do transporte de auxina, apresentando efeito expressivo na redução do crescimento do caule em comprimento, entretanto promovendo o crescimento horizontal e a expansão radial.

O estresse aplicado foi suficiente para causar alterações significativas na relação H/D, externando interação entre as aplicações de etileno e os níveis de fertilização utilizados, bem como diferenças entre os tratamentos com aplicação e a testemunha. Os efeitos crescentes das aplicações de etileno em função dos regimes de fertilização devem estar ligados a maior MSA em mudas que receberam fertilização convencional, seguidas da exponencial e 0 N, culminando com a maior superfície de absorção do regulador vegetal. Os menores valores da relação H/D foram calculados em mudas que não receberam fertilização nitrogenada com duas e três aplicações de etileno (Tabela 3.4).

Já o IQD não externou interação entre os dois fatores, bem como não resultou em diferenças para mudas que receberam aplicações de etileno e a testemunha. Os maiores valores para o IQD resultaram de mudas fertilizadas convencionalmente, sem diferenças com as que receberam aplicações aditivas de etileno (Tabela 3.4).

Tabela 3. 4 - Massa Relação H/D, Índice de qualidade de Dickson em mudas de *E. grandis* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
	----- Relação H/D (cm mm ⁻¹) -----			
Testemunha	9,67 Ba	14,84 Aa	13,6 Aa	-
1	8,77 Bab	11,75 Ab	12,93 Aa	-
2	7,41 Cb	10,85 Ab	9,47 Bb	-
3	7,88 Bb	10,76 Ab	10,30 Ab	-
4	9,38 Ba	12,05 Ab	10,25 Ab	-
Médias	-	-	-	
	----- Índice de Qualidade de Dickson -----			
Testemunha	0,12	0,17	0,32	0,20 a
1	0,16	0,20	0,35	0,24 a
2	0,20	0,23	0,33	0,25 a
3	0,16	0,20	0,22	0,19 a
4	0,11	0,17	0,33	0,20 a
Média	0,15 B	0,19 B	0,31 A	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

A análise dos resultados da relação H/D indicou menores valores em mudas que receberam aplicações de etileno em todos os regimes de fertilização, sugerindo que as mudas submetidas a duas aplicações de etileno apresentam maior qualidade em comparação as demais.

Segundo Haase (2008), a relação H/D é denominada também de coeficiente de robustez, que sugere uma relação de qualidade e resistência, na qual quanto maior o valor, maior é o desbalanço na proporção altura e diâmetro do caule de mudas. Os menores valores de H/D obtidos com a pulverização de etileno sobre mudas de *E. grandis* atribuí-se a inibição da auxina no meristema apical em resposta a um aumento da síntese de enzimas oxidantes (tais como peroxidases, e IAA-oxidase) nos tecidos aéreos, bem como de toxicidade por etileno e auto-inibição do mesmo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As aplicações de etileno não externaram interação entre os regimes de adubação com nitrogênio e aplicações de etileno com relação ao índice SPAD. Maiores médias do índice SPAD foram anotados em para mudas fertilizadas exponencial e convencionalmente, diferenciando das mudas que não receberam fertilização independentemente das aplicações de etileno (Tabela 3.5). Yamada e Castro (2007) reportaram que o etileno pode inibir o metabolismo de fosfolipídeos, aumentar a permeabilidade da membrana, causar perda de clorofila, e aumentar o desverdecimento. Segundo Argenta et al. (2002), o clorofilômetro proporciona leituras instantâneas não destrutivas de folhas indicando o teor de clorofila.

Tabela 3. 5 - Índice SPAD e área foliar em mudas de *E. grandis* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
----- Índice Spad -----				
Testemunha	25,45	36,88	40,36	34,23 a
1	25,07	37,08	43,9	35,36 a
2	27,0	40,6	43,7	37,11 a
3	30,33	39,45	43,51	37,76 a
4	30,22	37,5	40,66	36,15 a
Médias	27,6 B	38,32 A	42,43 A	
----- Área Foliar (cm ²) -----				
Testemunha	6,89 Aa	11,71 Aab	11,26 Abc	-
1	6,44 Ca	12,54 Aab	17,76 Aa	-
2	6,14 Ba	9,55 Bb	13,74 Aab	-
3	8,23 Ba	16,30 ABa	7,91 Bc	-
4	8,77 Ba	15,15 ABa	9,24 Bbc	-
Média	-	-	-	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

A área foliar das mudas apresentou resposta diferenciada em função dos diferentes regimes de fertilização. Mudas de *E. grandis* fertilizadas exponencialmente e convencionalmente apresentaram maiores valores de área foliar média. Mudas não fertilizadas com nitrogênio não resultaram em diferenças em

função da aplicação do regulador vegetal. Entretanto, em mudas fertilizadas exponencialmente a segunda aplicação de etileno resultou em menores médias e na fertilização convencional na terceira e quarta aplicações houve redução da área foliar (Tabela 3.5).

Este efeito diferenciado depende possivelmente da abscisão foliar e do aumento na área foliar remanescente das mudas submetidas aos diferentes regimes de fertilização, com efeito fitotóxico a partir da terceira aplicação de etileno.

Resultados divergentes aos obtidos neste estudo foram observados por Campos et al. (2010) que verificaram redução na área foliar com a aplicação de ethephon em *Gladiolus communis* L. devido a elevada perda de folhas nos tratamentos que tiveram a aplicação do ácido.

Houve interação dos tratamentos testados para a variável morfofisiológica PRR resultando em maiores valores para os regimes exponencial e convencional comparados ao regime 0 nitrogênio, com diferenças entre mudas que receberam aplicação do regulador vegetal e aquelas que não receberam (testemunha). Adicionalmente, foram detectadas maiores médias em mudas que receberam a primeira e a segunda aplicações do regulador vegetal em comparação àquelas que receberam a terceira e quarta aplicações, nos regimes exponencial e convencional (Tabela 3.6).

Tabela 3. 6 - Potencial de regeneração de Raiz (PRR) em mudas de *E. grandis* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
	----- PRR -----			
Testemunha	0,62 Ba	1,16 Ab	1,09 Ac	
1	0,52 Ca	1,87 Ba	2,85 Aa	
2	0,91Ba	1,87 Aa	2,06 Ab	
3	0,54 Ba	1,39 Ab	1,03 Ac	
4	0,60 Ba	1,43 Ab	0,97 Bc	
Médias				

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Segundo Cara e Giovannoni (2008) recentemente a compreensão dos mecanismos reguladores do etileno tem sido atrelados a receptores LeERT₄ e LeETR₆, que são proteínas degradadas em resposta a aplicação de etileno. Como os receptores são reguladores negativos da sinalização do etileno, a degradação dos mesmos resulta em aumento progressivo na ativação da sensibilidade hormonal, quando um limite específico nos níveis de receptores atingido.

O estímulo no crescimento radicular verificado neste ensaio corrobora com os resultados obtidos por Dranski et al. (2013) com doses de etephon em *P. longifolium* no qual mudas que receberam 350 mg L⁻¹ de etephon apresentaram massa 45% maiores do que mudas que não receberam etephon. No presente estudo, mudas cultivadas exponencialmente e convencionalmente, respectivamente, apresentaram aumentos de 31% e 88% na massa seca de raízes submetidas ao teste de PRR, com uma e duas aplicações de etileno.

O aumento no número de aplicações de etileno estimulou o aumento na concentração de lignina na parede celular do caule em mudas cultivadas nos três regimes de fertilização, com valores mais expressivos para a terceira aplicação do regulador vegetal nos três regimes de fertilização (Tabela 3.7). Os menores valores para aquele parâmetro foi quantificado em tecidos de mudas que receberam a primeira aplicação do regulador não fertilizadas com nitrogênio.

As aplicações de etileno estimularam o acúmulo de lignina na parede celular de raízes de mudas cultivadas sem nitrogênio, exponencialmente e convencionalmente (Tabela 3.7), resultando maiores valores dos tratamentos que receberam aplicação do regulador vegetal em relação a testemunha, com maiores médias quantificadas na primeira e segunda aplicação de etileno.

Tabela 3. 7 - Concentração de lignina na parede celular do caule (PCC), concentração de lignina na parede celular de raízes (PCR) em mudas de *E. grandis* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
----- Lignina caule (g Kg PCC) -----				
Testemunha	207,42 Aab	182,60 Bb	210,29 Aa	-
1	188,46 Bd	190,87 Bb	205,57 Aa	-
2	193,32 Acd	190,48 Ab	191,02 Ab	-
3	210,74 Aa	205,50 Aa	209,16 Aa	-
4	199,98 Abc	203,25 Aa	206,71 Aa	-
Médias	-	-	-	
----- Lignina raiz (g Kg PCR) -----				
Testemunha	193,59 Bb	205,26 Ab	198,49 ABb	-
1	212,07 Aa	216,60 Aa	209,43 Aa	-
2	206,43 Aa	210,13 Aab	210,67 Aa	-
3	190,07 Bb	206,58 Aab	207,15 Aab	-
4	185,87 Bb	213,94 Aab	176,89 Bc	-
Média	-	-	-	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

A maior concentração de lignina na parede celular em raízes de *E. grandis* comprovam a sensibilidade da espécie ao fitohormônio etileno até a segunda aplicação do regulador vegetal. A concentração de lignina nas mudas pode ser entendida como um indicador de rusticidade, pois teoricamente, mudas mais endurecidas apresentam maiores concentrações de lignina em sua parede celular.

A sensibilidade da espécie ao fitohormônio etileno pode estar associado a atividade de enzimas específicas, como a poligalacturonase, e a endo- β -1,4-glucanase, pectinolíticas participam nos processos de degradação da parede celular. A atividade destas enzimas associadas a ação do etileno podem ser influenciadas por diversos fatores externos, dentre eles baixos teores de O₂ ou altas temperaturas (JACOMINO et al., 2008) não controlados no presente trabalho, e que podem ter

resultado na oxidação do etileno exógeno e conseqüente, menores valores nas concentrações de ligninas nas maiores doses de etileno aplicadas.

Adicionalmente, Yamada e Castro (2007) reportaram que a rigidez mecânica da lignina fortalece os caules e o tecido vascular, permitindo o crescimento ascendente e possibilitando que a água e os sais minerais sejam conduzidos através do xilema sob pressão negativa, sem haver o colapso do tecido.

A biossíntese da lignina é um processo complexo que envolve varias rotas metabólicas. Segundo Marjamaa et al. (2009) a partir da fenilalanina secretada no citoplasma ocorre a oxidação da parede celular pela ação das enzimas peroxidase, lacase ou fenol-oxidase.

A atividade da peroxidase no caule e raiz (Tabela 3.8) de *E. grandis* submetidos a diferentes níveis de etileno, bem como cultivadas em diferentes regimes de adubação não apresentaram interação entre os tratamentos. A atividade enzimática no caule nas diferentes aplicações de etileno não externaram diferenças quando comparadas com as médias gerais. Adicionalmente, a análise de variância resultou em diferenças entre o tratamento testemunha e os tratamentos que receberam etileno (Tabela 3.1). No entanto, quando avaliadas as médias pelo teste Duncan as mesmas mostraram-se semelhantes.

Houve aumento significativo dos valores médios da atividade enzimática em raízes de *E. grandis* submetidas as aplicações de etileno, corroborando com os resultados obtidos por Donald e Cipollini (1998) que estudaram a atividade da peroxidase em resposta ao estímulo mecânico induzido e estímulo químico utilizando como estimulando a aplicação de Cloreto de Mercúrio ($5 \text{ mmol L}^{-1} \text{ HgCl}_2$).

Tabela 3. 8 - Atividade da peroxidase em massa fresca de caule (MFC), atividade da peroxidase em massa fresca de raízes (MFR) em mudas de *E. grandis* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
----- Absorbância (470 nm)/min/g MFC) -----				
Testemunha	1,26	1,23	1,08	1,19 a
1	1,38	1,45	1,20	1,31 a
2	1,40	1,43	1,30	1,38 a
3	1,47	1,65	1,30	1,47 a
4	1,53	1,65	1,44	1,54 a
Médias	1,41 A	1,46 A	1,26 A	
----- Absorbância (470 nm)/min/g MFR) -----				
Testemunha	0,92	0,99	0,96	0,96 a
1	1,05	1,05	1,03	1,04 a
2	1,06	1,13	1,06	1,08 a
3	0,93	1,39	1,02	1,11 a
4	1,01	1,30	1,33	1,21 a
Média	0,99 A	1,17 A	1,08 A	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Os autores retro mencionados reportaram aumento da atividade da peroxidase em folhas de soja, tanto através do estímulo mecânico, tanto o estímulo químico. No entanto, os mesmos autores destacaram que plantas expostas ao estímulo químico apresentaram necrose nas folhas, e este aumento da atividade da peroxidase pode ser devido em resposta a anti-oxidação e cicatrização de feridas.

A concentração de nitrogênio em folhas de *E. grandis* expostas a diferentes aplicações de etileno resultou em diferenças quando comparadas a testemunha, bem como entre os demais tratamentos (Tabela 3.9).

Tabela 3. 9 - Concentração de nitrogênio, Fósforo e Potássio em mudas de *E. grandis* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
----- Nitrogênio (mg g ⁻¹)-----				
Testemunha	0,72 Bab	1,57 Abc	1,62 Aa	-
1	0,68 Ca	1,54 Aab	1,15 Bb	-
2	0,68 Cb	1,79 Aa	1,06 Bb	-
3	0,72 Cab	1,49 Ac	1,10 Bb	-
4	0,88 Ca	1,72 Aab	1,49 Ba	-
Médias	-	-	-	
----- Fósforo (mg g ⁻¹) -----				
Testemunha	0,92 Cd	1,59 Bb	2,09 Aa	-
1	1,10 Cc	1,31 Bd	2,05 Aa	-
2	1,07 Cc	1,51 Bc	1,95 Ab	-
3	1,32 Bb	1,56 Abc	1,59 Ac	-
4	1,44 Ca	1,67 Aa	1,54 Bc	-
Média	-	-	-	
----- Potássio (g Kg ⁻¹) -----				
Testemunha	16,4 Aa	12,40 Bb	12,93 Ba	-
1	15,84 Aa	14,15 Ba	11,71 Cb	-
2	14,62 Ab	13,90 Ab	11,40 Bb	-
3	14,03 Ab	12,37 Bb	6,37 Cc	-
4	13,56 Ab	14,00 Aa	6,62 Bc	-
Média	-	-	-	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Houve interação entre os tratamentos avaliados, sendo a maior média obtida na fertilização exponencial com duas aplicações de etileno. Os menores valores resultaram de mudas que não receberam fertilização nitrogenada com duas aplicações de etileno, comportamento este semelhante a concentração de lignina no caule, apesar de não haver correlação para as médias gerais nestes parâmetros (Tabela 3.10).

Tabela 3. 10 - Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis fisiológicas quantificadas em mudas de *Eucalyptus grandis*

	Variáveis								
	S10	S20	LC	LigR	PC	PR	N	P	K
S10		0.28	0.10	-0.07	-0.26*	-0.14	-0.19	-0.00	0.04
S20			-0.14	0.25	-0.22	-0.23	-0.02	.03	0.18
LigC				-0.32*	0.15	0.06	-0.06	0.16	-0.24*
LigR					-0.01	-0.02	0.21	0.10	0.23*
PC						0.31*	0.29*	0.09	-0.17
PR							0.02	-0.18	0.02
N								0.47*	-0.21
P									-0.45*
K									

* = SIGNIFICATIVO A 5% DE PROBABILIDADE PELO TESTE

T.

S10DAP=sobrevivência 10 dias após o plantio; S20DAP=sobrevivência 20 dias após o plantio; LigC= Lignina caule; LigR= Lignina Raiz; PC= atividade da enzima peroxidase no caule; PR= atividade da enzima peroxidase na raiz; N= Nitrogênio; P= Fósforo; K=Potássio.

Este comportamento sugere que aplicações de etileno diminuem tanto a concentração de lignina quanto a concentração de nitrogênio nas plantas a partir de duas aplicações, havendo um efeito autoinibitório do etileno. Godoy et al. (1997) destacaram que as interrelações das vias bioquímicas no metabolismo vegetal prevêm uma competição, por precursores fenilpropanóides, entre a síntese de taninos e a de ligninas, dois grupos expressivos de metabólitos secundários fenólicos (MANN, 1987). Por outro lado, o metabolismo fenólico como um todo é mantido em equilíbrio com o metabolismo do nitrogênio.

Pela análise de correlação de Pearson, a sobrevivência de mudas 10 DAP resultou em correlação negativa somente para a atividade da enzima peroxidase, o que indica que, quanto menores os valores para atividade da peroxidase maiores as porcentagens de sobrevivência das mudas aos 10 DAP. Correlação negativa, também foram calculadas entre as variáveis concentração de lignina no caule e na raiz, concentração de lignina no caule e potássio, bem como concentração de potássio e de fósforo. Contrastante ao acima explicitado, correlações significativas positivas resultaram entre as variáveis peroxidase no caule e na raiz, bem como peroxidase no caule e concentração de N, e entre concentração de N e P (Tabela 3.10).

As mesmas mudas cultivadas em regime convencional de fertilização

resultaram em menores valores para a concentração de fósforo, em comparação a testemunha em função da aplicação de etileno (Tabela 3.9). Já em mudas cultivadas sem nitrogênio e de forma exponencial responderam de maneira contrária, com a máxima concentração de fósforo acumulada com quatro aplicações de etileno. Segundo Smith e Read (1997) o ethrel, utilizado como fonte do regulador vegetal etileno causa a liberação de fosfato. A quele argumento explica o aumento na concentração de fósforo para os regimes 0N e exponencial. Já a fertilização convencional já apresentou valores altos de fósforo iniciais, e a aplicação do ethrel causou fitotoxidez e inibição da liberação de fosfatos.

As respostas para as aplicações de etileno em mudas de *E. grandis* limitaram a absorção de potássio quando fertilizadas convencionalmente e exponencialmente, bem como o aumento do número de aplicações de etileno resultou menores valores de potássio nas folhas (Tabela 3.9), sendo os maiores valores resultantes de mudas fertilizadas com 0 nitrogênio e até uma aplicação do regulador vegetal.

Na literatura, as informações são insuficientes acerca dos efeitos de aplicações de reguladores vegetais na absorção de nutrientes. No entanto, alguns estudos indicam que o aumento taxas ou utilização de regimes exponenciais de fertilização melhoram consideravelmente o nível de nutrientes de mudas de *Q. ilex* (VILLAR-SALVADOR et al., 2004; OLIET et al., 2009), conforme resultados quantificados em relação a absorção de nitrogênio (Tabela 3.9).

Neste sentido, a forma do cultivo em viveiro pode influenciar fortemente a morfologia e fisiologia das mudas e, conseqüentemente, o desempenho pós-plantio, sendo a fase de crescimento importante para obtenção de mudas de qualidade, que juntamente com a aclimatação garantem o sucesso e sobrevivência das mudas no campo.

A análise de correlação de Pearson entre as variáveis morfológicas não resultaram em correlação entre nenhuma variável e a sobrevivência de mudas 10 DAP ou aos 20 DAP (Tabela 3.11). Para as demais variáveis avaliadas, apenas o comprimento de raiz não resultou em correlação significativa com as demais variáveis, bem como o IDC e o IH apresentaram correlação negativa, resultando em um comportamento inverso para estas variáveis.

Tabela 3. 11 - Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis morfológicas quantificadas em mudas de *Eucalyptus grandis*

	Variáveis													
	S10	S20	NF	AF	Spad	IH	IDC	H/D	IQD	CR	MSA	MSR	MST	PRR
S10		0.28	0.18	-	-0.13	-0.03	0.12	-0.19	0.07	0.03	0.03	-0.01	0.01	-0.03
				0.09										
S20			0.12	-	0.02	-0.02	0.16	-0.0	0.03	-	0.08	-0.06	0.03	-0.02
				0.02						0.15				
NF				0.20	-0.06	0.69*	0.16	0.30*	0.38*	0.01	0.56*	0.37*	0.52*	0.34*
AF					0.69*	0.02	0.35*	0.47*	0.33*	0.16	0.46*	0.41*	0.46*	0.66*
SPAD						-0.20	0.43*	0.43*	0.29*	0.11	0.35*	0.35*	0.36*	0.52*
InH							-0.3*	0.50*	-0.0	0.02	0.28*	0.10	0.23*	-0.01
IDC									-0.19	0.42*	0.20	0.28*	0.26*	0.28*
H/D										0.08	0.02	0.4*	0.32*	0.41*
IQD											-	0.88*	0.91*	0.92*
											0.09			
CR												-0.06	-0.07	-0.07
MAS													0.83*	0.98*
MSR														0.91*
MST														0.54*

* = SIGNIFICATIVO A 5% DE PROBABILIDADE PELO TESTE

T.

S10DAP=sobrevivência 10 dias após o plantio; S20DAP=sobrevivência 20 dias após o plantio; Nf= Número de folhas; SPAD= índice SPAD; IH= Incremento em altura; IDC= Incremento em diâmetro do caule; H/D= Relação altura/diâmetro do caule; IQD= índice de qualidade de Dickson; MAS=Massa seca aérea, MSR= Massa seca da raiz; MST= massa seca Total, CR= Comprimento da Raiz; AF= área foliar; PRR= Potencial de regeneração da raiz.

Neste estudo, a sobrevivência aos 10 e aos 20 DAP das mudas transplantadas para vasos e mantidas sob condições de restrição hídrica não resultaram em interação dos dois tratamentos avaliados, bem como a testemunha não diferenciou-se em relação aos tratamentos com aplicações de etileno (Tabela 3.12).

Tabela 3. 12 - Sobrevivência aos 10 e 20 dias após o plantio em vasos (DAP) em mudas de *E. grandis* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
----- % Sobrevivência 10 DAP -----				
Testemunha	80	60	100	80 a
1	70	80	80	76 a
2	100	80	100	93 a
3	100	70	60	76 a
4	70	20	90	60 a
Médias	84 A	62 A	86 A	
----- % Sobrevivência 20 DAP -----				
Testemunha	40	40	40	40 a
1	40	50	40	43 a
2	40	30	40	36 a
3	30	30	30	30 a
4	30	10	20	20 a
Média	36 A	34 A	34 A	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Houve dificuldades na avaliação da sobrevivência das mudas em vasos, sem respostas diferenciadas dos tratamentos possivelmente devido ao método de quantificação da sobrevivência, sendo submetidas à completa restrição hídrica das mudas, além da baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas no local do experimento. Isso se deve aos tratamentos utilizados para rustificação não estarem relacionados a aclimatação ao déficit hídrico, e sim a mudanças no estado fisiológico em função a perturbações pelo vento.

Dranski (2013) destacou a impossibilidade em avaliar o efeito de qualidade

das mudas sobre o estabelecimento de plantações como uma variável isolada relaciona-se a ecologia e ao clima existentes em cada área de plantio, bem como a variação em função do tempo e do espaço, requerendo mudas com diferentes níveis de qualidade e especificidades.

Adicionalmente Davis; Jacobs, (2005) reportaram que a qualidade de mudas está relacionada com sua composição genética, com o vigor e principalmente as condições ambientais do local de plantio.

Os resultados observados ao final das aplicações de etileno nas mudas apoiam a hipótese da redução do crescimento aéreo e aumento no crescimento secundário das mudas, bem como no potencial de regeneração de raízes e concentração de lignina nas mesmas, principalmente com duas aplicações do fitohormônio. Em mudas de *E. grandis*, os regimes de adubação exponencial e convencional resultaram em mudas com maior qualidade, quando comparado regime sem nitrogênio, sem respostas muito diferenciada aos tratamentos de rustificação.

5.5.2 *Luahea divaricata* Mart.

Os diferentes regimes de fertilização e as aplicações de etileno durante a fase de rustificação de mudas de *L. divaricata* alteraram significativamente (Tabela 3.13) as variáveis morfológicas e fisiológicas avaliadas, não resultando em alterações apenas para as variáveis sobrevivência aos 10 dias e aos 20 dias após o plantios (DAP) .

Tabela 3. 13- Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de *L. divaricata* ao final da fase de crescimento viveiro em resposta a diferentes regimes de fertilização por 90 dias e rustificação por etileno

Parâmetros	Probabilidade (%)			
	Etileno (E)	ExTestemunha	Nitrogênio (N)	E x N
Inc.Altura	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Inc.DC	0,18 ^{ns}	0,053 ^{ns}	0,02	<0,001
MSR	0,17	1,00 ^{ns}	0,006	1,00 ^{ns}
MAS	0,001	0,07 ^{ns}	0,007**	0,05 ^{ns}
MST	0,003	0,14 ^{ns}	0,02	0,24 ^{ns}
NF	<0,001	<0,001	1,00	0,03
SPAD	0,006	0,047	0,01	0,004
AF	0,03	0,21	1,00	1,00
H/D	1,00 ^{ns}	0,14 ^{ns}	<0,001	0,007
IQD	0,15 ^{ns}	0,19 ^{ns}	<0,001	0,14 ^{ns}
PRR	0,21 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,04	1,00 ^{ns}
Lignina caule	<0,001	1,00 ^{ns}	<0,001	<0,001
Lignina raiz	<0,001	0,058 ^{ns}	<0,001	<0,001
Peroxidase caule	0,050 ^{ns}	0,04	<0,001	100,0 ^{ns}
Peroxidase raiz	0,003	0,005	0,07 ^{ns}	100,0 ^{ns}
Nitrogênio	1,00 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,01	1,00 ^{ns}
Fósforo	<0,001	<0,001	<0,001	0,001**
Potássio	<0,001	0,11	<0,001	0,002**
Sobrevivência 10 DAP	0,23 ^{ns}	1,00	1,00 ^{ns}	0,10 ^{ns}
Sobrevivência 20 DAP	1,00 ^{ns}	1,00	0,14 ^{ns}	1,00 ^{ns}

Em que: (QMR) quadrado médio do resíduo; (*F_{calc.}*) valor calculado para tratamentos; (Pvalor) significância do teste; (DC) diâmetro do coleto; (MSR) Massa seca de Raiz; (MSA) Massa seca de Parte Aérea; (MST) massa seca total (com. raiz) comprimento de raiz; (NF) número de folha; (AF) área foliar; (H/D) Relação altura e diâmetro; IQD índice de qualidade de Dickson.

Houve interação entre os dois tratamentos testados para os incrementos em altura e em diâmetro do coleto, assim como com o número de folhas, índice SPAD, área foliar, relação H/D, concentração de lignina no caule e na raiz, e concentrações de fósforo e potássio. Comparando os tratamentos com aplicação de etileno, ao tratamento testemunha, a análise de variância resultou em diferenças apenas para as variáveis incremento em altura, NF, índice SPAD, atividade da peroxidase do caule e da raiz e concentração de fósforo (Tabela 3.13).

O incremento em altura de mudas de *L. divaricata* submetidas a diferentes aplicações de etileno resultaram em diferenças das aplicações em relação a testemunha, bem como para os demais tratamentos, externando menores valores com o aumento do número de aplicações, para todos os regimes de fertilização, com valores mais expressivos (negativos) para os regimes, exponencial e convencional. (Tabela 3.14).

Tabela 3. 14 - Incremento em altura e incremento em diâmetro do coleto (DC) em mudas de *E. grandis* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
----- Incremento em altura (cm) -----				
Testemunha	0, 47 Aa	0,47 Aa	0,37 Ab	
1	0, 44 Aa	0,09 Bb	0,51 Aa	
2	0,39 Aa	-0,21 Bc	-0,32 Bc	
3	0,14 Ab	-0,34 Bc	-0,26 Bc	
4	0,11 Ab	-0,33 Bc	-0,46 Cd	
Médias				
----- Incremento em DC (mm) -----				
Testemunha	0,67 Aa	0,73 Aa	0,58 Ab	
1	0,43 Ab	0,58 Aa	0,57 Ab	

2	0,48 Bab	0,67 Aa	0,46 Bb
3	0,38 Bb	0,61 Aa	0,65 Ab
4	0,56 Bab	0,37 Cb	0,93 Aa
Média			

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Os efeitos do etileno foram mais expressivos em plantas fertilizadas exponencialmente e convencionalmente, havendo incrementos negativos após a segunda aplicação de etileno nas mudas. Da Fonseca et al. (2006) aplicaram etileno na concentração de 0,5 mg L⁻¹ na rustificação de mudas de pimentão variedade Itapuã 501, as quais causaram uma redução significativa da altura das mudas, semelhante aos resultados do presente estudo.

Houve alterações significativas para o incremento em DC para todos os regimes de fertilização em função da aplicação de etileno, sem diferenças em relação a testemunha. O maior valor de incremento em DC resultou de mudas fertilizadas exponencialmente e com quatro aplicações de etileno, comportamento contrário de mudas fertilizadas exponencialmente (Figura 3.14).

Segundo Björklund (2007) o etileno em altas concentrações induz a alteração da conformidade da parede celular, modificando a orientação do crescimento do sentido transversal para o longitudinal. Adicionalmente, o etileno é capaz de inibir o transporte de auxinas na região do alongamento caulinar, resultando em caules mais curtos e grossos semelhantemente aos resultados obtidos neste estudo para mudas cultivadas em regime convencional de adubação.

Os maiores valores para relação H/D em mudas de *L. divaricata* resultaram do regime de fertilização convencional a partir de uma aplicação do regulador vegetal até a quarta aplicação (Tabela 3. 15). Constatante ao regime 0 nitrogênio, que apresentou os menores valores. Vale ressaltar que mudas cultivadas convencionalmente e exponencialmente resultaram em valores de H/D de 37% e 32% maiores quando comparadas a mudas cultivadas no regime 0 nitrogênio sem nenhuma aplicação de etileno. Os menores valores da relação H/D em mudas cultivadas sem nitrogênio podem justificar o aumento dos valores na relação H/D em função das aplicações de etileno.

Tabela 3. 15 - Relação altura e diâmetro do coleto (H/D) e Número de folhas e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *L. divaricata* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
	----- H/D (mm cm) -----			
Testemunha	2,67 Bb	3,91 Aab	4,21 Ab	
1	2,61 Cb	4,23 Ba	4,72 Aa	
2	2,99 Bab	3,97 Aab	4,39 Aab	
3	3,16 Ca	3,76 Bab	4,41 Aab	
4	3,37 Ba	3,50 Bb	4,14 Ab	
Médias				
	----- Número de folhas -----			
Testemunha	9,36 ABa	11,66 Aa	8,83 Bab	
1	8,63 Aa	8,33 Ab	9,03 Aa	
2	6,60 Aab	7,80 Abc	3,43 Bc	
3	5,60 Ab	7,10 Abc	6,23 Ab	
4	7,26 ABab	5,20 Bc	8,43 Aab	
Média				
	----- IQD -----			
Testemunha	0,96	0,65	0,59	0,73 a
1	0,87	0,42	0,35	0,55 a
2	0,78	0,69	0,34	0,61 a
3	0,66	0,84	0,48	0,66 a
4	0,77	0,89	0,58	0,75 a
Médias	0,81 A	0,70 A	0,47 A	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

As aplicações de etileno nos diferentes regimes de fertilização induziram a abscisão foliar nas mudas de *L. divaricata*, resultando em diferenças entre as aplicações de etileno e o tratamento testemunha para todos os regimes de fertilização utilizados, resultando em maiores valores para a testemunha. Os menores valores no número de folhas foram observados no regime convencional com duas aplicações de etileno, com valores mais altos para terceira e quarta aplicações (Tabela 3.15). Este efeito é característico da toxicidade por etileno. O etileno pode inibir o metabolismo de fosfolípidos, aumentar a permeabilidade da membrana, causar perda de clorofila, inibir a divisão e expansão celular, reduzir a síntese de DNA e aumentar a atividade da celulase nas zonas de abscisão (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Voeselek et al. (1993) afirmaram que o etileno é produzido continuamente na planta, mas durante o alagamento ele pode ser acumulado em grande quantidade, em razão do seu baixo coeficiente de difusão na água, provocando senescência e abscisão precoce das folhas. Neste trabalho a aplicação exógena de etileno intensificou o acúmulo de etileno, provocando abscisão foliar das mudas.

Não houve interação para a variável IQD, bem como quando avaliadas as médias os resultados não inferiram em diferenças em relação aos regimes de fertilização e as aplicações de etileno (Tabela 3.15).

A área foliar não resultou em interação entre os fatores avaliados, bem como não diferenciou-se em relação a testemunha e as aplicações de etileno. As médias para os diferentes regimes de fertilização e o aumento no número de aplicações de etileno não externaram diferenças para esta variável (Tabela 3.16).

O índice SPAD resultou em diferenças para a testemunha e os demais tratamentos de aplicação de etileno, no entanto o teste de médias inferiu em valores diferenciados para as aplicações de etileno apenas para mudas cultivadas em regime de fertilização convencional, sendo os menores valores resultantes de duas e três aplicações de etileno, aumentando na quarta aplicação (Tabela 3.16). Segundo Matthys et al. (1995) o etileno pode influenciar sua própria síntese através da estimulação (autocatálise) ou inibição (autoinibição) da produção de etileno. O acima citado justificaria o aumento no índice SPAD após a segunda aplicação de etileno, sugerindo uma possível autoinibição deste regulador.

Tabela 3. 16 - Índice SPAD e área foliar em mudas de *L. divaricata* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
	----- Índice SPAD -----			
Testemunha	30,12 Aa	30,27 Aa	31,43 Aa	
1	26,93 Aa	31,58 Aa	30,16 Aab	
2	26,70 Aa	29,32 Aa	15,62 Bc	
3	24,16 Ba	33,51 Aa	24,89 Bb	
4	27,66 Aa	28,87 Aa	31,72 Aa	
Médias				
	----- Área foliar (cm ²) -----			
Testemunha	27,91	62,68	50,38	46,99 a
1	24,44	44,02	32,93	36,80 a
2	69,42	50,29	49,03	56,25 a
3	26,77	22,22	31,51	27,50 a
4	27,18	33,76	27,86	29,60 a
Média	35,15 A	42,59 A	38,74 A	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Adicionalmente, menores valores do índice SPAD sugerem uma redução da taxa fotossintética pode levar a uma redução do crescimento total da planta, resultado este que explica os maiores valores de relação H/D em mudas fertilizadas exponencialmente e convencionalmente.

O acúmulo de massa seca aérea, massa seca de raiz e a massa seca total em mudas de *L. divaricata* não resultaram em interação entre os regimes de fertilização e as aplicações de etileno, bem como não diferiram entre as aplicações

de etileno e o tratamento testemunha (Tabela 3. 17). Quando aplicados os testes de médias para estes mesmos parâmetros, as médias não externaram diferenças para os diferentes tratamentos aplicados.

A falta de diferenças em alguns parâmetros avaliados para aplicação de etileno em mudas de *L. divaricata* pode estar associada a características morfológicas desta espécie, pois segundo Monselise (1979) os resultados da aplicação dos reguladores dependem de uma série de fatores como; espécie, região da planta a serem aplicados os produtos, até situações como o processo de absorção do produto, acrescidos a condição da planta, metodologia de aplicação. Além disso, todas essas variáveis são influenciadas pelas condições do ambiente, além de serem produtos que atuam nas plantas em concentrações muito baixas de forma que qualquer alteração pode modificar o efeito esperado.

Tabela 3. 17 - Massa seca aérea e (MSTOTAL) Massa seca total e massa seca de raiz (g kg^{-1}) em mudas de *L. divaricata* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
----- Massa seca aérea (g kg^{-1}) -----				
Testemunha	1,79	2,51	2,48	2,26 a
1	1,61	1,74	1,68	1,68 a
2	1,66	2,24	1,40	1,77 a
3	1,40	2,68	2,11	2,06 a
4	2,55	2,30	2,34	2,40 a
Médias	1,80 A	2,19 A	2,00 A	
----- massa seca de raiz (g kg^{-1}) -----				
Testemunha	1,77	1,33	1,24	1,45 a
1	1,48	1,88	0,76	1,04 a
2	1,57	1,58	0,79	1,31 a
3	1,45	1,72	1,07	1,41 a
4	1,50	1,79	1,36	1,55 a
Média	1,56 A	1,46 A	1,04 A	
----- massa seca total (g kg^{-1}) -----				
Testemunha	3,56	3,84	3,76	3,71 a

1	3,10	2,62	2,44	2,72 a
2	3,24	3,83	2,19	3,09 a
3	2,86	4,40	3,18	3,48 a
4	4,06	4,10	3,71	3,95 a
Médias	3,36 A	3,76 A	3,05 A	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

A grande abscisão foliar pode ter influenciado na falta de resultados significativos para os parâmetros de massa seca das mudas e estes resultados sobre mudas de *L. divaricata* atribuí-se a inibição da auxina no meristema apical em resposta a um aumento da síntese de enzimas oxidantes (tais como peroxidases, e IAA-oxidase) nos tecidos da planta acima do solo, bem como de toxicidade por etileno e auto-inibição do mesmo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O parâmetro sobrevivência aos 10 e 20 DAP não externaram resultados significativos para os diferentes regimes de fertilização e as aplicações de etileno (Tabela 3. 18). O PRR não resultou interação para os efeitos testados, e quando quantificadas as médias este parâmetro não resultou em diferenças para os regimes de aplicação e aplicações de etileno.

Houve dificuldades na avaliação da sobrevivência das mudas em vasos, possivelmente devido ao método de quantificação da sobrevivência, sendo submetidas à completa restrição hídrica das mudas, além da baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas no local do experimento. Isso se deve aos tratamentos utilizados para rustificação não estarem relacionados a aclimatação ao déficit hídrico, e sim a mudanças no estado fisiológico em função a perturbações pelo vento.

Resultados diferentes aos do presente estudo, foram obtidos por Novaes et al. (2002), testando o PRR como indicador de qualidade de mudas de *Pinus taeda* L., constataram que as mudas que apresentaram maior capacidade de regeneração de suas raízes também tiveram melhor desempenho inicial após o plantio. Resultados estes que não foram confirmados na espécie em estudo, devido a falta de resposta aos tratamentos aplicados.

Tabela 3. 18 - Potencial de regeneração de raízes em mudas e Sobrevivência 10 dias após o plantio em vasos (S10 DAP), Sobrevivência 20 dias após o plantio em vasos (S20 DAP), de *L. divaricata* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
	----- PRR (g kg ⁻¹) -----			
Testemunha	0,08	0,11	0,10	0,10 a
1	0,06	0,12	0,10	0,09 a
2	0,05	0,10	0,09	0,08 a
3	0,06	0,06	0,08	0,07 a
4	0,073	0,078	0,077	0,07 a
Médias	0,069 A	0,096 A	0,092 A	
	----- S10 DAP -----			
Testemunha	60	100	80	
1	60	90	80	
2	90	50	20	
3	50	70	60	
4	60	70	80	
Média				
	----- S20 DAP -----			
Testemunha	30	50	40	
1	20	40	40	
2	20	20	20	
3	20	50	30	
4	20	50	40	
Média				

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

A concentração de nitrogênio das mudas não apresentaram interação entre os efeitos, bem como não houve diferenças para a testemunha e os demais tratamentos de aplicação de etileno (Tabela 3.19).

Apesar de efeitos em função da disponibilidade de nitrogênio no solo ser esperada para espécies arbóreas, Cruz et al. (2012) em seu estudo com canafístula destacaram que a aplicação de N resultou em maior crescimento das plantas, no entanto, a espécie apresentou-se menos exigente em N, o que pode justificar a falta de significância as aplicações de nitrogênio para a *L. divaricata*.

Tabela 3. 19 - Nitrogênio, Fósforo e Potássio em mudas de *L. divaricata* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
----- Nitrogênio (mg g ⁻¹)-----				
Testemunha	2,11	2,52	2,60	2,41 a
1	1,75	2,02	2,62	2,13 a
2	1,69	1,98	2,39	2,02 a
3	2,06	2,38	2,18	2,20 a
4	1,80	2,55	2,11	2,15 a
Médias	1,88 A	2,20 A	2,38 A	
----- Fósforo (mg g ⁻¹) -----				
Testemunha	0,335 Ad	1,371 Ac	1,258 Ab	-
1	1,51 Ac	1,472 Abc	1,297 Bab	-
2	1,736 Ab	1,562 Bab	1,307 Cab	-
3	1,388 Acd	1,403 Abc	1,345 Aab	-
4	1,935 Aa	1,715 Ba	1,440 Ca	-
Média	-	-	-	
----- Potássio (g Kg ⁻¹) -----				
Testemunha	27,65 Aab	20,34 Ba	18,40 Bb	-
1	28,68 Aa	19,46 Ba	22,93 Ba	-
2	24,65 Ab	17,53 Bab	22,87 Aa	-
3	24,40 Ab	19,90 Ba	16,68 Bb	-
4	19,96 Ac	13,90 Bb	19,31 Aab	-

Média

-

-

-

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

A concentração de fósforo em mudas de *L. divaricata* externou interação para a aplicação de etileno e os diferentes regimes de fertilização, resultando em maiores valores de acúmulo de fósforo em mudas que não receberam fertilização nitrogenada, bem como mudas que receberam 4 aplicações de etileno (Tabela 3.19).

Resultados semelhantes foram encontrados por Schenato et al. (2007) em seu estudo da aplicação de etefon sobre mudas de videira do porta-enxerto SO4, no qual observaram que a aplicação de etefon aumentou a concentração e a quantidade de fósforo nas folhas de primeiro ciclo, considerando que o etefon possui fósforo em sua formulação (ácido 2-cloroetil-fosfônico), sugerindo que este elemento permaneceu nas folhas após a aplicação. Estes mesmos autores sugerem que a aplicação de etefon transloca o nitrogênio presente nas folhas, para as raízes da videira, o que pode estar associada as respostas para o acúmulo de nitrogênio no presente estudo.

Lynch; Brown (1997) reportaram que baixos teores de fósforo em raízes de feijão estão envolvidos na síntese de etileno, estes autores destacam que baixos teores de fósforo ativam a síntese do etileno, que está envolvido com o alongamento de pelos radiculares. Neste estudo mudas que não receberam aplicações de etileno apresentaram menores valores em concentração de fósforo.

As respostas para as aplicações de etileno em mudas de *L. divaricata* limitaram a absorção de potássio para mudas fertilizadas sem nitrogênio, exponencialmente e convencionalmente, visto que o aumento do número de aplicações de etileno resultou em menores valores de potássio (Tabela 3.19). A maior concentração de potássio foi quantificada em mudas que não receberam fertilização nitrogenada e que não receberam uma aplicação de etileno.

Estudos indicam que o aumento taxas ou utilização de regimes exponenciais de fertilização melhoram consideravelmente o nível de nutrientes de mudas de *Q. illex* (VILLAR-SALVADOR et al., 2004; OLIET et al., 2009), resultados quantificados apenas para a concentração de fósforo, e que não puderam ser comprovados para

os demais nutrientes. Na literatura, são poucas as informações a respeito dos efeitos de aplicações de reguladores vegetais na absorção de nutrientes.

Mudas de *L. divaricata* não resultaram em interação entre os efeitos testados, bem como não houve diferenças quando testadas as médias em função dos tratamentos aplicados para atividade da enzima peroxidase no caule e nas raízes (Tabela 3.20).

Tabela 3. 20 - Atividade da enzima peroxidase em massa fresca de caule (MFC) e massa fresca de raiz (MFR) (absorbância) em mudas de *L. divaricata* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
----- Absorbância (470 nm)/min/g MFR) -----				
Testemunha	1,16	1,18	1,08	1,14 a
1	1,31	1,12	1,18	1,20 a
2	1,45	1,41	1,28	1,38 a
3	1,45	1,68	1,30	1,48 a
4	1,39	1,72	1,34	1,48 a
Médias	1,35 A	1,42 A	1,24 A	
----- Absorbância (470 nm)/min/g MFC) -----				
Testemunha	0,72	0,94	1,21	0,96 a
1	0,95	0,93	1,28	1,05 a
2	0,87	1,18	1,20	1,08 a
3	0,96	1,19	1,29	1,15 a
4	1,06	1,37	1,54	1,33 a
Média	0,91 A	1,12 A	1,31 A	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Diferente dos resultados obtidos no presente estudo Donald; Cipollini (1998) estudaram a atividade da peroxidase em resposta ao estímulo mecânico induzido e estímulo químico utilizando como estimulando a aplicação de Cloreto de Mercúrio (5 mmol/L HgCl₂), e obteve aumento da atividade da peroxidase em folhas de soja, tanto através do estímulo mecânico, tanto o estímulo químico. No entanto, estes

mesmos autores destacam que plantas que foram expostas ao estímulo químico apresentaram necrose nas folhas, e este aumento da atividade da peroxidase pode ser devido em resposta a anti-oxidação e cicatrização de feridas, o que não foi observado no presente estudo com *L. divaricata*.

Houve aumento na concentração de lignina no caule de mudas cultivadas exponencialmente, com os maiores valores com quatro aplicações de etileno (212,15 g kg), resultados contrários aos observados em mudas cultivadas no regime convencional de fertilização, a quarta aplicação externou o menor valor, no entanto os maiores valores do regime convencional não alcançaram o maior valor do regime exponencial (Tabela 3. 21). O aumento na concentração de lignina nas paredes celulares sugere que as mudas apresentam maior rigidez do caule (VOELKER et al., 2011).

Mudas que não receberam nitrogênio não externaram diferenças em função das aplicações de etileno, porém apresentaram valores maiores de concentração de lignina comparadas as mudas cultivadas exponencialmente até a segunda aplicação do regulador vegetal.

Tabela 3. 21- Concentração de lignina no caule (PCC) e nas raízes (PCR) de mudas de *L. divaricata* submetidas a diferentes regimes de fertilização e aplicações de etileno na rustificação

Aplicações de etileno	Fertilização			Médias
	0 Nitrogênio	Exponencial	Convencional	
	----- PCC (g Kg PCC) -----			
Testemunha	197,56 Aa	172,28 Bd	192,31 Aa	
1	199,94 Aa	180,41 Bcd	191,04 Aa	
2	191,71 ABa	186,65 Bbc	199,82 Aa	
3	200,46 Aa	196,95 Ab	195,65 Aa	
4	200,46 Aa	212,15 Aa	120,18 Cb	
Médias				
	----- PCR (g Kg PCC) -----			
Testemunha	146,74 Ab	143,62 Abc	140,13 Ab	
1	146,82 Ab	139,53 Abc	135,14 Bb	
2	150,83 ABb	143,03 Bc	154,22 Aa	
3	156,09 Aab	153,40 Aab	153,96 Aa	

4	162,84 Aa	155,78 Aa	118,78 Bc
Média			

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Para concentração de lignina em raízes de *L. divaricata*, resultou em aumento com a aplicação semanal de etileno, com os maiores valores observados a partir de duas aplicações do regulador vegetal para mudas fertilizadas exponencialmente e sem nitrogênio. Mudas fertilizadas convencionalmente apresentaram aumento na concentração de lignina na raiz até a terceira aplicação (Tabela 3.21). Segundo Miller et al. (1985) o etileno controla a lignificação diferenciando células de xilema pela regulação de atividade da peroxidase na parede celular. No tratamento de fertilização convencional, e quatro aplicações de etileno, possivelmente houve efeito fitotóxico pelo etileno, ocorrendo diminuição na concentração de lignina da raiz.

A análise de correlação de Pearson entre sobrevivência de mudas 10 DAP resultou em correlação negativa para o número de folhas e índice SPAD, enquanto aquela aos 20 DAP resultou em correlação negativa para os parâmetros número de folhas, índice SPAD, incremento em altura e IQD (Tabela 3.22).

Tabela 3. 22 - Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis quantificadas em mudas de *Luahea divaricata*

Sobrevivência	Variáveis										
	NF	SPAD	inH	IDC	H/D	IQD	LC	PC	N	P	PR
10 DAP	-0.27*	-0.27*	-0.21	-	0.13	-0.17	0.13	0.21	-0.12	-0.13	0.11
20 DAP	-0.4**	-0.38*	-0.30*	0.16	0.05	-0.31*	-0.04	0.07	-0.05	-0.16	0.18

**** * : SIGNIFICATIVO A 1 E 5% DE PROBABILIDADE PELO TESTE T.**

S10DAP=sobrevivência 10 dias após o plantio; S20DAP=sobrevivência 20 dias após o plantio; Nf= Número de folhas; SPAD= índice SPAD; IH= Incremento em altura; IDC= Incremento em diâmetro do caule; H/D= Relação altura/diâmetro do caule; IQD= índice de qualidade de Dickson; LigC= Lignina

caule; PC= atividade da enzima peroxidase no caule; N= Nitrogênio; P= Fósforo; PRR= Potencial de regeneração de raiz.

Adicionalmente Davis; Jacobs, (2005) reportaram que a qualidade de mudas está relacionada com sua composição genética, com o vigor, e principalmente as condições ambientais do local de plantio.

Fey et al. (2014) em seu estudo com a espécie arbórea *Jatropha curcas* destaca que a morfometria de um vegetal com suas variáveis são utilizadas para inferir sobre relações interdimensionais, e sua análise é importante para obter informações da sua estabilidade, vitalidade. Estes mesmos autores obtiveram correlação de Pearson significativa apenas para os parâmetros diâmetro do caule e o número de ramos.

5.6 CONCLUSÕES

As fertilizações exponencial e convencional sustentam a hipótese de indução de crescimento em mudas de *L. divaricata* e *E. grandis* em relação a fertilização sem aplicação de nitrogênio na fase de crescimento, estes mesmos efeitos podem ser observados na fase de rustificação com pulverização de etileno.

As pulverizações semanais de etileno induzem alterações no crescimento na fase de rustificação em mudas de *L. divaricata* e *E. grandis* com duas aplicações do gás, principalmente reduzindo o crescimento aéreo, reduzindo a área foliar e aumentando as dimensões caulinares.

5.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, JR. M.E. **Ethylene in plant biology**. 2.ed, San Diego, USA: Academic Press, 1992. 414 p.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 4, p. 519-527, 2002.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. p.42.

BJÖRKLUND, S. Plant hormones in wood formation, novel insights into the roles of ethylene and gibberellins. 2007. 53f. **Thesis** (Doctoral in Forest Sciences) - Swedish University Swedish of Agricultural Sciences, Umeå, SWE, 2007.

BOVI, M. L. A.; GODOY Jr., G.; SPIERING, S. H. Respostas de crescimento da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 161-166, 2002.

CAMPOS, M.F.; BACKES, C.; ROTERS, J.M.C.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Influência de retardantes de crescimento no desenvolvimento de plantas de gladiolo (*Gladiolus communis* L. spp., Iridaceae). **Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 31-36, 2010.

CASAL, J. J., R. A. MELLA, C. L. BALLARE, AND S. MALDONADO. Phytochrome-mediated effects on extracellular peroxidase activity, lignin content and bending resistance in etiolated *Vicia faba* epicotyls. *Physiologia Plantarum* 92: 555–562. 1994.

CARA, B.; GIOVANNONI, J.J. Molecular biology of ethylene during tomato fruit development and maturation. **Plant Science**, Ithaca, v. 175, p. 106-113, 2008.

CARRASCO I.; PEÑUELAS, J.L.; BENITO, L.F.; VILLAR-SALVADOR, P.; DOMINGUEZ, S.; HERRERO, N.; NICOLÁS, J.L. Fertilización convencional y exponencial con diferentes dosis em plantas de *Pinus halepensis* Y *Pinus nigra* cultivadas en contendor **Actas del III Congreso Forestal Español**. Granada. Mesa 3: 757-762, 2001.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CHITARRA, M.F.I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL; FAEPE, 1990. 320 p.

COLL, J.B; RODRIGO, G. N.; GARCIA B.S.; TAMÉS, R.S. Etileno y poliamidas. In: COLL, J.B; RODRIGO, G. N.; GARCIA B.S.; TAMÉS, R.S. (Eds). **Fisiología Vegetal**. Ediciones pirámide, Madrid, España, p.357-367. 2001.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N. DE ; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casas (*Samanea inopinata*(Harms) Ducke). **Revista Árvore**, vol.30, n.4, Viçosa, 2006.

CRUZ, C. A. F. E., PAIVA, H. N. de, CUNHA, A. C. M. C. M. da, Neves, J. C. L. Produção de mudas de canafístula cultivadas em latossolo vermelho amarelo álico em resposta à macronutrientes. **Cerne**, v.18, n.1, p.87-98, 2012.

CRUZ, C. D. . **Programa Genes** - Análise multivariada e simulação. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 175 p.

DA FONSECA, L. A.; PEIL, R. M. N.; STRASSBURGER, A. S.; AUMONDE, T. Z. Crescimento de mudas de pimentão para cultivo sem solo sob o efeito de estimulação mecânica e pulverização de etileno. XV Congresso de Iniciação Científica, VIII Encontro de Pós graduação. Pelotas, UFPEL, 2006. 3p. Disponível em:

<http://www2.ufpel.edu.br/cic/2006/resumo_expandido/CA/CA_00442.pdf>
Acesso em 20/01/2015.

DAVIS, A. S.; JACOBS, D. F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests**, v. 30, n. 2-3, p. 295-311, 2005.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, n.36, p.10-13, 1960.

DONALD F. CIPOLLINI, JR. The induction of soluble peroxidase activity in bean leaves by wind-induced mechanical perturbation. **American Journal of Botany**, v.85, n. 11, p. 1586–1591. 1998.

DRANSKI, J. A.L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M.M.; JACOBS, D. F. Effect of ethephon on hardening of *Pachystroma longifolium* seedlings. **Revista Árvore**, vol.37 n.3, Viçosa, 2013.

ERNER, Y.; JAFFE, M.J. Thigmomorphogenesis, the involvement of auxin and abscisic acid in growth retardation due to mechanical perturbation. **Plant Cell Physiology**, v. 23, n. 6, p. 935-941, 1982.

FEY, R.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. ; SCHULZ, D G. ; DRANSKI, J. A. L. Relações interdimensionais e produtividade de pinhão-mansó (*Jatropha curcas* L.) em sistema silvipastoril. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 613-624, mar./abr. 2014

FOGAÇA, M. A. F.; ANDRIOLO, J. L.; GODOI, R. S.; GIEH, R. F. H.; MADALOZ, J.C. C.; BARRO, G. T. Concentração de nitrogênio na solução nutritiva, na produtividade e na qualidade de frutos de melão cultivado em substrato. **Ciência Rural**, v.37, n.1, jan-fev, 2007.

FUKUDA, H. Xylogenesis: Initiation, progression and cell death. **Annual Review of Plant Physiol and Plant Mol Biol**, V.47, p.299-325, 1996.

FUKUSHIMA, R. S.; KERLEY, M. S. Use of Lignin Extracted from Different Plant Sources as Standards in the Spectrophotometric Acetyl Bromide Lignin Method. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. V. 59, p. 3505–3509. 2011.

GODOY, S. A.P. DE; MAYWORM, M.A.S.; LO, V. K.; SALATINO, A.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Teores de ligninas, nitrogênio e taninos em folhas de espécies típicas do mangue. **Revista brasileira de Botânica**. vol.20, n.1, 1997.

HE, C.J.; FINLAYSON, S.A.; DREW, M.C.; JORDAN, W.R.; MORGAN, P.W. Ethylene biosynthesis during aerenchyma formation in roots of *Zea mays* subjected to mechanical impedance and hypoxia. **Plant Physiology**, n.112, p.1679-1685, 1996.

HAASE, D. L. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters' Notes**, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

JACOBS, D.F.; LANDIS, T.D. Hardening. In: DUMROESE, R.K., LUNA, T., LANDIS, T.D. (Eds). **Nursery manual for native plants, guide for tribal nurseries**, v. 1. Agr. Hdbk 730, Depart. Agr. For. Serv., Washington, USA: 2009. p. 217-239.

JACOMINO, A.P; ARRUDA, M.C; BRON, I.U; KLUGE, R.A. Transformações bioquímicas em hortícolas após a colheita. In: KOBLITZ MGB (coord) **Bioquímica de alimentos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p. 153-189. 2008.

LAUVERGEAT, V.; KENEDY, K.; FEUILLET, C.; McKIE, J. H.; GORRICHON, L.; BALTAS, M.; BOUDET, A. M.; GRIMA-PETTENATI, J. ; DOUGLAS, K. T. Site-Directed Mutagenesis of a Serine Residue in Cinnamyl Alcohol Dehydrogenase, a Plant NADPH-Dependent Dehydrogenase, Affects the specificity for Coenzyme. **Biochemistry**, V.34, p.12426-12434, 1995.

LYNCH, J.; BROWN, K. M. Ethylene and plant responses to nutritional stress. **Physiologia Plantarum**, v. 100, n. 3, p. 613-519, 1997.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, São Paulo, instituto Plantarum, 2008.

LUSSO, M.F.G.; PASCHOLATI, S.F. Activity and isoenzymatic pattern of soluble peroxidases in maize tissues after mechanical injury or fungal inoculation. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.25, p.244-249, 1999.

SCHENATO, P.; MELO, G. W.; SANTOS, H. P.; FIALHO, F. B; FURLANETTO, V.; BRUNETTO, G.; DORNELES, L. T. Influência do etefon na distribuição de nutrientes e carboidratos e sobre o crescimento em videiras jovens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 217-221, 2007.

SMITH, S.E., READ, D.J. **Mycorrhizal Symbiosis**. 2 ed. Academic Press, London, 1997. 605 pp.

SOARES, M.T.S. **Taxas de mineralização e de lixiviação do nitrogênio e alterações da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo degradado e outro não degradado fertilizados com biossólidos e florestados com *Eucalyptus grandis***. 2003. 132 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MARJAMAA, K.; KUKKOLA, E. M.; FAGERSTEDT, K. V. The role of xylem class III peroxidases in lignification. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 2, p. 367-376, 2009.

MATTHYS, D.; GIELIS, J.; DEBERGH, P. Ethylene. In: ATIKEN, C. J.; KOZAI, T.; SMITH, L. (Ed.) *Automation and environmental control in plant tissue culture*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.473-491, 1995.

MILLER, A. R.; CRAWFORD, D. L.; ROBERTS, L. W. Lignification and xylogenesis in *Lactuca* pith explants cultured in vitro in the presence of auxin and cytokinin: a role for endogenous ethylene. **J Exp Bot**, V. 36, p.110-118, 1985.

MONSELISE, S. P. The use of growth regulators in citriculture: a review. **Science Horticulture**. Canterbury, v. 11, p. 151-162, 1979.

NASCIMENTO, H.H.C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. da; SILVA, M. A. da. Análise do crescimento de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.3, Edição Especial, p.617-626, 2011

NEGRELLE, R. R. B.; LEUCHTENBERGER, R. Composição e estrutura do componente arbóreo de um remanescente de floresta ombrófila mista. **Revista Floresta**, v. 31, n. 12, 9 p. 2001.

NOVAES, A.B. de. **Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. Curitiba, 1998. 118p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.

OLIET, J. A.; VALDECANTOS, A.; PUÉRTOLAS, J.; TRUBAT, R. **Influencia del estado nutricional y el contenido en carbohidratos en el establecimiento de las plantaciones**. In: CORTINA, J; PEÑUELAS, J. L.; PUÉRTOLAS, J.; SAVÉ, R.; VILAGROSA, A. *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos: estado actual de conocimientos*, Organismo Autónomo Parques Nacionales Ministerio De Medio Ambiente, Madrid, 2006.

OLIET, J.; PLANELLES, R.; ARTERO, F.; VALVERDE, R.; JACOBS, D.; SEGURA, M. Field performance of *Pinus halepensis* planted in Mediterranean arid conditions: relative influence of seedling morphology and mineral nutrition. **New Forest**, 37:313–33, 2009.

ORO, P.; VOLKWEIS, C. R.; NEIVERTH, W.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Aplicação de regulador vegetal na aclimação

de mudas de *Cariniana estrellensis*. **Cultivando Saber**, Cascavel, v.5, n.4, p.103-112, 2012.

PELTIER, A. J.; HATFIELD, R. D.; GRAU, C. R. Soybean stem lignin concentration relates to resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 93, p.149-154, 2009.

SOUZA, C.A.M.; OLIVEIRA, R.B.; FILHO, S.M.; SOUZA, J.L.S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, **2013**. 918p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C; BISSANI, C. A; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; OLIET, J.; PEÑUELAS-RUBIRA, J.L.; JACOBS, D.F.; GONZÁLEZ, M. Drought tolerance and transplanting performance of holm oak (*Quercus ilex*) seedlings after drought hardening in the nursery. **Tree Physiology**, v.24, 1147–1155, 2004.

VOELKER, S. L.; LACHENBRUCH, B.; MEINZER, F. C.; KITIN, P.; STRAUSS, S. H. Transgenic poplars with reduced lignin show impaired xylem conductivity, growth efficiency and survival. **Plant, Cell and Environment**, v. 34, n. 4, p. 655-668, 2011.

VOESENEK, L.A.C.J.; BANGA, M.; THIER, R.H.; MUDDE, C.M.; HARREN, F.J.M.; BARENDSE, G.W.M.B.; BLOOM, C.W.P.M. Submergence induced ethylene synthesis, entrapment and growth in two plant species with contrasting flooding resistances. **Plant Physiology**. V.103, 783-791, 1993.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. **Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas**. Encarte do Informações Agronômicas, Nº 119, Setembro, 2007. 32p.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da fertilização com nitrogênio causou alterações morfológicas e induziu o crescimento das mudas de *L. divaricata* e *E. grandis*, quando comparadas a mudas não fertilizadas com este nutriente.

Os efeitos da disponibilidade de nutrientes são expressivos, no entanto a forma de como o nutriente é disponibilizado para as plantas não causa maiores alterações morfológicas, sendo estes aplicados de maneira convencional ou exponencial, na formulação de 100 mg de N planta⁻¹.

Contudo, alguns aspectos vinculados à fertilização exponencial não estão plenamente elucidados e requerem mais estudos acerca das doses de aplicação parcelada de maneira crescente, visto que doses menores de nitrogênio utilizadas de maneira exponencial possam ser investigados em próximos estudos.

Os resultados sustentam a hipótese de que o uso de etileno reduziu o crescimento aéreo e aumentou o crescimento horizontal, tanto em mudas de *E. grandis* quanto em mudas de *L. divaricata*, a partir de uma semana de pulverização, validando a sua utilização para promover as mudanças morfológicas. No entanto, pulverizações que ultrapassem duas semanas podem causar danos severos a dominância apical das mudas nestas condições experimentais.

O etileno pulverizado por mais de três semanas consecutivas nas formulações acima de 1000 mg L⁻¹ para *E. grandis* e 300 mg L⁻¹ em *L. divaricata* causa epinastia nas folhas do terço superior da coroa, que é característica de toxicidade de etileno

Este estudo é baseado na suposição de que o etileno participa das alterações morfológicas nas plântulas de *E. grandis* e *L. divaricata*. Sendo assim, tornam-se interessantes investigações com diferentes formulações do regulador vegetal, e que possa quantificar a sobrevivência a campo das mudas, para validar a utilização deste produto como promotor de aclimatação de mudas de *E. grandis* e *L. divaricata*.