

Universidade de São Paulo

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Departamento de Ciências Florestais

**ATIVIDADE CAMBIAL EM PLANTAÇÃO DE EUCALIPTOS
UROGRANDIS FERTILIZADOS COM FONTES ALTERNATIVAS AO
CLORETO DE POTÁSSIO**

Ana Clara Cuco Giocondo Teixeira

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao departamento de Ciências
Florestais da Universidade de São Paulo para
a obtenção do título de Engenheira Florestal.

Piracicaba

2017

Ana Clara Cuco Giocondo Teixeira

**ATIVIDADE CAMBIAL EM PLANTAÇÃO DE EUCALIPTOS UROGRANDIS
FERTILIZADO COM FONTES ALTERNATIVAS AO CLORETO DE POTÁSSIO**

Orientador:

Prof. Dr. José Leonardo de Moraes Gonçalves

Co-orientadores:

Dr. Alexandre de Vicente Ferraz

Prof Dr. Mário Tommasiello Filho

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao departamento de Ciências
Florestais da Universidade de São Paulo
para a obtenção do título de Engenheira
Florestal**

Piracicaba

2017

Agradecimentos

Aos meus pais por terem me apresentado a ESALQ e o curso de Engenharia Florestal, por todo o carinho, paciência, dedicação, esforço, compreensão e amor durante toda minha vida. Sem vocês eu não seria nada.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ao seu corpo docente, funcionários e técnicos, pela formação e aprendizado durante esses anos inesquecíveis de graduação.

Ao professor José Leonardo de Moraes Gonçalves, pela orientação, preocupação e auxílio na minha formação acadêmica nesses últimos anos.

Ao Alexandre Ferraz e a todos os graduandos e pós-graduandos do PTSM pela companhia no dia a dia e em atividades de campo, amizade e orientação.

Ao professor Mário Tommasiello e à Maria Bermudez do laboratório de anatomia da madeira e à professora Beatriz Appenzato e à Marli Soares do laboratório de fisiologia vegetal e demais colaboradores pelo auxílio nas atividades laboratoriais.

Ao IPEF e à International Paper pela parceria e possibilidade de realização deste estudo.

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica fornecida para este projeto.

A toda a minha família pelo apoio, respeito e incentivo.

A todos os meus amigos e colegas que fizeram parte da minha formação profissional e pessoal.

Às amigas eternas que a convivência em república me proporcionou, por todo o companheirismo, amizade e diversão.

A todos, a minha mais sincera gratidão.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	7
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1 O setor florestal Brasileiro	9
3.2 Eucaliptos <i>urograndis</i>	10
3.3 Uso de fertilizantes no Brasil	11
3.4 Potássio em plantios florestais	15
3.5 Uso do KCl e fontes alternativas de potássio	17
3.6 Crescimento e anatomia da madeira	18
3.6.1 Atividade cambial em espécies arbóreas	19
3.6.2 Densidade de vasos do xilema	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 Descrição da área de estudo	23
4.2 Crescimento radial	24
4.3 Atividade cambial	25
4.3.1 Desidratação das amostras de tecido do câmbio	26
4.3.2 Infiltração com historesina	26
4.3.3 Emblocamento das amostras	26
4.3.4 Corte do tecido do câmbio e produção de lâminas	27
4.3.5 Análise das lâminas	27
4.4 Dados de condições edafoclimáticas do local de estudo.....	28
4.4.1 Precipitação, umidade do ar, temperatura do ar e umidade relativa.....	28
4.4.2 Umidade do solo	29
4.4.3 Déficit de pressão de vapor	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Análise das faixas dendrométricas	31
5.3 Análise das amostras do tecido do câmbio	36
5.4 Análise das amostras do xilema	38
6 CONCLUSÕES.....	41
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

RESUMO

Atividade cambial em plantação de Eucaliptos urograndis fertilizado com fontes alternativas ao cloreto de potássio

Devido a sua elevada capacidade de adaptação, as plantações de eucalipto têm-se expandido para regiões com solos distróficos e clima pouco favorável (ex: elevado déficit hídrico). O potássio (K) possui papel de destaque no desenvolvimento do eucalipto, contribuindo principalmente para a regulação do potencial osmótico e o controle estomático. O Brasil importa cerca de 90% do cloreto de potássio (KCl) consumido no país, o que aumenta as expectativas sobre o uso de fontes alternativas como o NaCl e o fonolito (rocha portadora de K e Na). Graças à rápida resposta à fertilização e ao clima, a avaliação da atividade cambial em experimentos florestais tem se destacado nos últimos anos. O objetivo do presente estudo foi avaliar o crescimento de uma plantação de *Eucalyptus "urograndis"* em resposta à fertilização com fonolito e NaCl, como fonte alternativa ao KCl. O experimento foi instalado no município de Luiz Antônio-SP, em local com elevado déficit hídrico, solo distrófico e de textura média. A atividade cambial foi avaliada pelo método dinâmico e estático. No primeiro, foram instaladas faixas dendrométricas no tronco das árvores a 1,30 metros do nível do solo e as avaliações ocorreram mensalmente. No método estático, foram coletadas amostras de tecido cambial no tronco (1,30 m de altura) na estação chuvosa e seca, as quais foram avaliadas anatomicamente. As árvores apresentaram incremento do diâmetro similar para todos os fertilizantes utilizados. Entretanto, em relação à atividade cambial (comprimento do tecido do câmbio), densidade e largura de vasos do xilema, o tratamento com fonolito teve destaque. Dessa forma conclui-se que a fertilização com fontes alternativas ao KCl foi eficaz para plantios de Eucaliptos urograndis, podendo substituir a fertilização convencional.

Palavras-chave: Silvicultura; adubação; cloreto de sódio; Fonolito; tecido do câmbio.

ABSTRACT

Cambium activity in eucalyptus urograndis plantations fertilized with alternatives sources of potassium chloride

Due to the high capacity of absorption, eucalyptus plantations has expanded to regions where the soils are dystrophic and the weather is unfavorable (high water deficit). The potassium (K) has a prominent role in the development of eucalyptus, primarily contributing with osmotic potential and stomatal control. Brazil imports approximately 90% of potassium chloride (KCl) used in the country, what increases the expectations around alternatives sources as phonolite (rock with K and Na) and NaCl. Thanks to the rapid response to fertilization and to the weather, the evaluations of the cambium activity in forestry experiments have excelled in the past few years. The objective of this study is to evaluate the response in eucalyptus urograndis plantations to fertilization with phonolite and NaCl as alternatives sources of KCl. The experiment is located in Luiz Antonio – SP, a region with high water deficit and dystrophic soil. The cambium activity will be evaluated by the dynamic and static method. In the dynamic method there were installed dendrometers in the trunk of trees at 1.30 m and the evaluations took place monthly. In the static method were cambium tissue samples collected (1.30 m high) in the dry and in the wet season. The trees presented similar diameter growth to all fertilizers used, however in relation to cambium activity (size of cambium tissue), density and width of xylem the treatment with phonolite had prominence. In this way it's possible to conclude that the fertilization with alternatives to KCl are efficient for Eucalyptus urograndis plantations, being able to substitute the conventional fertilization.

Key-words: Silviculture; fertilizing; Sodium chloride; Phonolite; Cambium tissue.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo país com maior área florestal do mundo, totalizando 463,3 milhões de hectares, dos quais 7,8 milhões de hectares são de plantações florestais (IBÁ, 2016). O setor de florestas plantadas vem contribuindo com a geração de empregos e o desenvolvimento do país, em termos econômicos, ambientais e sociais.

A espécie mais utilizada em plantios no país é o eucalipto, por apresentar rápido crescimento, alta produtividade, ampla diversidade de espécies (sendo possível sua inserção em diversas regiões) e uso diversificado (celulose, carvão, construção civil, movelearia, etc) (EMBRAPA, 2014). Devido às condições edafoclimáticas, o Brasil tornou-se local ideal para o plantio desta espécie, tendo aqui melhor desenvolvimento em relação aos demais países. Os avanços e técnicas silviculturais (melhoramento genético e nos processos industriais) também contribuíram para o bom estabelecimento da espécie.

Em razão da alta demanda de mercado em relação aos produtos florestais, surgiu a necessidade de aumento da produtividade, dando início à produção de híbridos e clones. O híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, popularmente conhecido como “urograndis”, é um dos mais utilizados, devido ao seu bom crescimento, qualidade da madeira e adaptabilidade ao clima do país.

O clima tropical brasileiro favorece, além do rápido crescimento do eucalipto, a rápida decomposição das rochas devido ao elevado grau de intemperismo, o que torna os solos pobres em nutrientes. Para recuperar a produtividade dos solos são utilizadas grandes quantidades de fertilizantes, sendo o Brasil um dos maiores consumidores mundiais desses insumos, em especial de potássio (MARTINS et al, 2008).

As árvores de eucalipto são bastante responsivas ao potássio, principalmente em solos com baixos teores de K₂O, sendo o nutriente que mais influencia na atividade do tecido do câmbio e, consequentemente no crescimento em diâmetro da árvore. Na planta, o potássio participa da ativação da catálise biológica, promove o metabolismo do nitrogênio e a síntese de proteínas, contribui com a regulação osmótica (absorção e perda de água) e promove a síntese de açúcares, bem como

seu deslocamento para os tecidos de armazenagem (LUZ; LINZ, 2008). Como o K é um recurso não renovável, é preciso estudar formas de uso mais eficientes, fontes alternativas e técnicas que permitam recicla-lo no sistema (GONLAÇVES et al, 2008) (KIPNARA, 2003).

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento em diâmetro e a atividade cambial em plantações do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* após fertilização com fonolito e cloreto de sódio, em substituição a fertilização potássica com KCl.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O setor florestal Brasileiro

O setor florestal começou a se destacar no Brasil após a aprovação da legislação de incentivos fiscais ao reflorestamento em 1966, possibilitando o abatimento de até 50% do valor do imposto de renda para aplicar em projetos florestais (até 1988, quando os incentivos foram extintos). Já em 1976, o Brasil estava entre os quatro países com maior incentivo em relação à produção florestal no mundo (SOUSA et al, 2010). Desde então o setor vem crescendo e se desenvolvendo cada vez mais.

No Brasil, o setor florestal contribui com uma importante parcela para a economia do país, gerando produtos para consumo direto e para exportação, empregos para a população e também atuando na preservação e conservação dos recursos naturais (REVISTA DA MADEIRA, 2008). Atualmente, as florestas naturais ocupam uma área de 509,8 milhões de hectares no país (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2010), dos quais 50 milhões de hectares de áreas naturais são preservados fora de unidades de conservação, e 14% deste valor são de responsabilidade da indústria de árvores plantadas (IBÁ, 2016).

O setor florestal tornou-se nos últimos anos um dos mais relevantes no cenário global, contribuindo com cerca de 5% na formação do PIB do país e 8% das exportações (CARVALHO et al, 2005). As florestas plantadas no Brasil correspondem a uma área de 7,8 milhões de hectares e fornecem 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no país (IBÁ, 2016). De toda a área de plantios florestais no Brasil, 34% pertencem ao segmento de celulose e papel, 29% pertencem a pequenos e médios produtores que comercializam a madeira não processada, 14% ao setor de siderurgia e carvão vegetal, 10% pertencem a investidores financeiros, 6% ao segmento de painéis de madeira e pisos laminados, 4% ao segmento de produtos sólidos de madeira e os 3% restantes a outros segmentos (IBÁ 2016).

Os plantios de eucalipto ocupam 5,6 milhões de hectares no país, sendo 24% no estado de Minas Gerais, 17% em São Paulo e 15% no Mato Grosso do Sul (Figura 1) (IBÁ, 2016).



Figura 1 - Área de florestas plantadas no Brasil por estado e gênero, 2015. Fonte: IBÁ 2016.

Como o país apresenta grande potencial para exploração e condições ambientais para o seu desenvolvimento (clima e solo, rápido crescimento das plantações, entre outros fatores), mão de obra abundante e tecnologia silvicultural avançada, investimentos podem contribuir continuamente para o desenvolvimento do país (SOUZA et al, 2010) e do setor florestal como um todo. Atualmente o estado que mais exporta produtos florestais no Brasil é o estado de São Paulo, que em 2015 exportou US\$1.724.396.925., sendo em sua maioria papel e papelão e polpa de madeira (celulose)(Sistema Nacional de Informações Florestais, 2016).

3.2 Eucaliptos urograndis

O eucalipto é uma espécie nativa da Austrália, Timor Leste e Indonésia, países com clima relativamente similares às diversas regiões encontradas no Brasil, motivo pelo qual o eucalipto se desenvolve tão bem no país. É a espécie mais plantada no território brasileiro em razão de seu rápido crescimento, boa adaptação ecológica e diversidade de usos (BERGER et al, 2002), como pode ser visto na figura 1. Além do ambiente favorável, isso também se deve ao fato de as áreas de pesquisa e desenvolvimento de empresas e universidades terem gerado ao longo dos anos resultados e informações técnicas que asseguraram a produtividade e rentabilidade para as empresas de base florestal (FILHO; SANTOS, 2013).

Atualmente, as principais espécies de eucalipto cultivadas no Brasil são: *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. saligna* e *E. urophylla*. Uma grande vantagem do eucalipto é a possibilidade de obtenção de cruzamentos entre diferentes espécies (hibridação), como é o caso do Eucalipto urograndis, um dos híbridos mais conhecidos no Brasil, resultado da combinação entre o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus urophylla* (Conselho de informações sobre Biotecnologia, 2008). Este híbrido vem se destacando no cenário silvicultural desde a década de 1980 (BRAGA, 2006), sendo cultivado em mais de 600.000 hectares, constituindo, desta forma, a base da silvicultura brasileira (FREITAG, 2013).

O objetivo da hibridação entre estas duas espécies é a obtenção de plantas com bom crescimento, características do *E. grandis*, maior densidade da madeira, melhores propriedades físicas da celulose, amplo uso, resistência ao déficit hídrico (fácil adaptação a diferentes condições climáticas e locais), elevada resistência à doenças (notadamente o cancro), facilidade de brotação (manejo por talhadia – redução dos custos de implantação) e alta plasticidade, características do *E. urophylla* (VALLE, 2009; FREITAG, 2013; Conselho de informações sobre Biotecnologia, 2008). Este híbrido apresenta diversos usos, mas destaca-se sua utilização para papel e celulose, chapas de fibra e produtos serrados. Porém, produz madeira de baixa densidade, sendo assim pouco adequado para a produção de postes e mourões (WILCKEN et al, 2008). Seu plantio é restrito a regiões com temperaturas mais elevadas, pois a ocorrência de geadas de forte intensidade pode levar à perda total da produção (FILHO et al, 2013).

3.3 Uso de fertilizantes no Brasil

Os fertilizantes constituem o insumo agrícola mais importante na economia do país. Há mais de 40 anos, enormes recursos têm sido utilizados na sua importação, produção, distribuição e utilização (GOEDERT 1981). Desde então, com a necessidade de aumento da produção em uma mesma área e em menor tempo, o consumo de fertilizantes só aumentou. De 1997 a 2012 houve um crescimento médio anual no mercado de fertilizantes brasileiro de 4,6%, apresentando estagnação apenas nos anos de 2003 e 2004, 2008 e 2009, devido às crises econômicas (Tabela 1) (TAVARES; HARBELI, 2011).

Tabela 1: Crescimento anual do mercado de fertilizantes (milhões de toneladas).

Ano	Mercado	Crescimento anual
1997	13,8	
1998	14,70	6,50%
1999	13,70	-6,80%
2000	16,40	19,70%
2001	17,10	4,30%
2002	19,10	11,70%
2003	22,80	19,40%
2004	22,80	0,00%
2005	20,20	-11,40%
2006	21,00	4,00%
2007	24,60	17,10%
2008	22,40	-8,90%
2009	22,40	0,00%
2010	24,50	9,40%
2011	26,00	6,10%
Crescimento médio		4,60%

Fonte: Associação Nacional de Difusores de Adubo - ANDA, 2011; TAVARES; HARBELI, 2011.

De todo os tipos de fertilizantes consumidos pelo Brasil, o nutriente mais requisitado é o potássio, colocando o país em terceiro lugar quanto ao consumo deste nutriente no mundo (Tabela 2).

Tabela 2 - Ranking mundial do consumo de fertilizantes em 2010.

<u>Ranking Mundial do Consumo de Fertilizantes - 2010</u>								
	NPK	Part.	Nitrogênio	Part.	Fósforo	Part.	Potássio	Part.
1	China	30%	China	33%	China	29%	China	19%
2	India	16%	India	16%	India	20%	EUA	16%
3	EUA	12%	EUA	11%	EUA	10%	Brasil	14%
4	Brasil	6%	Indonésia	3%	Brasil	9%	India	14%
5	Indonesia	3%	Paquistão	3%	Paquistão	2%	Indonesia	4%
6	Paquistão	2%	Brasil	3%	Australia	2%	Malásia	4%
Milhões de t de nutrientes		171	104	40		27		

Fonte: Associação Nacional de Difusores de Adubo - ANDA, 2011.

De todo o potássio utilizado no Brasil, apenas 10% é produzido no país, os 90% restantes são importados, o que eleva os custos de produção e nos torna extremamente dependente de outros países.

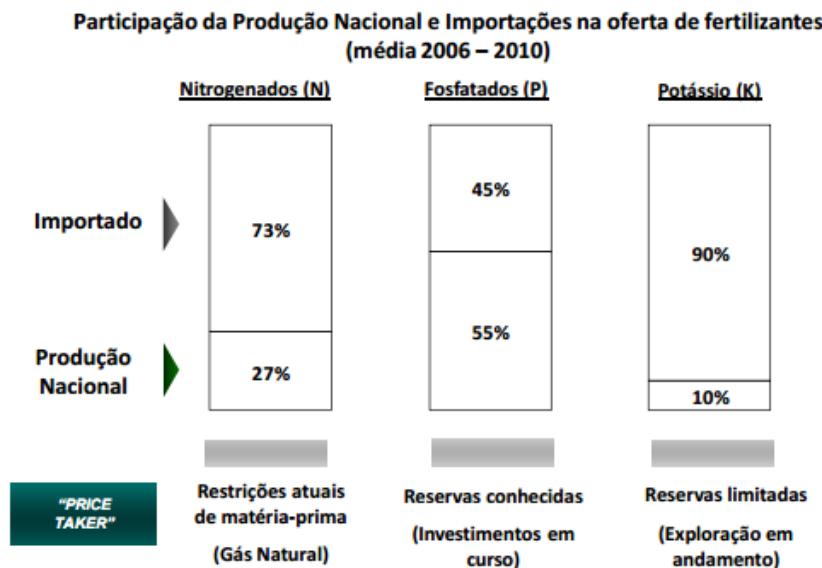


Figura 2 - Nutrientes e suas quantidades importadas e produzidas nacionalmente no período de 2006 a 2010 (Associação Nacional de Difusores de Adubo - ANDA, 2011).

Os principais países exportadores de cloreto de potássio para o mercado brasileiro de fertilizantes são: Canadá, com 32% das exportações; Rússia, com 19%; Belarus (18%); Alemanha (16%); Israel (12%) e os restantes com 3% (TAVARES; HARBELI, 2011).

De acordo com o quadro de ‘Balanço de oferta e demanda de potássio’ vemos que o Brasil tem conseguido diminuir lentamente e gradativamente a importação de potássio, aumentando sua produção interna. Porém, a quantia importada ainda é alta, necessitando de fontes alternativas e produtos de base potássica para utilização no mercado interno, a fim de reduzir as importações e atingir maior autonomia nos preços das mercadorias, o que não é totalmente possível devido à variação dos preços internacionais do cloreto de potássio (Figuras 3 e 4) e questões econômicas internacionais.

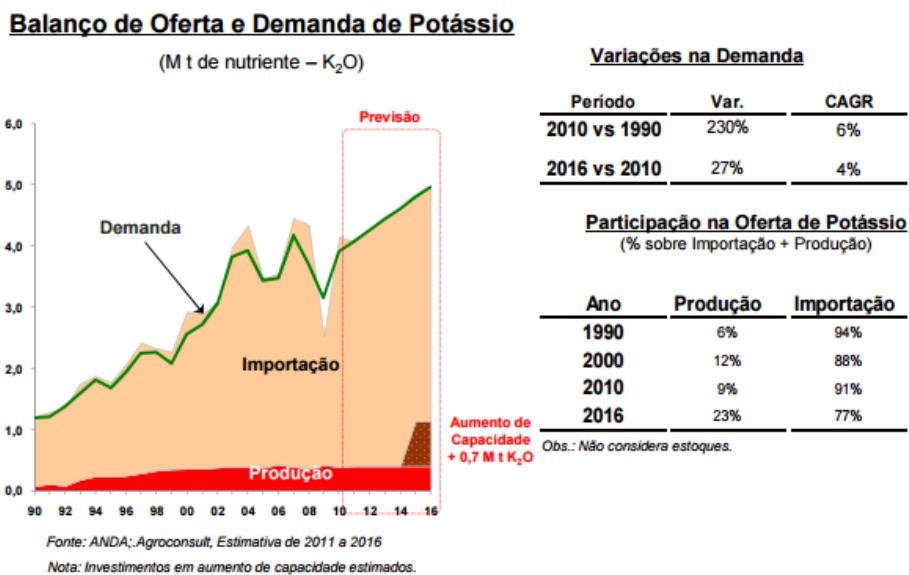


Figura 3 - Balanço de oferta e demanda de potássio (Associação Nacional de Difusores de Adubo - ANDA, 2011).

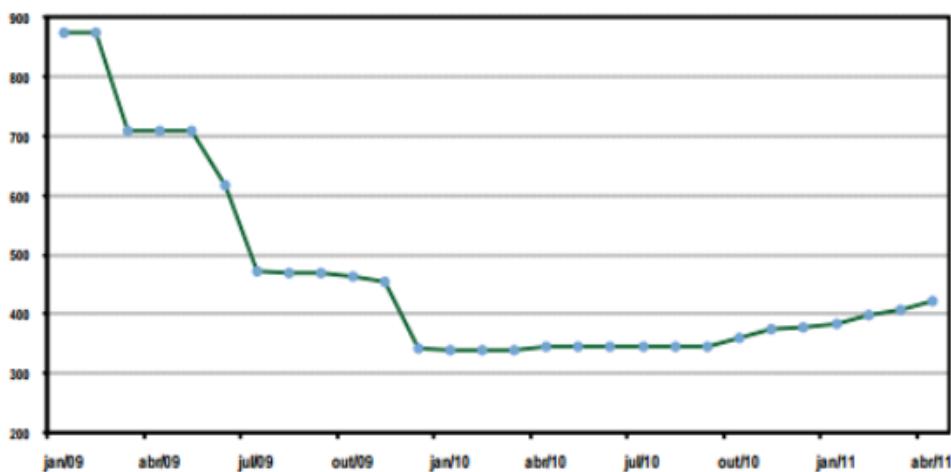


Figura 4 - Variação dos preços internacionais do cloreto de potássio em US\$/t (FMB, 2011).

De toda a quantia de fertilizantes utilizada no país, as maiores porções estão nas culturas de soja, milho e cana-de-açúcar, como mostra a figura 5.

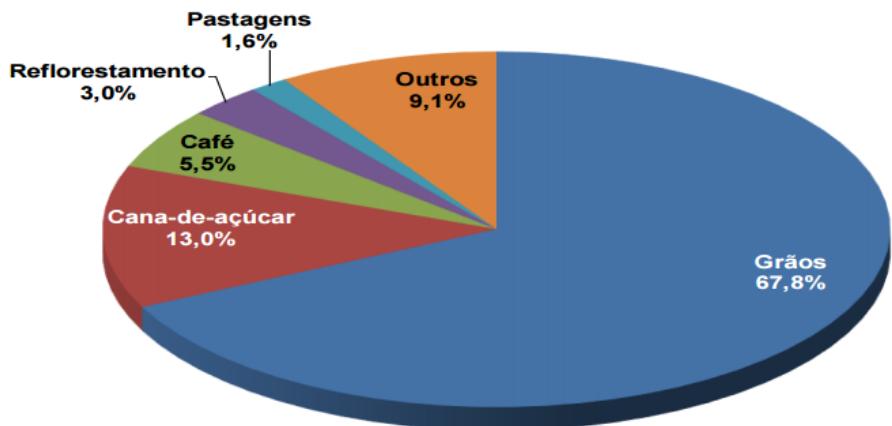


Figura 5 - Consumo de fertilizantes por cultura (Associação nacional dos difusores de adubo – ANDA, 2015; Bradesco, 2017).

O consumo de fertilizantes para culturas florestais apresenta apenas 3% do total utilizado no país (ANDA, 2015), o que é relativamente pouco comparado a outras culturas, devido ao fato de que há menos áreas destinadas a reflorestamentos em relação a outras culturas.

3.4 Potássio em plantios florestais

No Brasil, um dos nutrientes que mais tem impactado a produtividade do eucalipto é o potássio, limitando o crescimento e desenvolvimento da planta devido a sua reduzida quantidade disponível em solo com esta cultura (BARROS; NOVAIS, 1996; SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000).

O potássio não é constituinte de nenhuma molécula orgânica no vegetal, não desempenhando função estrutural na planta (SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000). Porém, é indispensável para inúmeros processos fisiológicos das árvores, como a fotossíntese, na formação de frutos, resistência à doenças (SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000), resistência à secas e geadas, à translocação de assimilados, no controle osmótico regulando a abertura e fechamento de estômatos (RAIJ et al, 2000), ativação de enzimas (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al, 1997), absorção de nitrogênio, síntese proteica (ANDRADE et al, 2000), para a manutenção da quantidade de água nas plantas (ARNEKE, 1978) e para transporte da sacarose e dos fotossintetizados das folhas para os órgãos de armazenamento (SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000). Este nutriente é vital na relação água-planta, ajudando a

manter a pressão interna das células da árvore e produção de frutos mais suculentos. Em plantas deficientes em potássio, o sistema radicular é pouco desenvolvido, o que prejudica a absorção de água e nutrientes. Também apresenta papel importante nas reações enzimáticas, no metabolismo dos carboidratos e proteínas, na translocação do açúcar e do amido e na divisão celular (BRAGA, 2010).

Devido à carência de potássio em solos intemperizados, os sintomas de deficiência de potássio nas plantas surgem nas folhas mais velhas (MALAVOLTA et al, 1997). Inicialmente surgem manchas cloróticas espalhadas por toda a superfície foliar, mas após desenvolvimento da deficiência as manchas se tornam avermelhadas nas margens das folhas e necrosam (SILVEIRA et al, 1999; ROCHA FILHO et al, 1978).

Como geralmente as plantações de eucalipto se localizam em solos com baixa fertilidade, o teor de potássio trocável na camada superior do solo (até 20 cm) da maioria dos solos florestais é muito baixa (inferior a 1 mmol_c kg⁻¹ de K trocável) para atender a demanda das árvores (SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000). Sendo assim, é indispensável o fornecimento deste nutriente no solo por meio de fertilização. A dose de potássio a ser aplicada irá variar de acordo com o teor de argila e K trocável presentes no solo (Tabela 3). Assim evitando fertilizar em excesso para não prejudicar o desenvolvimento do plantio e para reduzir custos.

Tabela 3: Recomendação de K para *Eucalyptus* spp. de acordo com o teor de argila e K trocável do solo (camada 0 - 20cm).

Teor de Argila g/kg	K trocável (mmol _c kg ⁻¹)		
	0 - 0,9	1,0 - 1,5	> 1,5
%	Dose de K ₂ O (kg / ha)		
< 150	100	40	10 – 20
150 - 350	120	60	10 – 20
> 350	120	60	10 - 20

Fonte: GONÇALVES, 2011.

Apesar de o potássio ser fundamental para o desenvolvimento do plantio, o excesso deste nutriente pode causar danos às plantas e à produtividade, uma vez que pode inibir a absorção de Ca e Mg, chegando a causar deficiência destes dois nutrientes (MARSCHNER, 1995).

3.5 Uso do KCl e fontes alternativas de potássio

As quatro fontes de potássio (K) no solo são: os minerais, a argila, os sítios de troca e a matéria orgânica (MARSCHNER, 1995; HOPKINS & HÜNER, 2009; DARUNSONTAYA et al., 2012). A maior quantia de K (90 a 98%) se encontra nos minerais do solo (feldspatos e micas). Muito pouco dessa fonte se torna trocável para a planta. O potássio também pode ser encontrado associado à argila (não trocável), nos sítios de troca de cátions (trocável – disponível para as plantas), na solução do solo, na matéria orgânica e na microbiota do solo (DARUNSONTAYA et al., 2012).

O Brasil tem solos tropicais profundos, altamente intemperizados e dominados por caulinita, por isso geralmente são deficientes em K. Esta deficiência pode se manifestar após alguns anos de cultivo intensivo (DARUNSONTAYA et al., 2012), pois quando em solução é facilmente lixiviada pelo perfil do solo, sendo necessário adicionar grandes quantidades deste nutriente como forma de compensação. Dentre as fontes de potássio, o KCl (cloreto de potássio) é a mais utilizada na agricultura brasileira, devido a sua alta concentração de K₂O (58 a 62%) (YAMADA; ROBERTS, 2005).

No Brasil, a principal reserva mineral de potássio encontra-se em Taquari Vassouras-SE, cuja capacidade de produção é de 625 mil toneladas de K₂O por ano, via extração de silvita (KCl) e carnalita [KMgCl₃.6(H₂O)]. A produção de potássio brasileira é pequena em relação à demanda. O Brasil produz anualmente cerca de 4,3 milhões de toneladas de K₂O (VALE, 2015), porém consome 30 milhões de toneladas, sendo necessário importar mais de 90% do que é consumido (Scot consultoria, 2011). Isto evidencia a necessidade de novas formas de exploração deste nutriente, reduzindo a importação e dependência externa, além de valorizar o mercado interno.

As rochas potássicas encontradas no Brasil (micas, feldspatos e feldspatóides e silicatos de k) são estudadas como alternativas ao uso do KCl (ERNANI et al, 2007). Os teores de potássio e o grau de liberação do nutriente para o solo são muito variáveis nessas rochas. Rochas alcalinas como a fonolito podem se enriquecer em potássio por metassomatismo, como é o caso do planalto de Poços de Caldas (MG), aonde se atingem teores de até 12-13% (LUZ; LINS, 2008). Os

silicatos de K apresentam alumínio, potássio e sódio em sua composição, como ocorre no caso do fonolito, rocha silicática de origem vulcânica que apresenta cerca de 9% de K₂O e caráter fortemente alcalino (Na₂O + K₂O > 3%), tendo composição mineralógica formada por microclina, ortoclásio, andesina e nefelina (MARTINS, 2013). A principal reserva de fonolito no Brasil localiza-se em Poços de Caldas – MG, encontrando-se como uma alternativa de fertilizante de liberação lenta de potássio (MARTINS, 2013) e apresentando potencial para aplicação na silvicultura como insumo alternativo ao KCl.

Outra alternativa para a substituição do KCl é o NaCl. Sabe-se que o Na pode substituir o K no ajuste osmótico e, possivelmente, em algumas reações enzimáticas (ANDRADE et al, 2014), uma vez que as principais fontes de K possuem Na em sua composição (ALMEIDA, 2009). Em regiões tropicais, o Na se meteoriza facilmente, sendo rapidamente lixiviado (FASSBENDER; BORNEMISZA, 1987). Apesar de o fator de resistência a salinidade ser considerado como uma barreira para esta substituição sabe-se que o eucalipto é considerado moderadamente tolerante ao estresse salino (SUN; DICKINSON, 1993), não afetando o desenvolvimento do indivíduo.

3.6 Crescimento e anatomia da madeira

A produção de madeira depende de algumas propriedades do xilema secundário, que são influenciadas por fatores genéticos e ambientais, como por exemplo, a disponibilidade de água e nutrientes (CAMARGO, 2013). A qualidade e desenvolvimento da madeira estão diretamente relacionados com a atividade cambial, uma vez que é responsável pelo crescimento em diâmetro da árvore. Sabe-se que árvores sujeitas ao déficit hídrico severo mostram valores menores de incremento e que os maiores valores do incremento ocorrem no verão (período chuvoso e temperatura favorável) (CASTRO, 2014).

Para a avaliação da sazonalidade do crescimento do tecido do câmbio, que também varia de acordo com outros fatores ambientais, podem ser utilizados métodos dinâmicos e estáticos (FAHN et al, 1986). O método de avaliação dinâmico é realizado com o auxílio de faixas dendrométricas, que acompanham o crescimento

da árvore. As medições contínuas feitas pelos dendrômetros possibilitam uma determinação indireta (pois determina o crescimento das células do câmbio indiretamente) do ritmo e da taxa de crescimento, da periodicidade da atividade cambial e da influência dos fatores climáticos (CHAGAS, 2002). O método estático é realizado utilizando-se amostras do tecido do câmbio, coletadas em períodos de atividade e inatividade (dormência) do câmbio (CASTRO, 2014).

3.6.1 Atividade cambial em espécies arbóreas

O tecido do câmbio é uma camada cilíndrica de células situada entre a casca e o lenho e se estende por todo tronco, raiz e suas ramificações. Neste tecido ocorre a divisão e diferenciação celular originando o floema (tecido condutor de seiva elaborada), o xilema (tecido condutor de seiva bruta) e os tecidos vasculares secundários.

Através da atividade do câmbio ocorre uma constante renovação das células do xilema e floema o que resulta em um aumento do diâmetro da árvore (crescimento radial). Sendo assim, este tecido é o principal responsável pela quantidade de madeira a ser produzida pela árvore (responsável pelo crescimento em espessura) e seu estudo é importante para a avaliação das respostas das árvores aos fatores de crescimento, o que se relaciona diretamente com a produtividade.

A formação do lenho das árvores através das divisões do tecido do câmbio é bastante influenciada pela sazonalidade climática e por características do solo (MARCATI et al, 2001), como a disponibilidade de nutrientes. Esta sazonalidade é decorrente das alterações na quantidade de chuvas, temperatura e período de exposição à luz, sendo diferente para cada espécie arbórea (FAHN et al, 1986).

A atividade cambial é bastante relacionada à luminosidade, pois os processos de divisão e de crescimento das células consomem grande quantidade de carboidratos, que são oriundos da fotossíntese (CASTRO, 2014). Este conjunto de células apresenta um período ativo e um período dormente durante o ano. O período ativo coincide com a estação chuvosa e o período dormente coincide com a estação seca. É possível identificar quando o tecido do câmbio está ativo devido à presença

de figuras mitóticas, que ocorrem apenas no período ativo do tecido (MARCATI et al, 2006).

A água é um dos principais fatores que afetam a atividade cambial. O estresse hídrico pode causar a interrupção do alongamento dos ramos jovens levando a uma diminuição no suprimento de ácido indol acético (AIA), um importante estimulador do câmbio, assim limitando a atividade cambial (CASTRO, 2014).

Durante a fase de atividade cambial, este tecido apresenta dois tipos de divisão celular, um correspondente a produção do xilema e do floema e outra relacionada à expansão da circunferência do câmbio vascular (KRAMER; KOZLOWSKI, 1979). Estudos apontam que a aplicação do potássio na plantação promove um aumento no potencial osmótico, acarretando na expansão celular e, consequentemente, no aumento da atividade cambial (SETTE JR. et al., 2013). Sendo assim, este nutriente é essencial para o desenvolvimento de plantios florestais.

3.6.2 Densidade de vasos do xilema

O xilema é responsável pelo transporte de água e sais minerais a partir da raiz da planta (seiva bruta), já o floema é responsável por transportar os nutrientes produzidos nas folhas (seiva elaborada) para toda a planta. Nas gimnospermas em geral, o xilema é formado por traqueídes, já em angiospermas, é formado por elementos de vaso (BERGAMO et al, 2011), como é o caso do eucalipto.

Quando o tecido do câmbio está ativo, forma um grande número de células imaturas do xilema. Naturalmente, o tecido do xilema se diferencia de forma centrifuga e gradual (MARCATI, 2011). As primeiras células a amadurecer são os elementos de vaso da madeira primária, o que é sem dúvida um reflexo da importância para a planta de criar o quanto antes uma estrutura para a condução de água (ZIMMERMANN, 1983).

As células do xilema, próximas ao câmbio, sempre se dividem mais que as células do floema, o que explica a variação de tamanho existente entre o tecido do floema e xilema (STRASBURGUER, 1994; PLOMION et al, 2001; CHAFFEY, 2002).

A maior parte da parede celular do xilema secundário é formada quase totalmente por celulose (42 – 50%) e hemicelulose (25 – 30% (HIGUCHI, 1997), sendo a lignina o terceiro componente mais abundante (5 – 8%) (CAMARGO, 2013).

A formação do xilema secundário utiliza quase 40% da fotossíntese produzida, além de ser bastante dependente da luz (KRAMER; KOZLOWSKI). Sendo assim, pode ser inferido que, quanto maior for a atividade do tecido do câmbio maior será a diferenciação celular e a densidade de vasos do xilema; consequentemente, maior será a produção de madeira. Sendo assim, é importante a aplicação de fertilizantes de base potássica, pois este nutriente aumenta a atividade cambial (SETTE JR. Et al, 2013), ou seja, aumenta a diferenciação celular que origina o xilema, desta forma possibilitando transportar maior quantia de água e sais minerais pela planta, acarretando em um maior desenvolvimento do indivíduo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Descrição da área de estudo

O experimento está localizado em uma das fazendas pertencentes à empresa International Paper do Brasil Ltda, no município de Luiz Antônio, interior de SP. Foi realizado um plantio clonal do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (clone IPB8) em 2013, com espaçamento de 3 x 2,5 m. A área de estudo foi instalada em junho de 2013.

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) de textura média, com baixa fertilidade natural e reduzido teor de potássio (tabela 4). O clima da região é mesotérmico úmido (Cwa), segundo a classificação de koppen, com temperatura média anual de 22°C e precipitação anual variando entre 1100 e 1700 mm, com chuvas concentradas no verão (outubro a março) (DEMATTÊ, 2000).

Tabela 4: Fertilidade do solo em diferentes profundidades antes da implantação do experimento.

Prof. (cm)	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Na	H + Al ^a mmol _c dm ⁻³	Al	CTC*	Si mg kg ⁻¹
0 - 20	4,3	16,0	8,5	0,4	8,3	3,3	0,15	41,3	4,5	53,35	2,7
20 - 40	4,3	14,5	6,5	0,2	4,5	2,5	0,12	34,3	5,3	41,57	3,0
40 - 60	4,2	11,8	6,0	0,2	3,5	2,0	0,10	31,0	6,3	36,82	3,1

MO-oxidação com dicromato; pH- CaCl₂; P, K, Ca, Mg - resina; Si- CaCl₂; Al-KCl; Na- Mehlich-I. C.T.C.* – Capacidade de troca catiônica.

O experimento foi delineado ao acaso, contendo 4 repetições e 4 tratamentos, sendo: 1- Controle, sem K; 2- fertilização com KCl ; 3- fertilização com fonolito; 4- tratamento com NaCl. Os fertilizantes foram aplicados em três parcelas, sendo uma delas no momento do plantio e outras duas aos 30 e 90 dias pós-plantio, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 - Tratamentos e doses utilizados no experimento.

Tratamento	Fertilização de plantio					1 ^a fertilização de cobertura			2 ^a fertilização de cobertura			
	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	FTE	CAL	N	K ₂ O	B	Na ₂ O	K ₂ O	B	Na ₂ O
Controle (sem K)	10	10	60	20	2000	50	1,7	-	-	3,3	-	-
KCl	10	10	60	20	2000	50	50	1,7	-	60	3,3	-
Fonolito	10	10	60	20	2000	50	50	1,7	43,75	60	3,3	52,5
NaCl	10	10	60	20	2000	50	-	1,7	50	-	3,3	60

4.2 Crescimento radial

Dentre os equipamentos disponíveis para o acompanhamento do crescimento do tronco das árvores destacam-se as faixas dendrométricas, pela precisão e execução da leitura, facilidade de montagem, instalação e manutenção em condições de campo, além do baixo custo (BOTOSSO; TOMAZELLO, 2002).

A metodologia utilizada para realização da separação do povoamento em classes diamétricas foi baseada na metodologia de Scolfro (2004). Os dendrômetros foram instalados em quatro árvores em cada parcela, com base nos dados coletados no inventário de 10 meses e de acordo com as classes diamétricas estabelecidas no povoamento de cada tratamento. Assim, as classes de diâmetro utilizadas para instalação dos dendrômetros foram escolhidas com base no desvio padrão. Utilizando agrupamento de dados de forma estatística, optou-se por 4 classes diamétricas: -2d, -1d, +1d e +2d.

Os indivíduos que se enquadram no agrupamento de dados foram selecionados entre as 16 árvores de cada parcela. Em momentos que mais de um indivíduo se enquadrou nas classes, estes foram escolhidos a campo, aonde foram selecionadas as melhores árvores (sem tortuosidades ou defeitos).

Os dendrômetros foram instalados a 1,3 m de altura, foram feitos de fitas de aço inoxidável de 12,7 x 0,15mm e precisão de leitura de 0,2mm. As fitas são mantidas sob tração por uma mola de aço inoxidável de 100 x 8 mm no tronco. Os dendrômetros foram instalados em setembro de 2014 e foram avaliados mensalmente até dezembro de 2016.



Figura 6 - Faixa dendrométrica instalada.

4.3 Atividade Cambial

Baseando-se na metodologia utilizada por Castro (2014) e Marcati (2006), para a avaliação da atividade cambial via método estático, foram coletados cilindros de madeira de 2 cm de comprimento, pela introdução de sonda Trehor a 1,30 m de altura em relação ao solo (Figura 7). Foram coletadas amostras ao final do período chuvoso (18/03/2015) e do período seco (25/06/2015), que apresentaram, respectivamente, precipitação total ao mês de 190 mm e 25 mm, de modo a avaliar o crescimento das árvores nessas duas épocas contrastantes.

Foram selecionadas as árvores médias em cada tratamento (utilizando-se agrupamento de dados de forma estatística: -1d e +1d). De cada árvore foram coletadas duas amostras (contendo casca, floema, câmbio e xilema com formato cilíndrico de 2,5 mm de diâmetro e 20 mm de comprimento) de dois lados opostos do tronco (Figura 8). As amostras foram incluídas em solução constituída de formol, álcool e ácido acético glacial (FAA 50%) (JOHANSEN, 1940), para conservação dos tecidos.



Figura 7 - Coleta de amostras do tecido do câmbio



Figura 8 - Coleta das amostras de dois lados opostos do tronco.

4.3.1 Desidratação das amostras de tecido do câmbio

As amostras cilíndrica contendo o tecido cambial foram colocadas em bomba de vácuo por 2 dias, sendo o vácuo ligado 3 vezes por dia, durante 15 minutos por vez, com o intuito de retirar o ar existente dentro dos tecidos. Após realizar esta primeira etapa, a solução armazenadora de FAA foi retirada e substituída por solução de álcool 50%. As amostras e a solução foram colocadas em tubo de ensaio e mantidas sob leve agitação. Este procedimento de desidratação em série alcoólica foi realizado também para as proporções 60%, 70%, 80% e duas vezes para 95%.

4.3.2 Infiltração com historesina

Após a desidratação, as amostras foram retiradas da solução de álcool 95% e colocadas em solução de historesina (Leica Historesin®) juntamente com álcool 95% (solução 1:1) pelo período de um dia. Então, foram colocadas em solução 2:1 (por um dia) e em solução pura (por 30 dias), para que a historesina preenchesse todos os tecidos e endurecesse-os, tornando possível o corte das amostras em micrótomo rotativo.

4.3.3 Emblocamento das amostras

As amostras foram colocadas em uma forma de silicone, de modo que as fibras ficassem orientada verticalmente em relação à forma, em uma solução de infiltração constituída de 50 mL de historesina pura (*Basic resin*) e 0,5 mL de ativador, juntamente com 1 mL de endurecedor (*Hardner*) (Figura 9). Em seguida, as bandejas foram armazenadas em freezer pelo período de três dias. Após esse período, as amostras foram retiradas do freezer e colocadas em geladeira por uma semana.



Figura 9 - Formas de silicone e amostras durante o processo de emblocamento.

Ao fim do processo de endurecimento, as amostras foram retiradas da forma, separadas e coladas em suporte de madeira, para que fosse possível o encaixe das amostras no micrótomo.

4.3.4 Corte do tecido do câmbio e produção de lâminas

Depois de emblocar o material em resina, os cortes transversais do tecido cambial foram realizados em micrótomo rotativo (Leyca Biosystems®). Foram efetuados cortes de 8 µm, distendidos em lâminas de vidro com água destilada, e colocados em estufa a 40 °C, durante um dia.

O material foi colorido com o corante “Azul de Toluidina” (Tabela 6) em tampão fosfato 4,7 (O'BRIEN et al 1964). Este corante age por metacromasia, corando de azul as paredes secundárias.

Tabela 6 - Composição do corante Azul de Toluidina.

$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$ ou 18,98g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	14,2g
Ácido cítrico	9,6g
Azul de Toluidina	0,5g
Água destilada	1000ml

Fonte: SAKAI, 1973.

Para realizar a coloração, as lâminas foram colocadas em cuba de coloração. O corante foi adicionado até cobrir todas as lâminas, por um período de 18 minutos. Os cortes histológicos eram então lavados com água destilada (para retirada do excesso do corante) e colocados novamente em estufa a 40°C. Após a secagem, as amostras foram montadas em lâmina com Entellan® e acetato de butila (CASTRO, 2014).

4.3.5 Análise das lâminas

As lâminas foram fotografadas e digitalizadas para serem analisadas com o auxílio do programa *ImageJ®*, que possibilita realizar as medições do tamanho e densidade dos vasos xilemáticos (Figura 10A e B) e espessura do tecido do câmbio (Figura 11A e B).

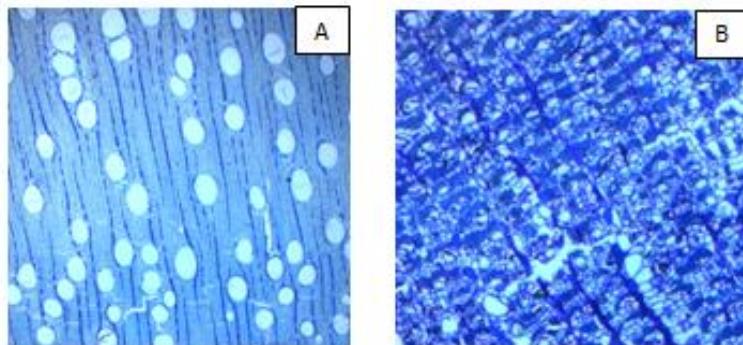


Figura 10 - Imagem dos vasos xilemáticos (A) e floemáticos (B).

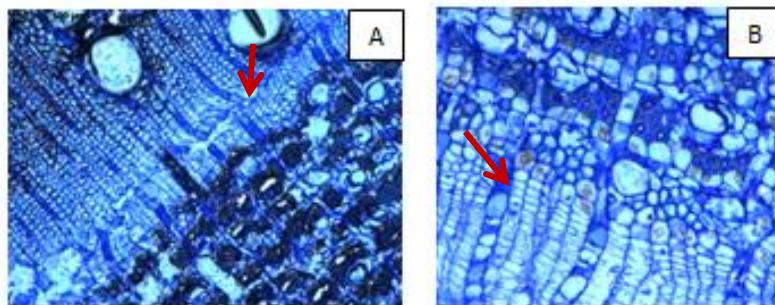


Figura 11 - Tecido cambial alocado entre os vasos xilemáticos e floemáticos.

Após feitas as medições foram calculadas médias por tratamento e feito análise estatística para verificar a correlação e a significância entre os resultados obtidos.

4.4 Dados de condições edafoclimáticas do local de estudo

4.4.1 Precipitação, umidade do ar, temperatura do ar e umidade relativa.

Os resultados obtidos pelo método dinâmico (faixas dendrométricas) e estático (atividade cambial) foram correlacionados com dados de precipitação, umidade do ar, temperatura do ar e umidade relativa, obtidos pelo banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Como não há uma estação meteorológica na área do experimento, foram coletados os dados das três estações do INMET mais próximas, sendo elas: São Simão, Catanduva e São Carlos (distantes a 23,12km, 141,56km e 42,65km respectivamente) (Figura 12) e estimada a precipitação na área por triangulação utilizando a equação da média móvel ponderada (equação 1 e 2):

$$P_j = (D_1 \times PE_1) + (D_2 \times PE_2) + (D_3 \times PE_3) + \dots + (D_n \times PE_n) \quad (1)$$

$$\text{Sendo } PE_1 + PE_2 + PE_3 + \dots + PE_n = 1 \quad (2)$$

Onde: P_j = previsão para o período j

PE_i = peso atribuído ao período i

D_i = demanda do período i

(PEINADO; GRAEML, 2007).

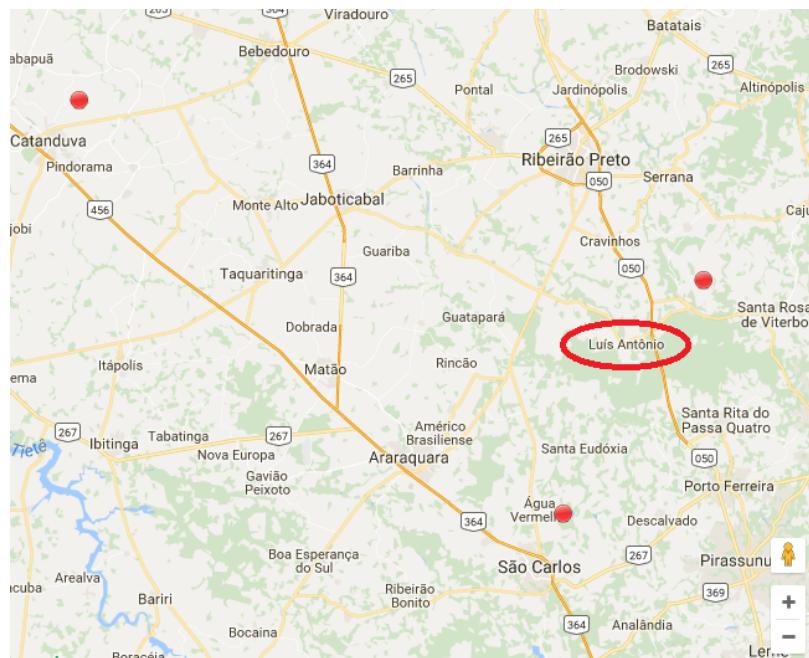


Figura 12 - Localização das estações de medição de precipitação.
Fonte: Dados da Rede do INMET.

4.4.2 Umidade do solo

A umidade do solo foi estimada através de uma sonda capacitiva FDR (Reflectometria do Domínio da Frequência) modelo DIVINER, que se baseia na constante dielétrica do solo para medir sua umidade. A sonda foi calibrada previamente para as condições do experimento ($\theta\% = 80,14 * F^{2,732}$), onde a quantidade de água (θ) no solo é função da frequência (F) medida.

Para inserir a sonda no solo foram instalados tubos de PVC de 2 metros de comprimento e 8 cm de diâmetro. Em cada parcela foi instalado um tubo na linha de plantio e dois tubos na entrelinha entre 1,5 e 1,95 m de distância das plantas. Os dados foram avaliados mensalmente desde agosto de 2014, quando foram instalados os tubos de PVC.

4.4.3 Déficit de pressão de vapor

O Déficit de pressão de vapor (DPV) contribui com a transpiração, sendo que, quanto maior o DPV maior a quantidade de água que sai da folha. Caso este valor aumente acima de uma taxa que a planta não pode suprir, a planta passará por estresse hídrico (MARRICHI, 2009). O déficit de pressão de vapor foi calculado de acordo com a equação 3.

$$DPV = es - ea \quad (3)$$

Onde: DPV = Déficit de pressão de vapor (kPa)

es = pressão de vapor de saturação

ea = Pressão real de vapor d'água

(BUCK, 1981).

A pressão de vapor de saturação foi calculada de acordo com a equação 4:

$$es = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times Tar}{237,3 + Tar}\right)} \quad (4)$$

Onde: Tar = temperatura do ar ($^{\circ}$ C)

A pressão real de vapor d'água foi calculada de acordo com a equação 5:

$$ea = \frac{UR \times es}{100} \quad (5)$$

Onde: UR = umidade relativa do ar

Os dados de Temperatura do ar e Umidade relativa do ar foram obtidos no site do INMET, referentes às três localidades conforme a figura 12 e foram calculados valores médios por triangulação, conforme procedimento descrito no item 4.4.1.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise das faixas dendrométricas

Os dados de circunferência do tronco à altura do peito (CAP) obtidos através das faixas dendrométricas foram coletados mensalmente desde 17 de setembro de 2014 até dezembro de 2016. Com bases nas avaliações, calculou-se o incremento corrente mensal da CAP por tratamento (Figura 13) e o incremento acumulado (figura 14).

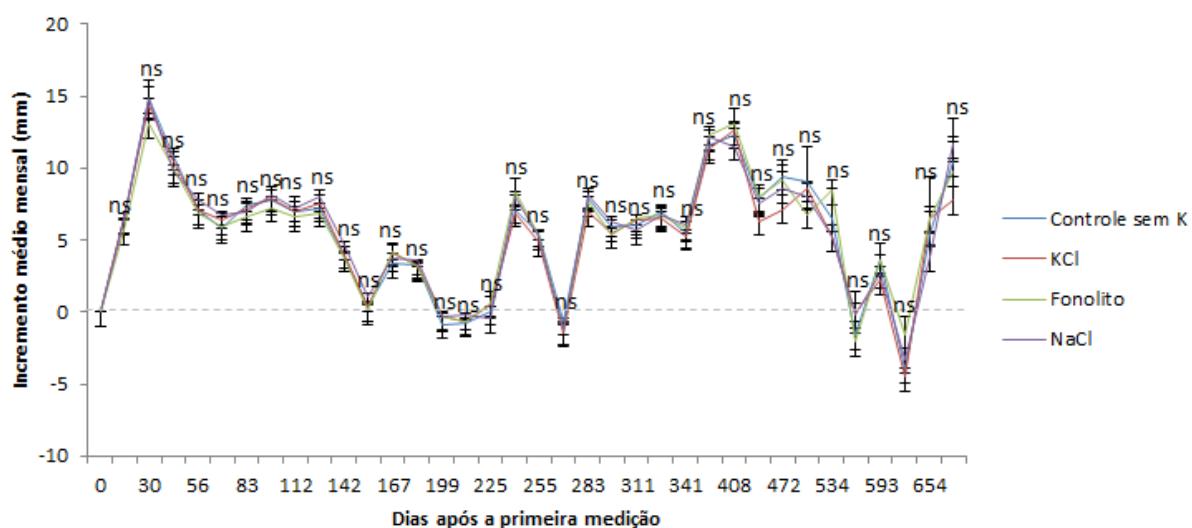


Figura 13 - Incremento corrente mensal por tratamento desde a data de instalação dos dendrômetros até dezembro de 2016. As diferenças entre os tratamentos não foram significativas de acordo com o teste de Tukey ($P>0,05$).

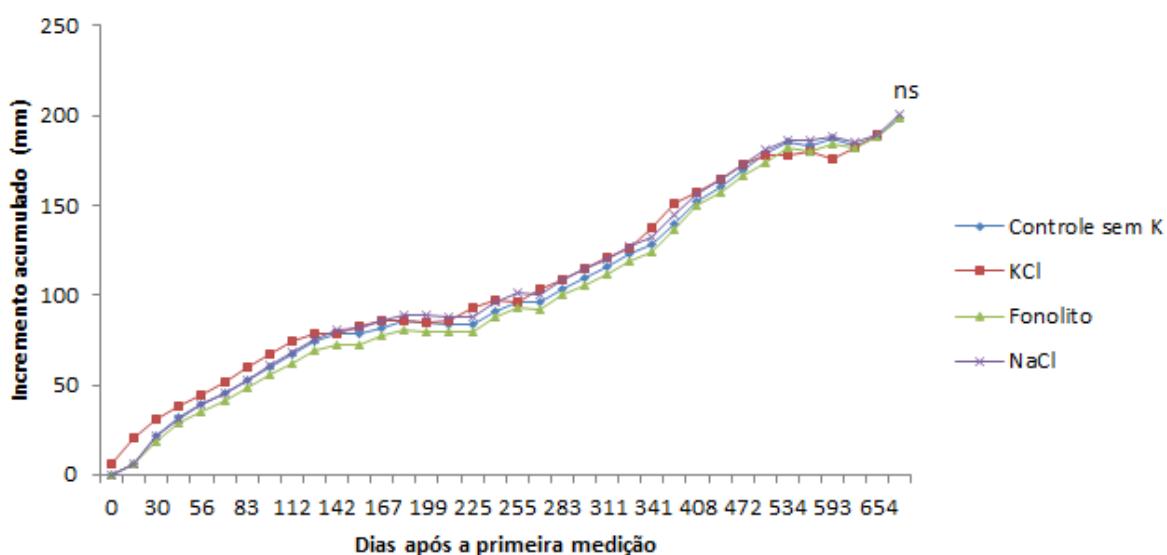


Figura 14 - Incremento acumulado mensal por tratamento desde a data de instalação dos dendrômetros até dezembro de 2016. As diferenças entre os tratamentos não foram significativas de acordo com o teste de Tukey ($P>0,05$).

Com os dados de umidade do solo obtidos com a sonda capacitiva FDR foi elaborada a figura 15, correlacionando os dados obtidos em cada tratamento com os valores de umidade obtidos na mata nativa e com os dados de umidade relativa do ar, obtidos no site do INMET.

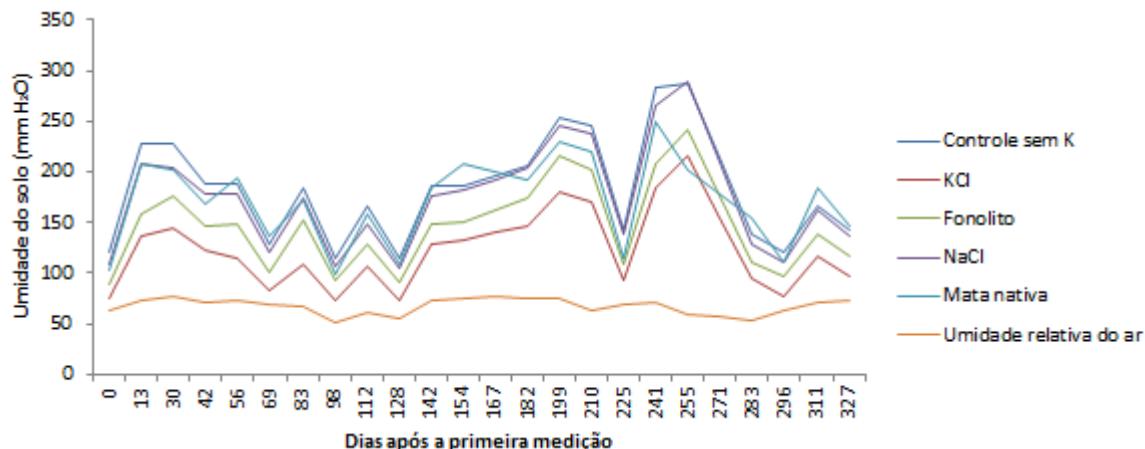


Figura 15: Umidade do solo medida com sonda capacitiva FDR em todos os tratamentos e na mata nativa próximo ao experimento, juntamente com umidade relativa do ar. Fonte: Dados da rede do INMET.

Ao comparar as diferentes fontes de potássio e o tratamento sem K, observou-se que todos os tratamentos, no geral, desenvolveram um incremento corrente similar em todos os períodos, devido à disponibilidade de água, temperatura, incidência de luz solar e entre outros aspectos que são grandes influenciadores, que foram os mesmos para todos os tratamentos. Em relação ao incremento acumulado, os resultados foram similares, entretanto nota-se maiores valores para o tratamento com KCl e os valores inferiores para o tratamento com Fonolito.

É notável que o tratamento testemunha (sem K) obteve crescimento similar aos tratamentos com fertilização potássica e, em alguns meses, até crescimento superior. Isso provavelmente ocorreu devido ao efeito residual de fertilizações potássicas anteriores à experimentação, bem como do resíduo florestal remanescente após a colheita da madeira do ciclo de cultivo anterior beneficiando inclusive o tratamento testemunha.

Notou-se também que em vários meses os indivíduos fertilizados com fonolito apresentaram crescimento semelhante aos indivíduos fertilizados com KCl e em alguns meses apresentando, inclusive, maior crescimento. Já os indivíduos

fertilizados com NaCl, apesar de apresentar valores de incremento semelhantes as outras fontes potássicas, foi o que apresentou menor incremento de maneira geral.

Em termos de umidade relativa do solo (figura 15) nota-se que o tratamento com KCl apresentou os menores valores, evidenciando que quando aplicado este insumo a planta necessita de maior quantia de água, pois seu incremento acumulado é maior (conforme figura 14). Os maiores valores obtidos com o Diviner® foram para os tratamentos com NaCl, controle sem potássio e na mata nativa, evidenciando que não houve excesso de salinidade do solo com o NaCl. A umidade relativa do ar teve quedas no período de inverno, tanto em 2015 quanto em 2016, confirmando o baixo índice da precipitação (figura 20).

A sazonalidade de crescimento foi destaque ao longo do período de estudo, conforme demonstrado nas figuras 16 e 18. Independentemente das fontes de potássio, notou-se que há um crescimento elevado no verão, devido a maior incidência de chuvas (mais água acarreta em maior quantidade de nutrientes sendo transportados no solo e na planta), ou seja, época em que o tecido do câmbio está mais ativo e sofrendo maior diferenciação celular. Já no período de inverno, vemos um crescimento menor em diâmetro, devido a temperaturas mais baixas e menor disponibilidade de água (figura 16). Aumentos repentinos no incremento do tronco se relacionam ao estádio fenológico das árvores (copa formada e folhas maduras) e às boas condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da planta, o que acarreta em maior produção de carboidratos e hormônios que induzem uma maior atividade do tecido do câmbio do tronco (SETTE JR, 2012).

O déficit de pressão de vapor (DPV) é um fator que afeta a fotossíntese e, consequentemente, o crescimento do indivíduo (GUEHL; AUSSENAC, 1987), pois quanto maior o DPV, maior é a perda de água sofrida pela planta e, quanto maior a perda de água sofrida pela planta menor é o transporte de nutrientes no interior da planta e, consequentemente menor é seu desenvolvimento. A umidade do ar afeta o DPV, que influencia a temperatura (MARRICHI, 2009). Podemos notar o efeito direto do déficit de pressão de vapor no desenvolvimento dos indivíduos, uma vez que nos meses que apresentam maior valor para DPV (coincidem com os meses mais secos) menor é o incremento corrente mensal (figuras 16 e 18).

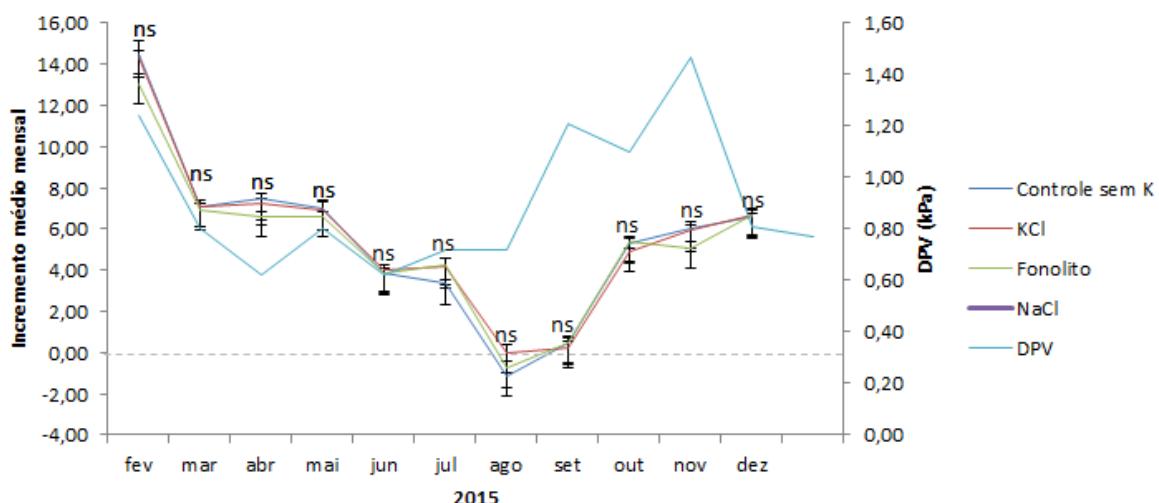


Figura 16 - Incremento corrente médio mensal ao longo do ano de 2015. As diferenças entre os tratamentos não foram significativas de acordo com o teste de Tukey ($P>0,05$).

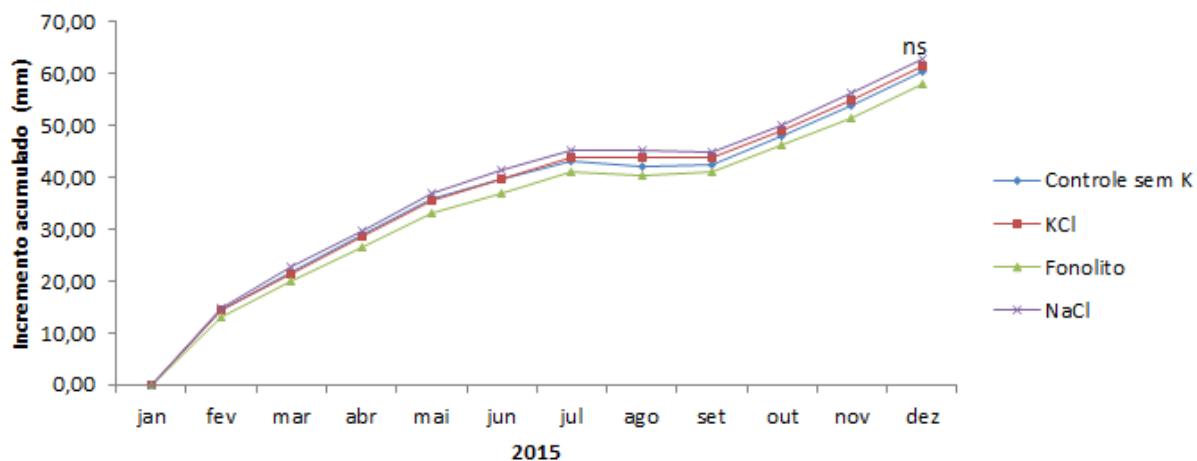


Figura 17: Incremento acumulado mensal ao longo do ano de 2015. As diferenças entre os tratamentos não foram significativas de acordo com o teste de Tukey ($P>0,05$).

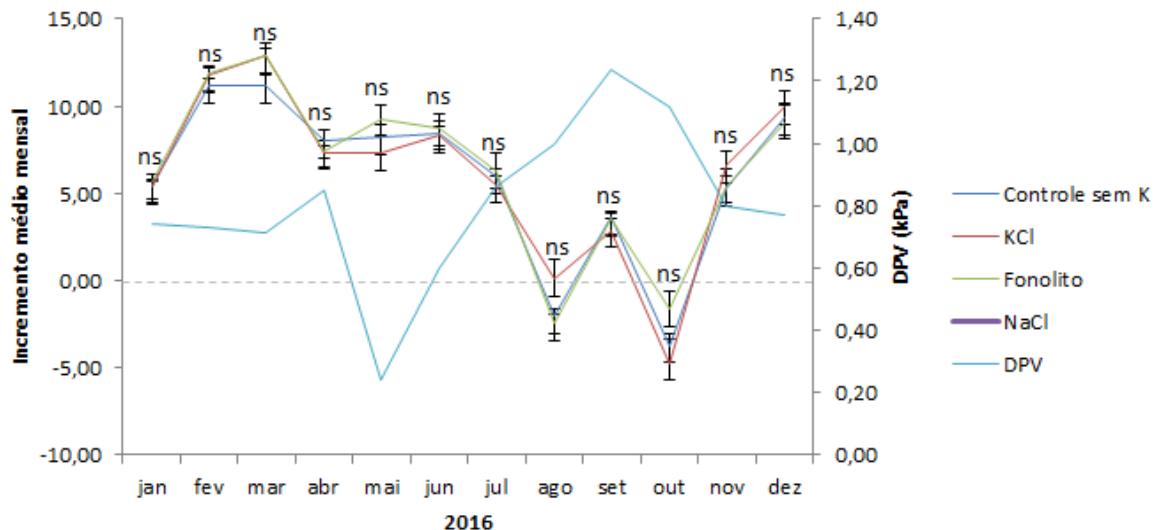


Figura 18: – Incremento corrente médio mensal ao longo do ano de 2016. As diferenças entre os tratamentos não foram significativas de acordo com o teste de Tukey ($P>0,05$).

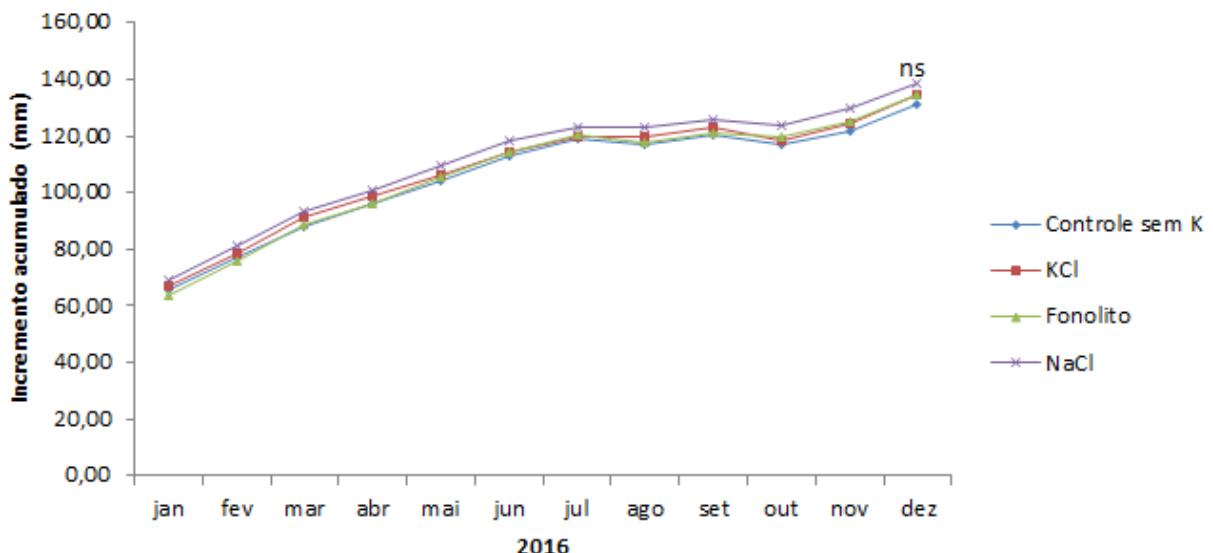


Figura 19: Incremento acumulado médio mensal ao longo do ano de 2016. As diferenças entre os tratamentos não foram significativas de acordo com o teste de Tukey ($P>0,05$).

Observou-se que o crescimento dos indivíduos em 2015 foi similar entre todos os tratamentos. No entanto, durante o período mais seco, (julho e agosto) o tratamento em que houve maior alteração no incremento médio anual foi o tratamento controle (sem K).

Em 2016, os tratamentos apresentaram crescimento mais variável. De maneira geral, o tratamento sem fertilização potássica apresentou menor crescimento, chegando a ser 13% inferior ao tratamento com fonolito. Os tratamentos com fonolito e KCl, em alguns períodos de menor intensidade de chuva, apresentaram incremento negativo, o que pode ocorrer devido a uma estagnação do crescimento pela baixa disponibilidade de água e, consequentemente, de nutriente e também devido à uma perda de água muito intensa sofrida pela casca das árvores, ocasionando contração da circunferência da árvore.

Apesar disso, o incremento do tratamento fertilizado com fonolito apresentou menor queda de crescimento comparado ao tratamento com KCl, como exemplo, no mês de maio. Neste período, o Fonolito proporcionou incrementos da CAP até 20% maiores em relação ao tratamento com KCl. O tratamento com NaCl não apresentou valores negativos no incremento; entretanto, em agosto, apresentou crescimento 24% superior ao tratamento com fonolito e, em outubro, 38% superior ao tratamento com KCl. Estes resultados indicam que o sódio pode efetivamente substituir o potássio em algumas ocasiões.

A maior variação do crescimento dos indivíduos em 2016 pode estar relacionada à falta de homogeneidade na distribuição das chuvas, conforme figura 16.

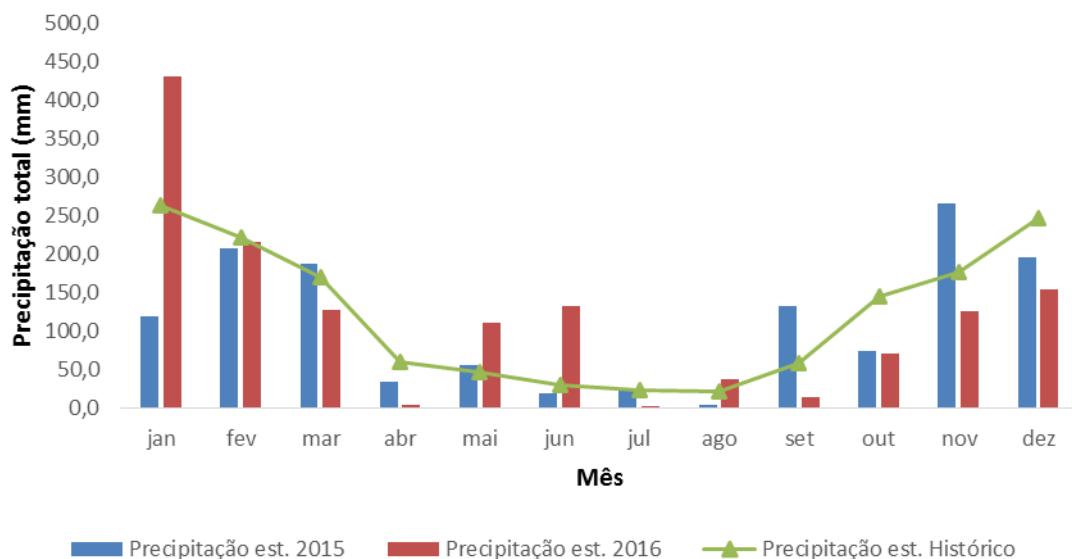


Figura 20 - Precipitação total (mm) dos anos de 2015, 2016 e média histórica (ALVARES et al, 2013).
Fonte: Dados da Rede do INMET.

Assim, comparando os dados das faixas dendrométricas com os dados de precipitação obtidos no site do INMET (Figura 20), notou-se que os períodos de maior crescimento coincidem com os períodos de maior precipitação.

5.2 Análise das amostras do tecido do câmbio

Após a digitalização das lâminas, as imagens obtidas foram processadas no programa *ImageJ®*, que permitiu medir o comprimento do tecido do câmbio, assim possibilitando saber em qual período este tecido sofreu maior diferenciação celular, ou seja, em qual período houve maior crescimento dos indivíduos em diâmetro. Foram mensuradas cinco fileiras de tecido do câmbio por amostra e então feito uma média de crescimento (Figura 21).

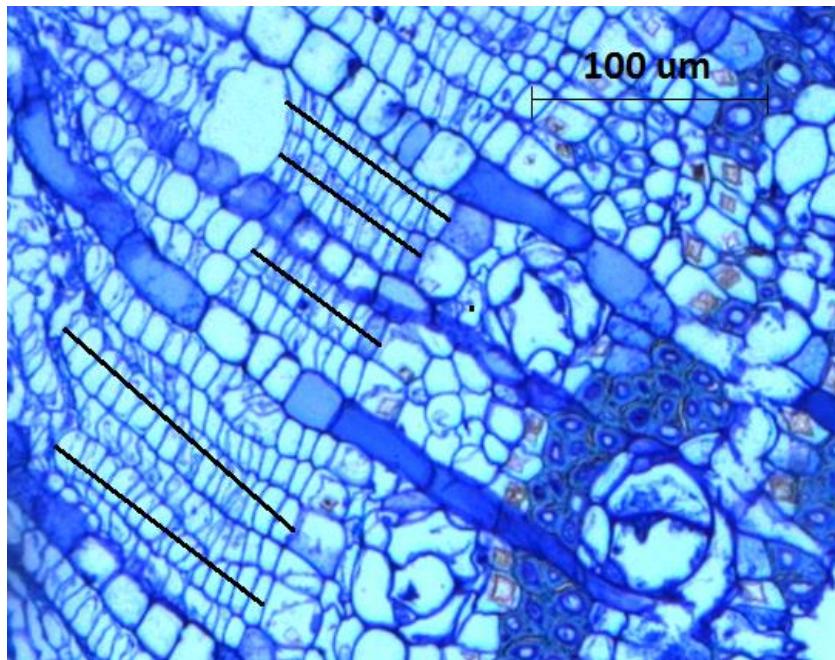


Figura 21 - Exemplo de como foi medido o comprimento do tecido do câmbio.

Um câmbio mais ativo, teoricamente, apresenta maior comprimento (MARCATI et al, 2006). Assim, a partir dos valores obtidos nas medições, foi possível comparar o tamanho deste tecido por tratamento, de acordo com as estações de verão e inverno (Figura 22).

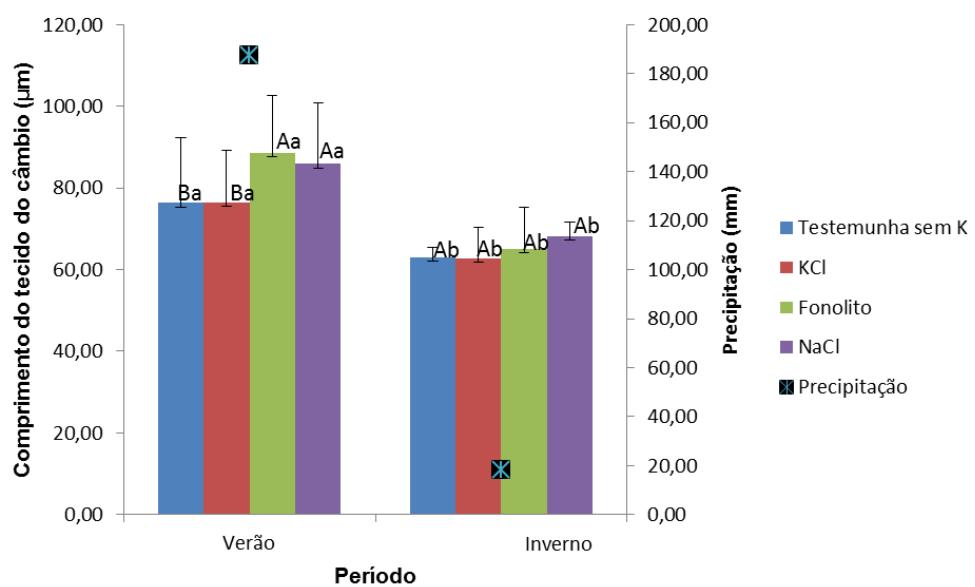


Figura 22 - Comprimento do tecido do câmbio em (μm) para cada tratamento no verão e no inverno. Para cada estação do ano (verão e inverno), médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). Para cada tratamento (omissão ou fertilização com K e Na), médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). Dados de precipitação do mês de coleta das amostras.

Com base na figura 22, notou-se que o tecido do câmbio apresentou maior comprimento no verão (18/03/2015), em comparação ao inverno. Notou-se também que o tecido do câmbio apresentou maior comprimento após a aplicação do fonolito, entretanto, no período seco (25/06/2015), a espessura do tecido cambial foi similar entre todos os tratamentos, uma vez que o fator limitante provavelmente foi a disponibilidade de água, ao invés da oferta de potássio para absorção das plantas. A formação do tecido do câmbio é fortemente influenciada pela sazonalidade climática (variações na quantidade de chuvas, temperatura e exposição à luz solar) (MARCATI et al, 2011). Sabe-se também que o tecido do câmbio apresenta um período ativo e um período dormente durante o ano, sendo que o período ativo coincide com a estação chuvosa.

5.3 Análise das amostras do xilema

Com o uso do *ImageJ®* também foi possível calcular a densidade de vasos do xilema. Para isto foi selecionada uma área da imagem de tamanho conhecido e então contados os números de vasos presentes, conforme figura 19.

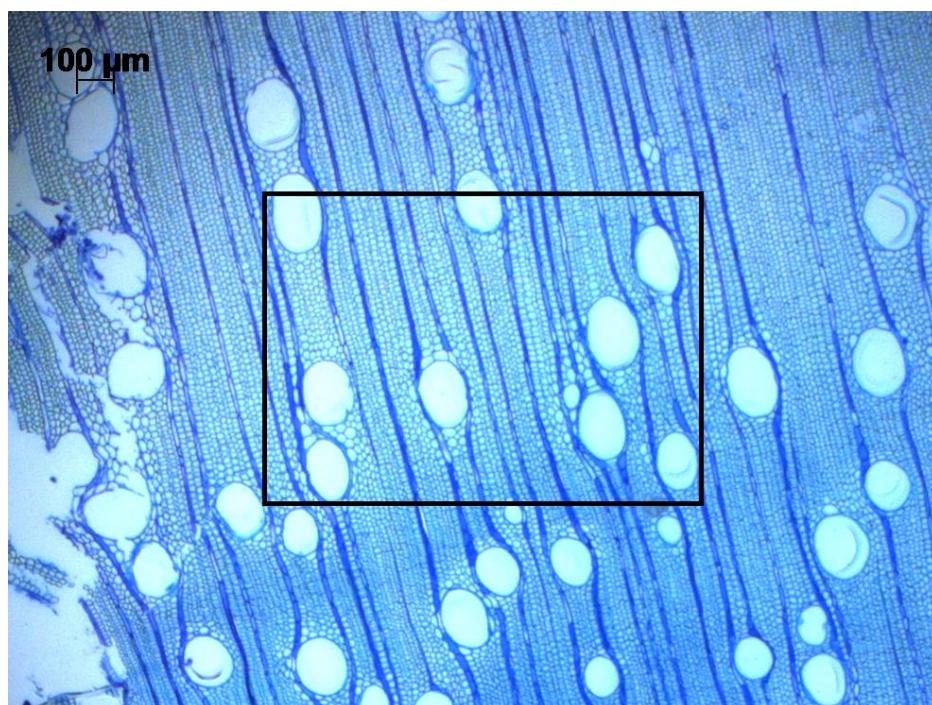


Figura 23 - Exemplo de como foram medidas as densidades de vasos

Notou-se que a fertilização com fonolito promoveu a maior densidade de vasos no período chuvoso (verão), chegando a apresentar valor 30% superior ao amostrado no inverno. Já o KCl apresentou o maior valor de densidade de vasos no período mais seco (inverno), porém não apresentando valor muito diferente para o verão. Uma densidade de vasos maior significa que a planta está transportando maior quantia de nutrientes e água pelo seu interior, o que acarreta em um maior desenvolvimento do indivíduo.

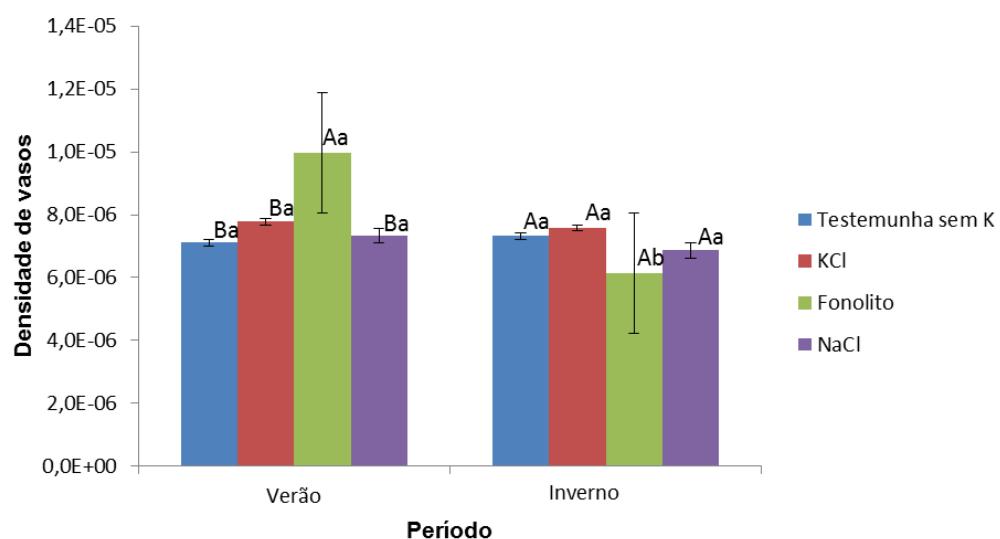


Figura 24 - Densidade de vasos do xilema em cada tratamento no verão e inverno de 2015. Para cada estação do ano (verão e inverno), médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). Para cada tratamento (omissão ou fertilização com K e Na), médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Além da densidade de vasos, foi avaliado também o diâmetro dos vasos xilemáticos. Foram medidos dois lados opostos, conforme figura 25, de cinco vasos por amostra e então calculados uma média (figura 26).

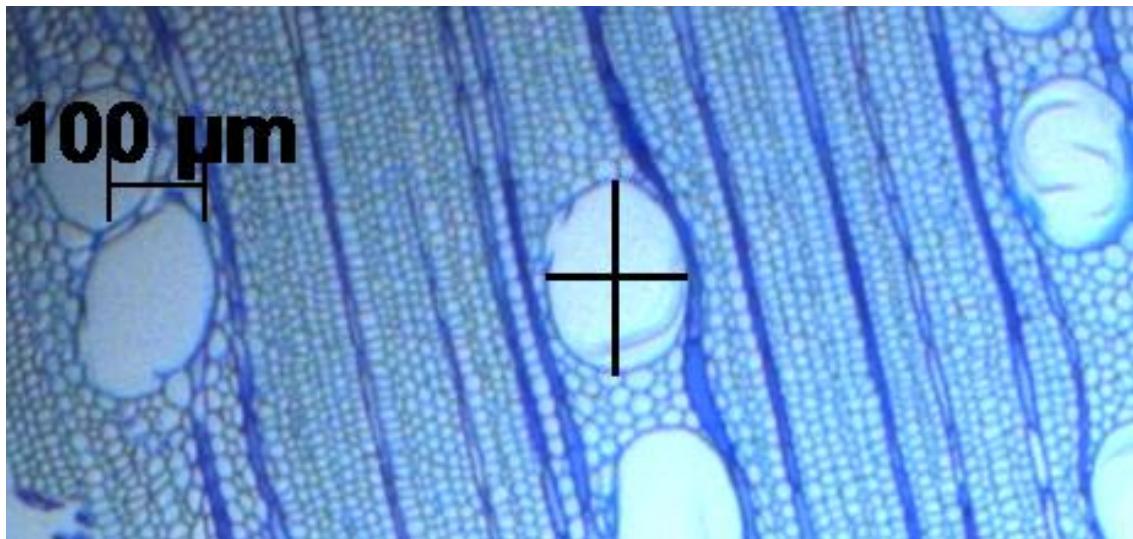


Figura 25 - Exemplo de como foram medidos os diâmetros de vasos.

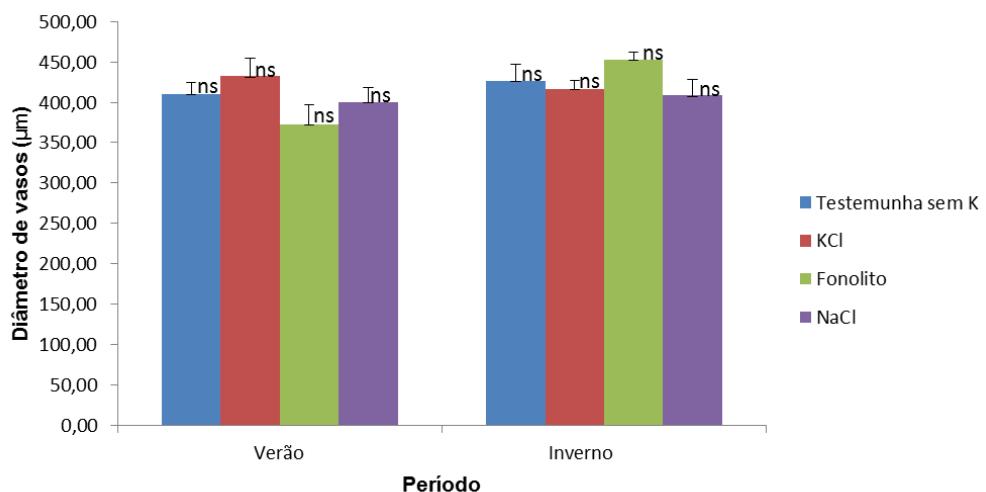


Figura 26 - Diâmetro de vasos (μm) para cada tratamento no verão e no inverno. As diferenças entre os tratamentos não foram significativas de acordo com o teste de Tukey ($P>0,05$).

Analizando o diâmetro dos vasos do xilema, não foi possível notar diferenças entre os tratamentos avaliados. Entretanto, em geral, notou-se maior diâmetro de vasos para a fertilização com fonolito no período seco e o inverso no período chuvoso.

6. CONCLUSÕES

A partir do estudo realizado é possível inferir que a fertilização de plantações de Eucaliptos urograndis com fonolito ou NaCl favorece o aumento do diâmetro das árvores do reflorestamento na mesma escala que a fertilização com KCl. De maneira geral, a resposta das árvores à fertilização com potássio e sódio foram maiores nos períodos chuvosos (verão) (período de maior atividade do tecido do câmbio) quando comparadas aos períodos de maior escassez de água e temperaturas mais amenas.

A diminuição na precipitação apresentou-se como um fator limitante para o desenvolvimento do tecido do câmbio e sua diferenciação celular, ou seja, é um limitante para o crescimento dos plantios de eucalipto, sendo bastante contrastante o crescimento dos indivíduos no inverno e no verão, independentemente do fertilizante utilizado. O potássio não se apresentou como nutriente limitante da diferenciação do tecido do câmbio, uma vez que todos os tratamentos, inclusive o tratamento controle sem K, apresentaram diferenças não significativas para esta análise.

Desta forma conclui-se que o KCl, o NaCl e o fonolito obtiveram boas respostas em plantação de eucalipto. Entretanto vale ressaltar os custos adicionais no produto final, oriundo dos valores flutuantes do dólar, que afetam diretamente o mercado de fertilizantes que tem como principal fonte de potássio o KCl. É viável pensar na substituição do KCl por fertilizantes a base de fonolito ou NaCl, que podem ser produzidos internamente e fornecem produtividade florestal semelhante.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Koppen's climate classification map for Brazil.** Gebrüder Borntraeger, Stuttgart 2013.
- ANDA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Acessado em 20/04/2017
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; ALVAREZ, V. H.; MARTINS, C.; E. SOUZA, D. P. H. **Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier e doses crescentes de nitrogênio e potássio.** Revista brasileira de zootecnia, edição 29. 2000.
- ANDRADE, C. A. O.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, A. C.; SANTOS, A. C. M.; SILVA, R. R. **Substituição parcial do potássio por sódio na adubação do capim Mombaça em ciclos de pastejo.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. V. 9, n. 5, p. 95-101. Pombal – PB/ Brasil. Dezembro de 2014.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil.** In: ATTIWILL, P.M. & ADAMS, M.A., eds. Nutrition of eucalypts. Collingwood, CSIRO Publishing, 1996. p.335-355.
- BERGAMO, P. J.; BRITTO, P.; CABRAL, J.; KENJI, R.; MARTINS, C. **Relações hídricas de duas espécies de angiospermas com arquiteturas hidráulicas contrastantes.** UNICAMP, 2011.
- BERGER, R. **Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de Eucalyptus saligna Smith.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.
- BOTOSSO. P.C.; TOMAZELLO FILHO, M. **Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais.** In: Indicadores Ambientais, p. 145-171, 2002.
- BRADESCO – Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos. Abril de 2017.

BRAGA, G. N. M. AS FUNÇÕES DO POTÁSSIO PARA AS PLANTAS. Terça feira, 27 de abril de 2010. Disponível em: <http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2010/04/as-funcoes-do-potassio-para-as-plantas.html>.

BRAGA, J. L. P. **Estabilidade fenotípica de clone de *Eucalyptus urograndis*, na fazenda Bom Jardim – Aparecida, SP.** 2008. 27p. Monografia (Engenheiro Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) – Campus Seropédica, Rio de Janeiro. 2008.

BUCK, A. L. **New equations for computing vapor pressure and enhancement factor.** Journal of Applied Meteorology, Washington, v. 20, p. 1527 – 1532, 1981.

CAMARGO, E. L. O. **Influência do nitrogênio na formação e qualidade da madeira de eucalipto.** Tese de doutorado. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2013.

CARVALHO, R. M. A.; SOARES, T. S. VALVERDE, S. B. **Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia.** Ciência Florestal, Santa Maria. V. 15, n. 1, p 105-118. 2005.

CASTRO, V. R. de. **Efeito do potássio, sódio e da disponibilidade hídrica no crescimento e qualidade do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis W. Hill exmaiden*.** Tese de doutorado em Recursos Florestais. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo. 2014. Piracicaba - SP.

CHAFFEY, N.; CHOLEWAS, E.; REGAN, S.; SUNDBERG, B. **Secondary xylem development in *Arabidopsis*: a model for Wood formation Physiologia plantarum**, Lund, v.114, n.4, p594-600. 2002.

CHAGAS, R. K. **Relações entre crescimento diamétrico e idade em populações de espécies arbóreas tropicais.** Universidade de São Paulo – Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências. Monografia, UNICAMP. Campinas – SP. 2002.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. Guia do Eucalipto – oportunidades para um desenvolvimento sustentável. 2008. Disponível em <http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/10/Guia_do_Eucalipto_junho_2008.pdf>

DARUNSONTAYA, T.; SUDDHIPRAKARN, A.; KHEORUENROMNE, I.; PRAKONGKEP, N.; GILKES, R. J. **The forms and availability to plants of soil potassium as related to mineralogy for upland Oxisols and Ultisols from Thailand.** Geoderma, Amsterdam, v. 170, p. 11-24, 2012.

DEMATTÊ, J. A. M. **Levantamento semi-detalhado dos solos da Champion Papel e celulose.** Mogi Guaçu, Champion Papel e Celulose, 85 p. 2000.

EMBRAPA – Cultivo do Eucalipto. Sistemas de produção, 4 ISSN 1678-8281. Maio de 2014. Disponível em <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistem asdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=vie w&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaold=7811&p_r_p_-996514994_topicold=8510>

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI. R.B.; NEVES, J.C.L. eds. **Fertilidade do solo.** Viçosa-MG, SBCS, 2007. p.551-594.

FAHN, A.; WERKER, E.; BAAS, P. **Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions.** Jerusalém: The Israel Academy of Sciences and Humanities, 1986.

FASSBENDER, H. W.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos.** Ed. 2. São José: IICA, 1987. 420 p.

FERITAG, A. S. **Crescimento de brotações de um clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em função da disponibilidade de nutrientes no solo e da aplicação de fitorreguladores na cepa.** Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba – SP. 2013.

FILHO, E. P.; SANTOS, P. E. T. **Escolha dos cultivares de eucalipto em função do ambiente e do uso.** Comunicado técnico 316. Colombo, PR. Outubro de 2013.

FMB CONSULTANTS LTD. Acessado em 25/6/2016.

GOEDERT, W. J. **Consumo e produção de fertilizantes no Brasil.** EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Departamento de Informação e documentação. Brasília, DF. 1981.

GONÇALVES, J. L. M. **Fertilização de plantação de eucalipto.** Anais do Encontro Brasileiro de Silvicultura / edição de José Leonardo de Moraes Gonçalves, Ana Paula Pulito, José Carlos Arthur Júnior e Luciana Duque Silva. Piracicaba: PTSM/IPEF/FUPEF, 2011. 342 p.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; LACLAU, J.P.; BOUILLET, J.P.; RANGER, J. **Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast growing eucalypt plantations: the Brazilian experience.** Southern Forests, 70: 105-118, 2008.

GUEHL, J.; AUSSENAC, G. **Photosynthesis decrease and stomatal control of gas Exchange in *Abies alba* Mill. in response to vapour pressure difference.** Plant Physiology, Rockville, v.83, p.316-322, 1987.

HIGUCHI, T. **Biochemistry and molecular biology of wood.** Springer Verlag. Londres. 1997.

HOPKINS, W.G.; HÜNER, N. P. A. **Introduction to plant physiology.** 4. ed. New York:Wiley, 2009. 503 p.

IBÁ – Indústria Brasileira de árvores. Relatório anual 2016.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Dados históricos. Acessado em 10/05/2017. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique,** 1940.

KIPNARA, D. I. **A importância estratégica do potássio para o Brasil. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento.** Documentos 100. Dezembro de 2003. Planaltina, DF.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **The physiology of trees.** New York, McGraw Hill, 1960. Orlando: Academic Press, 1979.

LUZ, A. B., LINS, F. A. F.. **Rochas e minerais especiais – usos e especificações.** 2^a edição. Centro de tecnologia mineral – Ministério da Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro – RJ. 2008

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações.** 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY, V.; EVERET, R. F. **Seasonal variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae).** IAWA Journal, Vol. 27, p. 199-211. 2006.

MARCATI, C. R.; ANGYOLOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. **Anatomia comparada do lenho de *Copaífera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae) de floresta e cerradão.** Revista brasileira de botânica, São Paulo, v. 24, p. 311-320. 2011.

MARRICHI, A. H. C. **Caracterização da capacidade fotossintética e da condutância estomática em sete clones comerciais de *Eucalyptus* e seus padrões de resposta ao déficit de pressão de vapor.** Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants.** San Diego: Academic Press, 1995. 888p.

MARTINS, E.S.; OLIVEIRA, C.G.; RESENDE, A.V.; MATOS, M.S.F. **Agrominerais - Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura.** In: da Luz, A.B.; Lins, F.F., eds. *Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações.* 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 205-223.

MARTINS, V. **Solubilização de fontes de potássio e seu efeito em atributos do solo e no crescimento e nutrição do capim-marandu.** Tese de doutorado em Ciência do Solo. Universidade Federal de Lavras. 2013, Lavras-MG.

O'BRIEN, T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M. E. **Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O.** Protoplasma, v.59, n.2, p.368-373, 1964.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção (Operações industriais e de serviços)**. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Biblioteca do UnicenP – Curitiba. 2007.

PLOMION, D.; LEPROVOSTO, C.; STOKES, A. **Wood formation in trees**. Plant Physiology, Lancaster, V. 127. P.1513-1523. 2001.

RAIJ, B. van. ANDRADE, J. C. CANTARELLA, H. QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2000.

Relatório IBÁ 2016 – Indústria Brasileira de Árvores.

REVISTA DA MADEIRA – Setor Florestal. Edição nº 112. Abril de 2008. Disponível em <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1233>

ROCHA FILHO, J.V.C.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. **Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em Eucalyptus urophylla**. Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, v.35, p.19-34, 1978.

Sakai WS 1973. **Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue**. O. *Stain Technol* 43: 247-249.

SCOLFRO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria Florestal: medição, volumetria e gravimetria**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 285 p: il. – Curso de Pós-Graduação “Latu Sensu” a Distância: Manejo de Florestas Nativas.

Scot Consultoria. Acessado em fevereiro de 2016. Disponível em <<https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/22000/skype:scotconsultoria>>. 2011.

Serviço Florestal Brasileiro – Florestas do Brasil, em resumo. Ministério do Meio Ambiente. 2010.

SETTE JR., C. R.; LACLAU, J. P.; TOMAZELLO FILHO, M.; MOREIRA, R. M.; BOUILLET, J-P.; RANGER, J; ALMEIDA, J. C. R. **Source-driven remobilizations of nutrients within stem wood in Eucalyptus grandis plantations**. Trees - Structure and Function, v.27, n.4, p.827- 839, 2013.

SETTE JR., C.R.; TOMAZELLO FILHO, M.; LOUSADA, J.L.; LACLAU, J-P. **Sazonalidade do incremento em diâmetro do tronco de árvores de *Eucalyptus grandis* pelo uso de dendrômetros.** Ciência Florestal, 22:763-775, 2012.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N.; MOREIRA, A. **Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: Diagnose visual, foliar e suas interpretações** (compact disc). In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, Piracicaba, 1999. Simpósio Sobre Fertilização e Nutrição Florestal 99: trabalhos. Piracicaba: IPEF/ESALQ/ USP, 1999.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*.** Encarte técnico. Informações agronômicas. Nº 91.. Piracicaba – SP. Setembro de 2000.

SNIF – Sistema Nacional de Informações Florestais. Boletim SNIF 2016, 2^a edição, volume 2. Serviço Florestal Brasileiro.

SOUSA, E. P.; SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R. **Desempenho do setor florestal para a economia brasileira: uma abordagem da matriz insumo-produto.** Revista Árvore. Vol 34, nº 6. Viçosa, Nov/Dez, 2010.

STRASBURGUER, E. **Tratado de botánica.** 8^a edição. Barcelona: Espanõla ediciones Omega. 1994.

SUN, D.; DICKINSON, G. **Responses to salt stress of 16 *Eucalyptus* species, *Grevillea robusta*, *Lophostemon confertus* and *pinus caribaea* var. *hondurensis*.** Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 60, p. 1-14, 1993.

TAVARES, M. F. F.; HARBELI, C. **O mercado de fertilizantes no Brasil e as influências mundiais.** Núcleo de Estudos do Agronegócio. ESPM – RS. Outubro, 2011.

Vale do Rio Doce, acessado em fevereiro de 2016, disponível em <<http://www.vale.com/brasil>>

VALLE, M. L. A. **Propriedades da madeira de eucalipto de primeira e segunda rotação, visando à utilização como madeira preservada.** 2009. 96p. Dissertação

(Mestrado em Ciências fisiológicas Florestais). – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, V. FILHO, P. J. F.; POGETTO, M. H. F. A. D. **Guia prático de Manejo de plantações de Eucalipto.** Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu – SP. 2008.

YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira.** Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 2005.

ZIMMERMANN, M.H. 1983. **Xylem structure and ascent of sap.** Springer Verlag, New York.