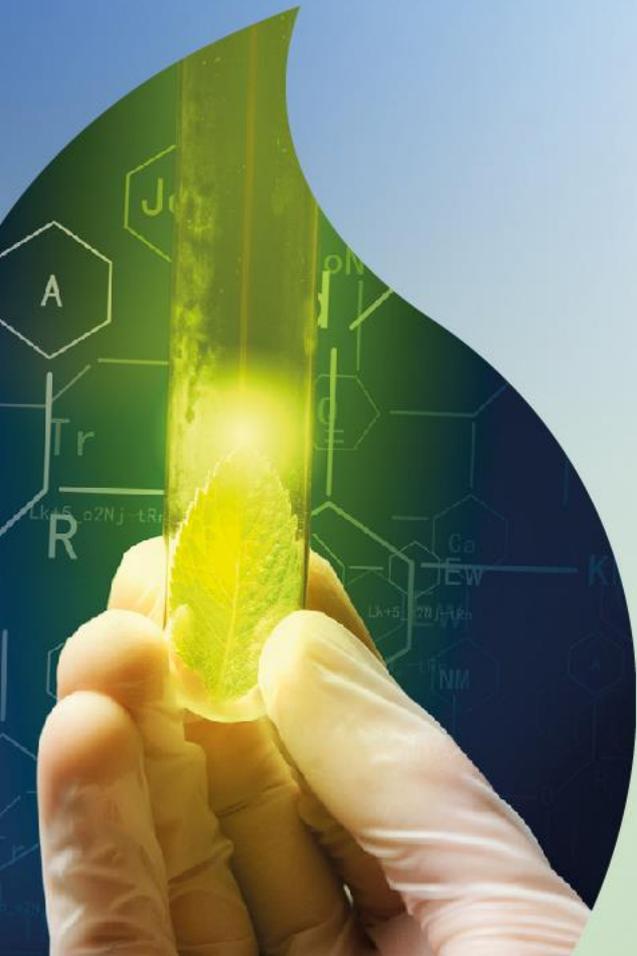




NUTRIEXPERTS

COMPARTILHANDO CONHECIMENTO E TECNOLOGIA





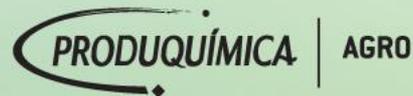
NUTRIEXPERTS

COMPARTILHANDO CONHECIMENTO E TECNOLOGIA

MANEJO NUTRICIONAL PARA FLORESTAS DE ALTA PRODUTIVIDADE

Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira

RR AGROFLORESTAL



1. Histórico das respostas à adubação em plantios de eucalipto

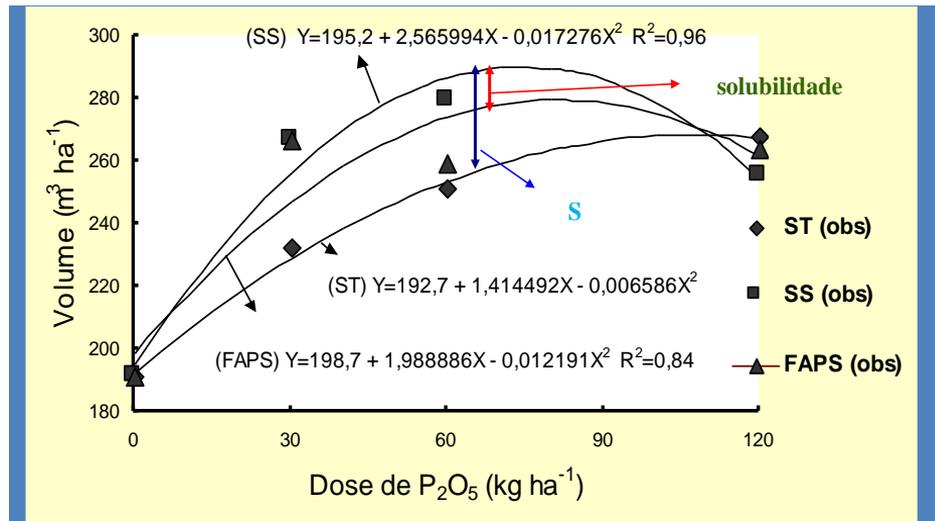
2. Filosofia RR para recomendação de adubação

3. Estratégia RR para recomendação de adubação visando altas produtividades

1. HISTÓRICO DAS RESPOSTAS À ADUBAÇÃO EM PLANTIOS DE EUCALIPTO

Nutrientes	Ambiente/textura do solo	Ganhos (%)	Fonte
P	Cerrado/argila	124	Barros & Comeford (2002)
P	Cerrado/média	97	Barros & Comeford (2002)
N	Cerrado/argila	10	Barros & Comeford (2002)
N	Cerrado/argila/Itamarandiba/MG	11	RR Agroflorestal
N	Mata Atlântica/argila	21	Barros & Comeford (2002)
K	Cerrado/argila	92	Barros & Comeford (2002)
K	Mata Atlântica/argila	35	Barros & Comeford (2002)
S	Cerrado/argila	10	Barros & Comeford (2002)
S	Cerrado Argila	80	Barros & Comeford (2002)
B	Cerrado/areia	30	Barros & Comeford (2002)
B	Cerrado/argila/Bocaiúva/MG	63	RR Agroflorestal
Mg	Cerrado/argila/Itamarandiba/MG	20	RR Agroflorestal
Gesso	Cerrado/argila/Bocaiúva/MG	47	RR Agroflorestal
Calcário	Cerrado/argila	50	Barros & Comeford (2002)
Calcário	Cerrado/argila/Itamarandiba/MG	35	RR Agroflorestal

- Primeiros resultados foram resposta à aplicação de fósforo no sulco de plantio
- Uso de 06-30-06 ou formulas similares (década de 80/90)
- Uso de fosfato natural reativo comum até 10 anos atrás



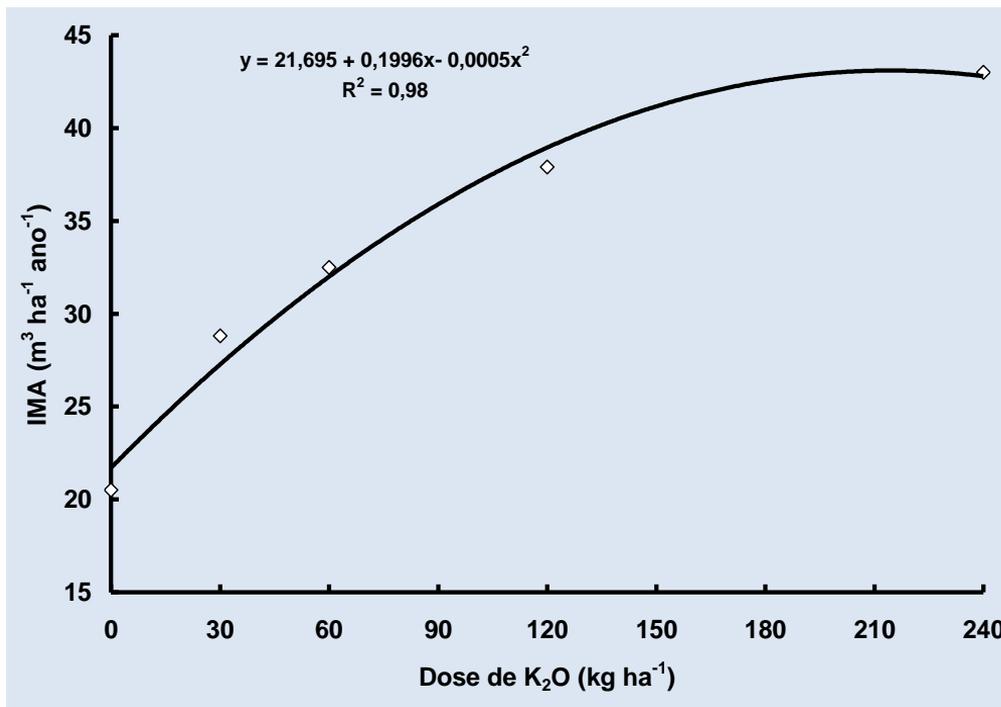
Efeito de doses e fontes de fósforo sobre a produtividade de *Eucalyptus grandis* aos 7 anos de idade, em latossolo vermelho não férreo, na região de Ribeirão Preto/SP

- Grande resposta à aplicação de K – década de 90 e 2000
- Solos extremamente deficientes – limitando o IMA em valores próximos de 20 m³/ha/ano



Sintomas visuais de deficiência de K em eucalipto e plantas nativas do cerrado na região de Barreiras/BA

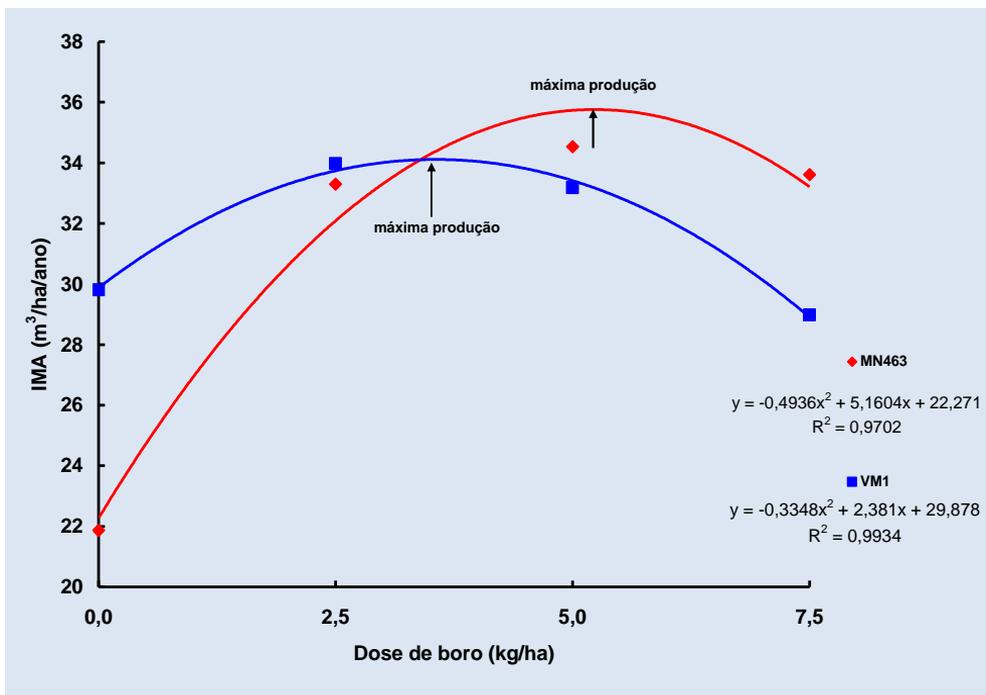
Independente da planta – o limitante é o K



Produtividade aos 6,5 anos de idade na região de Itamarandiba/MG em função das doses de potássio na condição de 1ª rotação em solos com baixo teor de K trocável

Fonte: Faria et. al (2002)

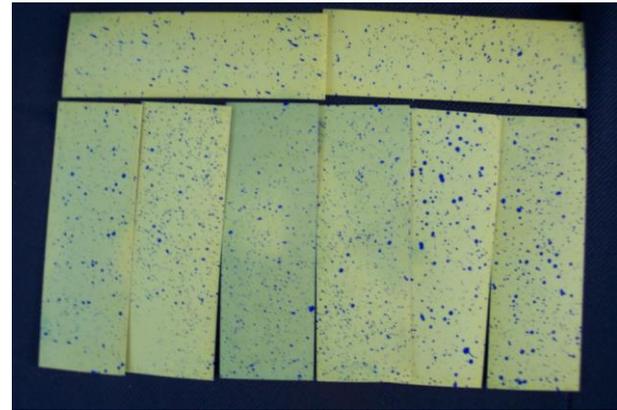
- Grande resposta à aplicação de B no cerrado de Minas Gerais – década de 2000
- Uso da pulverização foliar com boro – meados e final dos anos 2000



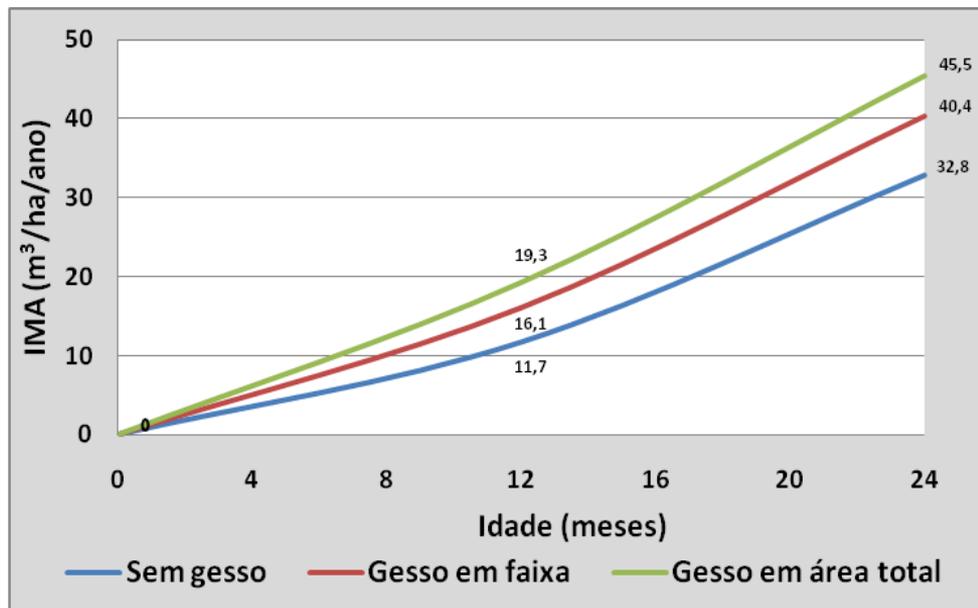
Incremento médio anual dos clones MN463 e VM01 aos três anos de idade de eucalipto nas diferentes doses de boro na região de Bocaiúva/MG

(Fonte: VM)

- **Boro foliar imprescindível no cerrado na época de julho a setembro**

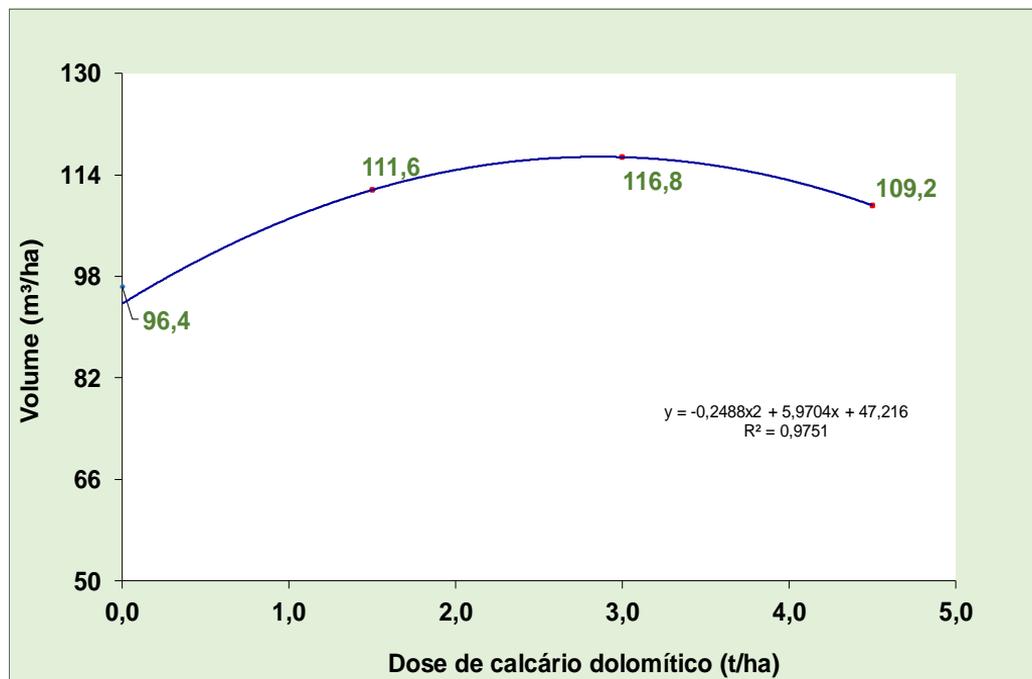


- Resposta à aplicação de enxofre no cerrado – anos 2000



Efeito da forma de aplicação de gesso sobre o crescimento inicial do clone I144 na região de Carbonita/MG (solo argiloso)

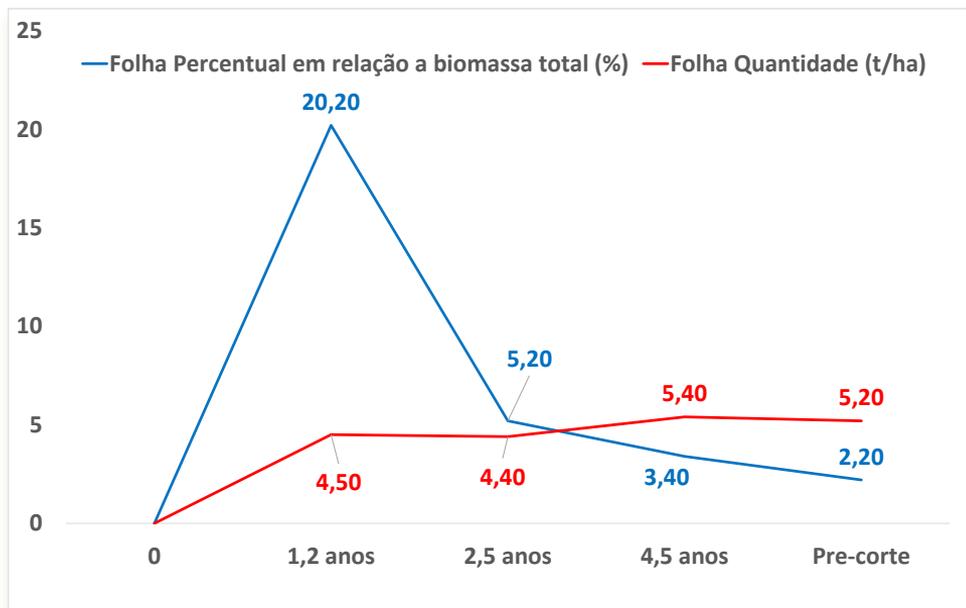
- Resposta à aplicação de calcário – anos 2000
- São bem menores que as de potássio



IMA do clone I144 aos 36 meses após o plantio em função da aplicação de calcário dolomítico na região de Itamarandiba/MG (60% de argila, 900-1000 m de altitude e 1.100 mm/ano)

Aumento de 15% na produtividade

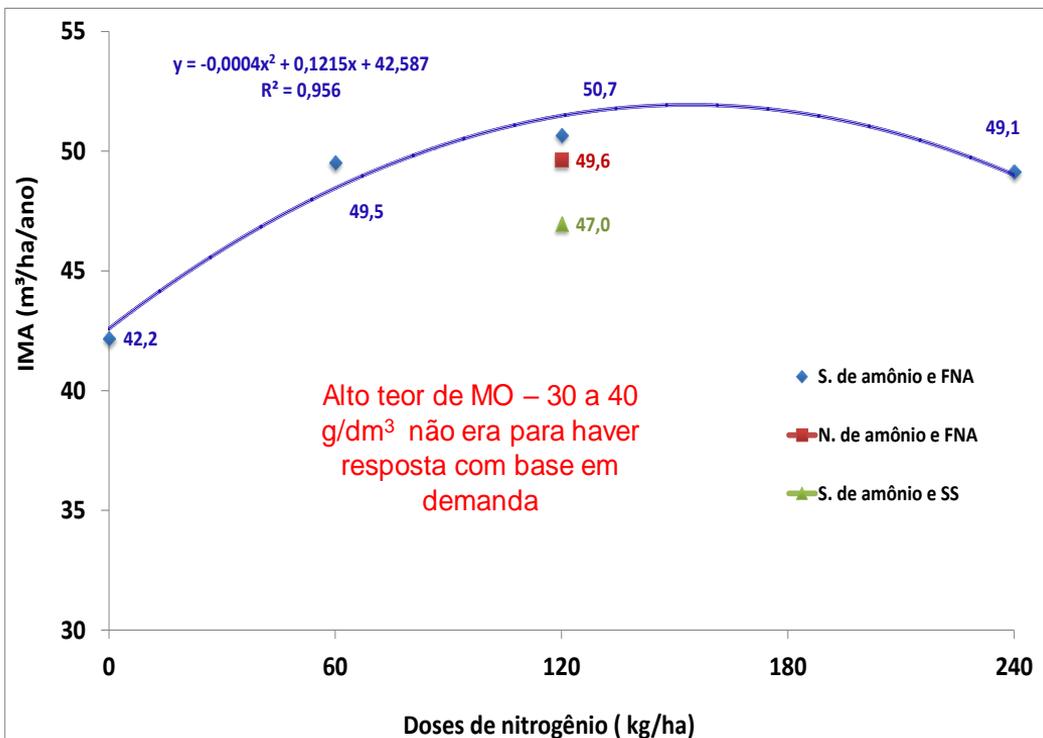
- Resposta à aplicação de nitrogênio ainda contraditória e dependente da produtividade final
- Muito da falta de resposta pode estar associada à época de aplicação



Percentual de folhas em relação a biomassa total e a quantidade de folhas em um clone de *E. urophylla* em função da idade na região de Itatinga/SP

Fonte: Ramirez Palacio et al. (2014)

80 – 85% das folhas são produzidas no primeiro ano da floresta



Produtividade do clone HC1528 aos 84 meses após plantio em função das doses de nitrogênio em diferentes fontes de N na região de Itamarandiba/MG (60% de argila, 900-1000 m de altitude e 1.100 mm/ano)

Respostas aparecem quando o IMA é superior a 40 e maior ainda em solos com menos de 20 g/dm³ de MO

2. FILOSOFIA RR PARA RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO

“Os fatores de aumento de produtividade manejados numa floresta de eucalipto são a genética e a nutrição, todos as demais práticas são fatores de perdas de produtividade”

Fatores de perda de produtividade

- **Preparo de solo** – profundidade e estrondamento
- **Localização do adubo do adubo de plantio** – profundidade e o tempo
- **Heterogeneidade** – qualidade das mudas e replantio tardio
- **Mato competição** – plantas daninhas, broto ladrão e brotação remanescente
- **Desbrota tardia** – acima dos 2,0 m de altura
- **Pragas e doenças**
- **Escolha do material genético não adaptado às condições edafoclimáticas**

Fatores de aumento de produtividade

As doses dos nutrientes devem ser determinadas em função da expectativa de produtividade que é função da interação clima, genética e fertilidade do solo

Dessa forma a adubação passa a ser um investimento e não um custo

- **Clima – precipitação e altitude – relação direta com a evapotranspiração**
- **Espaçamento - adequar em função do clima, material genético (arquitetura de copa e resistência ao déficit hídrico) e uso final da madeira**

Altitude (< 500 m)			
Precipitação	Produtividade dos clones (m ³ /ha/ano)		
	Alta	Média	Baixa
< 1.000 mm	40	35	25
1.000 - 1.500 mm	50	45	35
> 1.500 mm	60	50	45
Altitude (500 - 800 m)			
Precipitação	Produtividade dos clones (m ³ /ha/ano)		
	Alta	Média	Baixa
< 1.000 mm	45	40	30
1.000 - 1.500 mm	55	50	40
> 1.500 mm	65	55	50
Altitude (> 800 m)			
Precipitação	Produtividade dos clones (m ³ /ha/ano)		
	Alta	Média	Baixa
< 1.000 mm	50	45	35
1.000 - 1.500 mm	60	55	45
> 1.500 mm	70	60	55

Filosofia RR para recomendação de adubação

“Fertilidade do solo associada
ao clima e potencial produtivo
do clone”



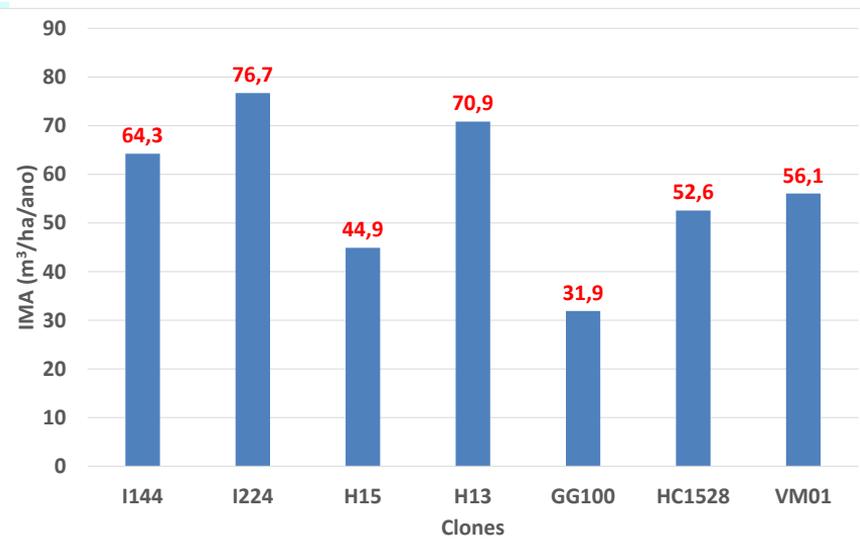
Doses dos Nutrientes

Distúrbio fisiológico do eucalipto

Clone altamente suscetível ao distúrbio fisiológico

Clone medianamente suscetível ao distúrbio fisiológico

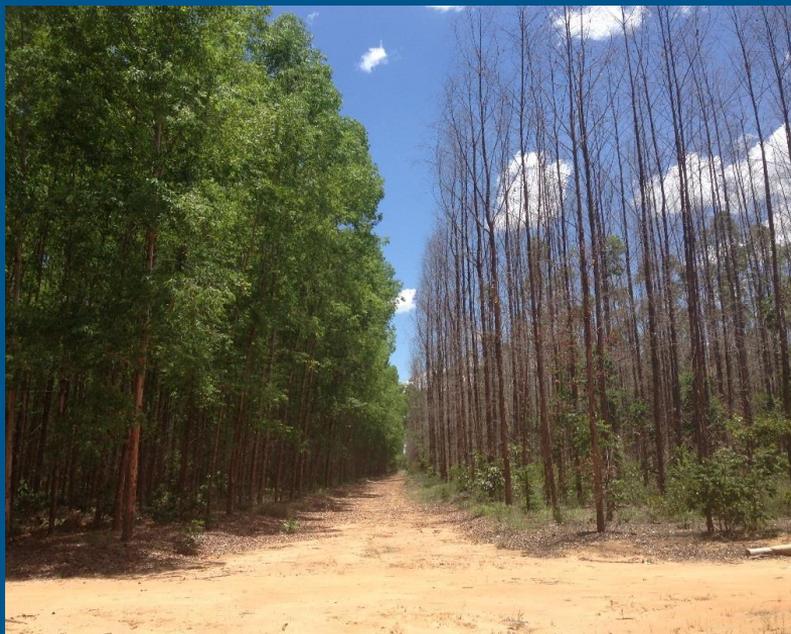
Clone resistente ao distúrbio fisiológico



IMA de clones de eucalipto aos 4 anos após plantio na região de Igrapiúna/BA (precipitação anual de 2.340 mm)

Déficit hídrico em Minas Gerais

Brasilândia



Bocaiúva





Clones suscetíveis às pragas e doenças



Material suscetível ao
percevejo bronzeado
(*Thaumastocoris peregrinus*)

Material resistente ao
percevejo bronzeado
(*Thaumastocoris peregrinus*)

3. ESTRATÉGIA RR PARA RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO VISANDO ALTAS PRODUTIVIDADES

Adubações corretivas

Calcário dolomítico

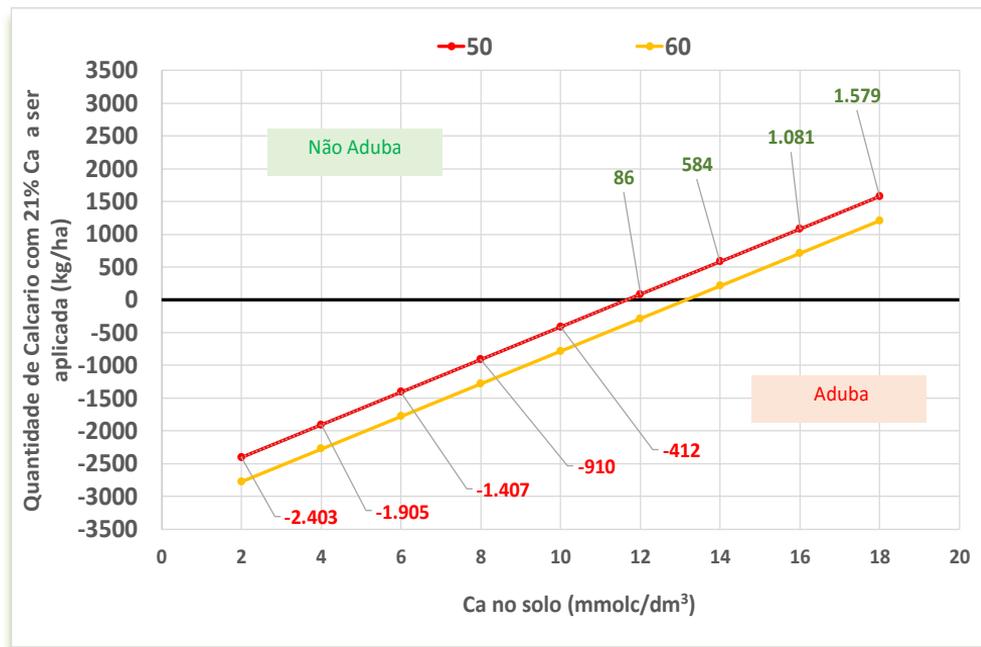
Objetivos

- ✓ Fornecer Ca e Mg – dar preferência aos calcários dolomíticos (> 12% MgO)
- ✓ Uso de calcário calcítico deve estar associado a fonte extra de Mg
- ✓ Aumenta a decomposição da matéria orgânica – maior mineralização (maior disponibilidade de N, P e S.
- ✓ Diminui a fixação de fósforo
- ✓ Reduz efeito tóxico de Al e Mn
- ✓ Eucalipto é tolerante ao Al e Mn, porém, responde a redução desses elementos

Dose

✓ Função da produtividade, textura do solo e teor de Ca e Mg trocável no solo

✓ Para uma produtividade de 60 m³/ha/ano – quantidade alocada na parte aérea de 400 a 600 kg/ha de Ca e 90 a 120 kg de Mg



Forma e época de aplicação

- ✓ Calcários são de baixa solubilidade – altamente relacionada ao PRNT
- ✓ Fornecimento de Ca é lento podendo não atender a demanda quando o crescimento inicial é mais intenso
- ✓ Cálcio é pouco móvel no perfil do solo
- ✓ Ca é imóvel na planta – pouca redistribuição – fornecimento pelo solo tem que ser contínuo

Nutriente	Retranslocação média de nutrientes			
	Folha		Galho	
	kg/ha/ano	(%)	kg/ha/ano	(%)
N	66	79	10	67
P	2	67	1	66
K	36	81	21	87
Ca	0	0	0	0
Mg	7	51	1	48

- **K é o mais retranslocado seguido por N > P > Mg**
- **Ca nulo**



Forma e época de aplicação

- ✓ Quanto mais próximo do plantio e maiores teores de argila – maior dependência do PRNT do calcário (mais próximo de 100)
- ✓ Preferencialmente em área total e antes do plantio. Se o relevo permitir a incorporação é bem vinda
- ✓ Florestas em reforma ou condução aplicar antes do corte, porém, deve ter um período de 3-4 meses de chuva (evitar aderência no tronco – danos nos equipamentos de corte)
- ✓ Aplicação tardia de calcário realizada após a cobertura com K resulta em deficiência de Mg e Ca
- ✓ Área total para doses acima de 1,0 t/ha e em faixa de 0,7-1,0 m para doses abaixo de 1,0 t/ha

	Cloreto de K	Calcário dolomítico
Fornecimento	K	Ca e Mg
Solubilidade em água	Alta	Insolúvel
Caminhamento no perfil do solo	Móvel	Baixa Mobilidade
Absorção pela Planta	Rápida (K^+)	Lenta (Ca^{+2}) e Média (Mg^{+2})
Mobilidade na planta	Móvel	Imóvel (Ca) e Média (Mg)

Aplicação de calcário antes do plantio e se possível seguido de incorporação em faixa ou área total – “**essencial incorporar para aumentar a eficiência da absorção de Ca e Mg**”



Adubações com enxofre

- ✓ Sulfato promove melhor caminhamento das bases no perfil do solo e reduz efeito tóxico do Al – maior volume de raízes (melhora a absorção dos nutrientes móveis – N, K e B) - maior resistência ao déficit hídrico
- ✓ Enxofre é importante na fase inicial do crescimento – crescimento vegetativo (área foliar)

Dose

- ✓ Fonte de S em regiões com boa precipitação: para uma demanda de 50-60 m³/ha/ano – 60 a 80 kg/ha

Produtos

- ✓ Sulfurgran, gesso ou Geox-S

Forma e época de aplicação do gesso ou Geox-S

- ✓ Área total (AT) ou em faixa de 0,7-1,0 m sobre o solo e sem incorporação
Em faixa a dose aplicada é $1/3$ a $1/2$ da dose para AT
- ✓ Logo após a aplicação de calcário
- ✓ Ajuda na movimentação do cálcio proveniente do calcário quando esse é aplicado sem incorporação

Aplicação de Geox S em faixa





Forma e época de aplicação de sulfurgran

- ✓ Visando somente o fornecimento de S

Aplicação isolada - filete contínuo na projeção da copa sobre o solo

- aérea em área total via avião

Aplicação conjunta com NPK - na subsolagem

- ✓ Aplicação em área total seja mecanizada (solo mais argilosos - dose mais alta) ou aérea (solos arenosos - dose mais baixa)
- ✓ Facilidade operacional – doses baixas (sulfurgran -90% de S)



Sulfurgran – filete contínuo



Sulfurgran – avião



Adubação de plantio

- ✓ Os últimos resultados mostram a possibilidade de fornecer grande parte ou todo o nitrogênio – 80-85% das folhas são produzidas no 1º ano
- ✓ Fornecer nutrientes de menor mobilidade no perfil do solo (P, Cu e Zn) – aplicação em profundidade e próximo das raízes
 - ✓ Fornecer parte da demanda de N, K e B
 - N – 50 a 100% da demanda
 - K – 20-50% da demanda
 - B – 20-30% da demanda

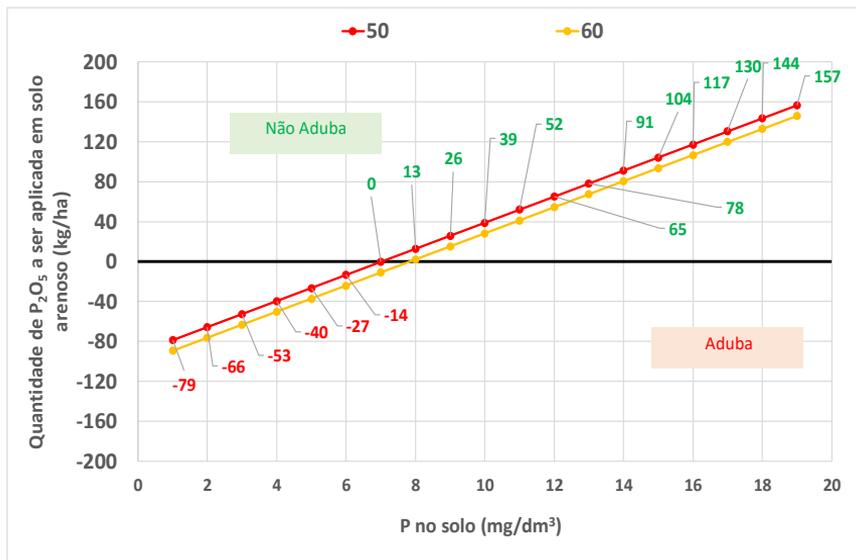


- ✓ Fonte de P deve ser solúvel para que não limite as respostas iniciais aos demais nutrientes, principalmente N
- ✓ Maiores doses de N e K no sulco de plantio (30-60 kg/ha) permitem que a primeira adubação de cobertura seja realizada tardiamente entre 9-12 meses
- ✓ Lixiviação de N e K no sistema eucalipto é pequena – grande volume explorado de solo

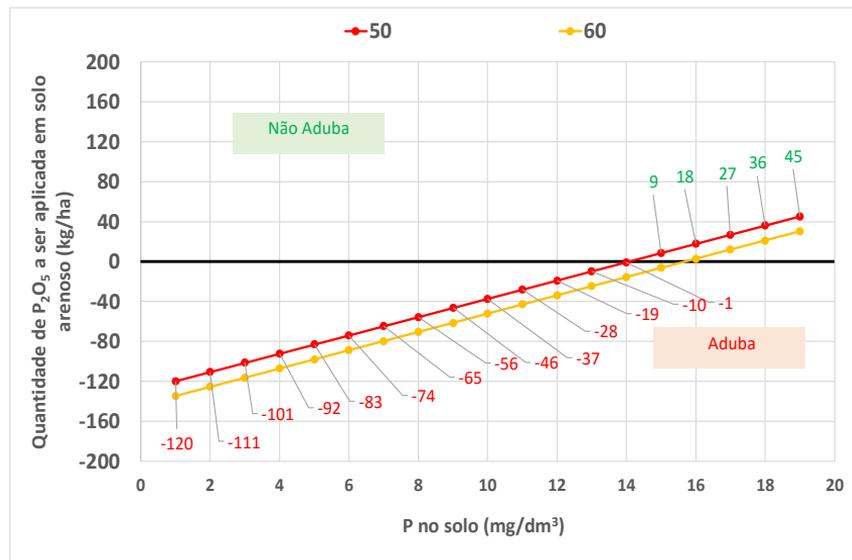
Doses de fósforo no plantio

✓ A dose é determinada pela demanda de fósforo em um nível desejado de produtividade em função da textura do solo ou P-remanescente

Areia



Argila





Dose de fósforo em função do P remanescente para solos com P disponível entre 0 a 3 mg/dm³

P remanescente	Dose de P₂O₅
(mg/dm ³)	kg/ha
> 35	75
25-35	90
15-25	105
> 15	120



✓ **Dose de Cu e Zn varia em função da textura**

Solo arenoso com baixo teor - 1,2 a 1,6 kg de Cu/ha e 1,5 a 2,5 kg de Zn/ha

Solo argiloso com baixo teor - 1,5 a 2,5 kg de Cu/ha e 2,5 a 3,5 kg de Zn/ha

✓ **Dose de N, K e B no sulco de plantio**

N e K_2O – 30 – 60 kg/ha

B – até 1,5 kg/ha



Forma e época de aplicação da adubação de plantio

✓ Tempo entre subsolagem/aplicação do adubo e o plantio

- depende das condições de umidade – solubilização e fixação do P
- período seco – pouco problema (subsolagem em junho e plantar em setembro em regiões com déficit hídrico)
- períodos chuvosos não exceder 15 dias

✓ Localização do adubo depende:

- plantio irrigado ou não – presença de bacia (10 cm)
 - irrigado - 12 cm do tubete + 10 cm = 22 cm (maior que 25 cm – ideal 30 cm de prof.)
 - sem irrigação – 20 cm de profundidade



Forma e época de aplicação da adubação de plantio

✓ Localização do adubo depende:

- Dose e concentração de NK na formulação

Alta dose de N e K exige maior profundidade de aplicação (maior distância raiz/adubo) ou uso de subsolador com 2 saídas em profundidades diferentes

15 cm – superfosfato simples ou 06-30-06

30 cm – NK (15-00-30) ou NPK (20-05-20)

✓ Uso de coveta – a decisão é muito mais operacional que técnica



Novas tendências em relação à adubação de plantio

- ✓ Os resultados de pesquisa tem mostrado que maiores doses de N e K podem ser utilizadas no sulco, podendo inclusive em alguns casos reduzir ou eliminar totalmente as adubações de coberturas
- ✓ Em solos com maior teor trocável de K x menor dose de K aplicada – possibilidade de eliminar todas as adubação cobertura

Riscos:

- Aumento da salinidade proporcionada pelos adubos convencionais de N e K – maior mortalidade e queimas das mudas com menor arranque inicial
O uso de adubos de liberação controlada permitiria altas doses de N e K no sulco (100 a 200 kg/ha) sem ocasionar salinidade
- Adubação toda no sulco exige alta tecnologia de aplicação (uso de sensores e controladores), pois o erro na aplicação é potencializado, uma vez que não serão realizadas outras adubações de cobertura

Riscos:

- Adubação toda no sulco em áreas sujeitas à déficit hídrico é arriscada, porque em anos de pouca chuva pode ser que a meta de produtividade não seja alcançada e todo o adubo já estará no sulco de plantio

IMA dos clones de eucalipto aos 3 anos de idade em diferentes sistemas de adubação de base na região de Lençóis Paulista/SP (solo textura média, 600 m de altitude e 1.250 mm/ano)

Tratamentos	IMA			Dose total		
	clone A	clone B	Média	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	m ³ /ha/ano			kg/ha		
350 kg de 06-30-06 + micro no sulco + 1 ^a cobertura aos 90 dias com 120 kg/ha 18-00-18 + B	47,3	52,1	49,7	43	105	43
350 kg de 06-30-06 + micro em coveta + 1 ^a cobertura aos 90 dias com 120 kg/ha 18-00-18 + B	44,9	48,1	46,5	43	105	43
240 kg de 06-30-06 + micro no sulco e 110 kg de 06-30-06 + micro na coveta + 1 ^a cobertura aos 90 dias com 120 kg/ha 18-00-18 + B	48,2	50,8	49,5	43	105	43
400 kg/ha de 10-27-10 + micro no sulco + sem 1 ^a cobertura aos 90 dias e somente aos 5 meses com NK	49,3	51,3	50,3	40	108	40

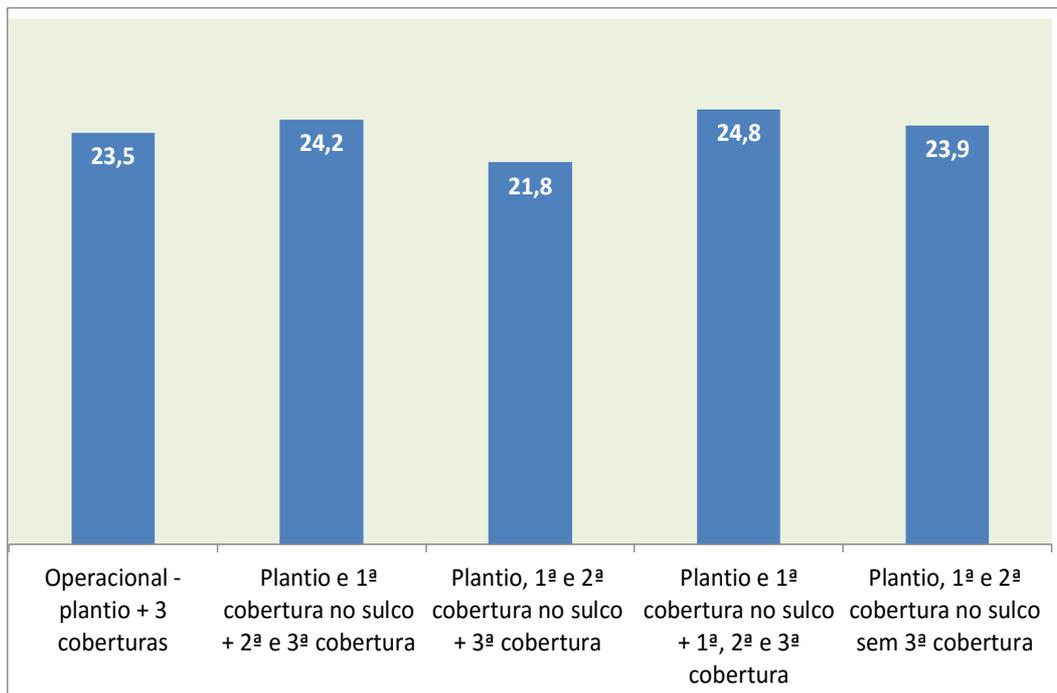
• Não existe efeito da forma de aplicação coveta x sulco

• O uso de maiores doses de N e K no sulco permite que a 1^a cobertura seja mais tardia



Maiores doses de N e K no sulco de plantio

Adubação	Tratamentos				
	T1 = operacional	T2	T3	T4	T5
Agrosilício S	3 t de Agrosilício/ha	3 t de Agrosilício/ha	3 t de Agrosilício/ha	3 t de Agrosilício/ha	3 t de Agrosilício/ha
Fósforo no plantio	200 kg de superfosfato triplo/ha	740 kg/ha de 10-20-12 + 6,9% S + 0,3% B + 0,35% Cu + 0,35% Zn aplicado no sulco de plantio em filete contínuo numa profundidade de 25-30 cm	1.000 kg/ha de 10-16-16 + 7,8% S + 0,20% B + 0,25% Cu + 0,25% Zn aplicado no sulco de plantio em filete contínuo numa profundidade de 25-30 cm	740 kg/ha de 10-20-12 + 6,9% S + 0,3% B + 0,35% Cu + 0,35% Zn aplicado no sulco de plantio em filete contínuo numa profundidade de 25-30 cm	1.000 kg/ha de 10-16-16 + 7,8% S + 0,20% B + 0,25% Cu + 0,25% Zn aplicado no sulco de plantio em filete contínuo numa profundidade de 25-30 cm
Plantio – coveta lateral	240 kg de 04-26-16 + 1% Cu + 1% Zn/ha				
1ª cobertura	280 kg de 24-00-24 + 0,7% B/ha			280 kg de 24-00-24 + 0,7% B/ha	
2ª cobertura	300 kg de 10-10-33 + 0,7% B/ha	300 kg de 10-10-33 + 0,7% B/ha		300 kg de 10-10-33 + 0,7% B/ha	
3ª cobertura	300 kg de 13-00-39 + 0,6% B/ha	300 kg de 13-00-39 + 0,6% B/ha	300 kg de 13-00-39 + 0,6% B/ha	300 kg de 13-00-39 + 0,6% B/ha	Não aplica



Riscos que podem existir

Maior salinidade com uso de adubos convencionais – queima e maior falha
Em caso de erro na subsolagem – erro é potencializado

Vantagens

Maior dose de N no momento certo – arranque inicial – área foliar

IMA do clone I144 aos 24 meses após plantio em função dose da adubação de plantios associada com a frequência das adubações de cobertura



Adubação de coberturas

- ✓ Fornecer nutrientes de maior mobilidade no perfil do solo (N, K, S e B)
 - As fontes de N, K, S e B são solúveis em água
 - São nutrientes com maior velocidade de absorção

Doses

- ✓ Determinada com base no teor de matéria orgânica e K trocável do solo e a expectativa de produtividade (50-60 m³/ha/ano)
 - Solo com baixo teor de MO – 90 a 120 kg de N/ha
 - Solo com baixo teor de K trocável – 180 a 250 kg de K₂O/ha
 - Maior dose de K em regiões com déficit hídrico



Dose de boro

Região com déficit hídrico – 4 a 6 kg de B/ha (menor altitude – maior dose)

- Região sem déficit hídrico – 2 a 3 kg de B/ha
- Região com déficit hídrico – imprescindível fazer boro foliar (“seguro”)

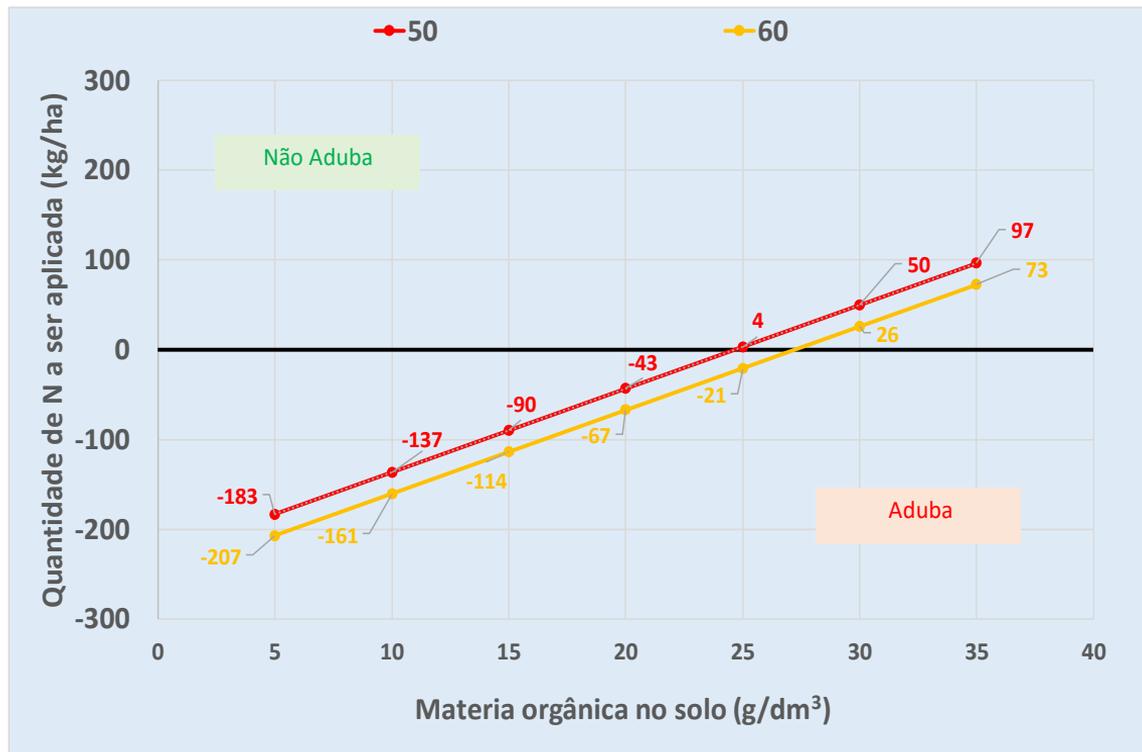
Doses x fisiologia da planta

- ✓ As doses dos nutrientes devem variar em função da fisiologia da planta

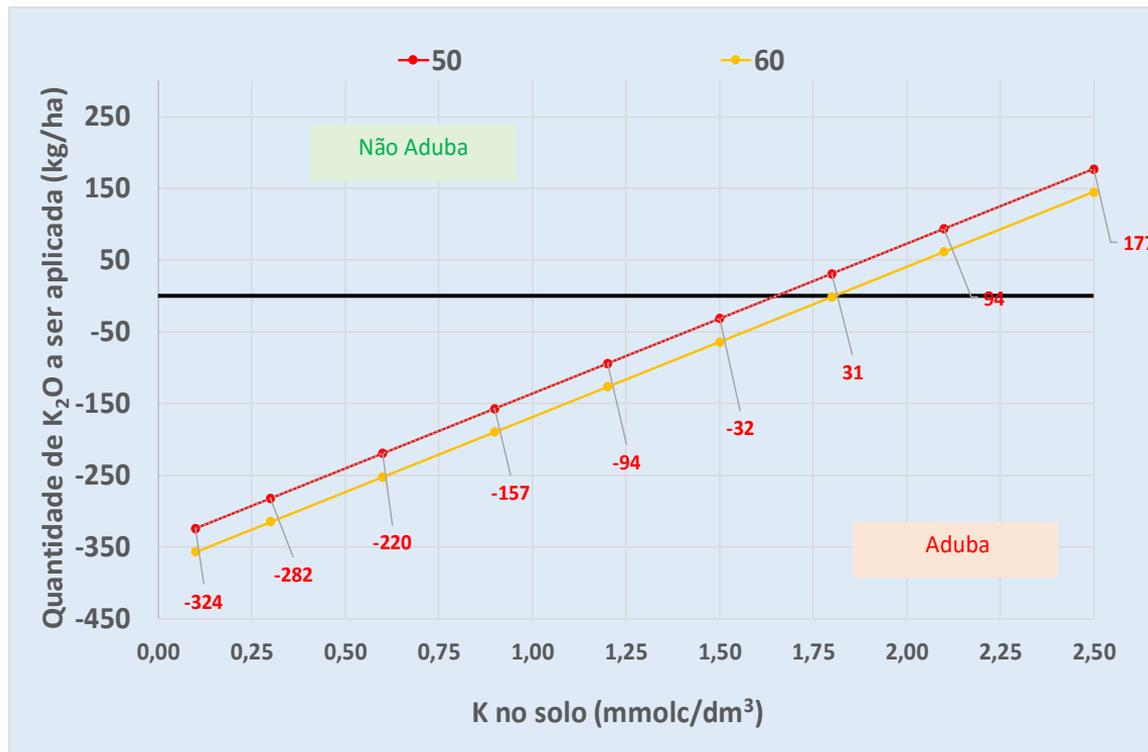
Início do crescimento – mais N e S para formação da área foliar

K atua no controle osmótico e no transporte dos fotoassimilados para o tronco - necessidade aumenta com a maior IAF

- ✓ Variar as relações N/K nas adubações de cobertura



Doses de nitrogênio em função do teor de matéria orgânica do solo para a produtividade de 50 e 60 m³/ha/ano



Doses potássio em função do teor de K trocável para a produtividade de 50 e 60 m³/ha/ano



Forma e época de aplicação

- ✓ **1 a 2 coberturas** até 18 meses após plantio
- ✓ Quando usar fonte uréia não protegida como fonte de N existe necessidade de incorporação ou concentração da aplicação no período chuvoso (dificuldade de operacionalização)
- ✓ Outras fontes de N (**sulfato de amônio, nitrato de amônio e uréia protegida**) a aplicação pode ser realizada sobre o solo e sem incorporação
- ✓ Solos com **alto teor de matéria orgânica** – melhor aplicar o adubo NK em filete contínuo para evitar contato do N com MO (imobilização por microrganismos)
- ✓ **Mecanizada ou Manual**

Mecanizada – deve ser realizada em filete contínuo quando a floresta apresentar altura superior a 2,0 m

Aplicação aérea com uréia ou KCl (adubos concentrados) – isolada com doses variando de 60-100 kg/ha



Adubação foliar com micronutrientes (boro) em regiões com déficit hídrico

- ✓ Fornecer micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn) com ênfase para o boro

Relação direta entre seca de ponteiro e deficiência de boro no período seco

- ✓ Fornecer parte da demanda de micronutrientes necessária durante os três primeiros anos de crescimento
- ✓ Fornecer pequenas doses de potássio visando melhorar o controle estomático e aumentar a resistência ao déficit hídrico, sem efeitos diretos do K sobre o crescimento (doses de K via solo são elevadas e as fornecidas via folha são pequenas)

Doses

- ✓ 300 a 600 g de B/ha
- ✓ 75 a 150 g de Cu/ha
- ✓ 75 a 150 g de Zn/ha
- ✓ Aplicar tensoativo foliar – quebrar a tensão das gotas (exemplo Triunfo)

Forma e época de aplicação

- ✓ Realizada no período de déficit hídrico (junho a setembro dependendo da região)

- ✓ Frequência de aplicação

Déficit hídrico moderado – 1 aplicação nos dois primeiros anos

Déficit hídrico severo - 2 aplicações nos dois primeiros anos

- ✓ Forma de aplicação: aérea ou mecanizada via atomizador

Atomizador em florestas até 6 m de altura

Avião em florestas em qualquer estágio de crescimento

- ✓ Volume de calda

Atomizador: 150 a 200 litros de calda/ha

Avião: 30 a 40 litros de calda/ha

Para onde caminha a recomendação de adubação de floresta de eucalipto

- ✓ Reduzir ou até eliminar as adubações de cobertura
- ✓ Estratégias que podem ser adotadas – convencional ou fertilizantes de liberação controlada

Convencional				
Adução de plantio NPK + S, B, Cu e Zn com maiores doses de N e K ₂ O	1a cobertura com NK + B entre 4-8 meses		Monitoramento Nutricional com 15-18 meses	2ª cobertura conforme resultado de monitoramento nutricional aos 24 meses
Fertilizante de liberação controlada com monitoramento mais precoce				
Adução de plantio NPK + S, B, Cu e Zn com maiores doses de N e K ₂ O (Polyblen) - 250-300 kg/ha		Monitoramento Nutricional com 9-12 meses	1ª cobertura conforme resultado de monitoramento nutricional aos 18 meses	
Fertilizante de liberação controlada com maior dose no plantio e monitoramento mais tardio				
Adução de plantio NPK + S, B, Cu e Zn com maiores doses de N e K ₂ O (Polyblen) - 400-500 kg/ha			Monitoramento Nutricional com 15-18 meses	1ª cobertura conforme resultado de monitoramento nutricional aos 24 meses



NUTRIEXPERTS

COMPARTILHANDO CONHECIMENTO E TECNOLOGIA

OBRIGADO!

Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira

RR AGROFLORESTAL

