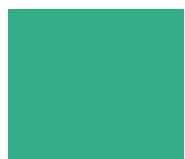


Nutrição do eucalipto



**Manual de apoio à
gestão nutricional**

Daniela Ferreira e Susana Moraes



Nutrição do eucalipto

Manual de apoio à gestão
nutricional



**Autores**

Daniela Ferreira e Susana Morais

Design

Daniela Ferreira

Edição

RAIZ, 1^a edição, versão eletrónica

ISBN

978-989-95143-2-4

Citação

Ferreira, D e Morais, S (2021). Nutrição do eucalipto. Manual de apoio à gestão nutricional. Edição RAIZ, 114 pp.

Autoria do Manual



Daniela Ferreira

Licenciada em Engenharia dos Recursos Florestais pela Escola Superior Agrária de Coimbra, com mestrado em Engenharia Florestal da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e, atualmente, doutoranda na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro em Ciências Químicas e Biológicas - Ramo Ambiente, sob orientação do professor Doutor João Coutinho.



Iniciou a sua atividade de investigação no Instituto de Investigação da Floresta e Papel - RAIZ, em 2001, na área de Solos e Nutrição Florestal, onde se dedicou aos temas de nutrição de plantas de eucalipto, de fertilidade dos solos e silvicultura do eucalipto.

Atualmente é coordenadora das áreas de Consultoria Florestal e de I&D de Genética do RAIZ, onde participa em diversas atividades de extensão florestal da The Navigator Company.



Susana Catarino Moraes

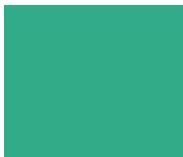
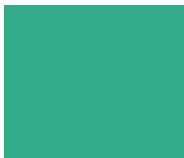
Licenciada em Engenharia Florestal pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, com mestrado em Economia e Gestão do Ambiente pela Faculdade de Economia da Universidade do Porto.

Iniciou a sua atividade profissional em 2000, tendo passado por diversas estruturas da The Navigator Company e pelo Grupo ENCE, dedicando-se ao acompanhamento de trabalhos silvicolares e exploração, e elaboração de projetos florestais.



Atualmente é responsável na The Navigator Company pela implementação no terreno do Programa de Fomento da Produtividade e Certificação, promovendo a partilha de conhecimento, suporte e formação de Grupos de Certificação, Associações de Produtores Florestais e outros agentes operacionais do setor florestal.

Preâmbulo, RAIZ, abril 2021



Este Manual surgiu da necessidade sentida pelos autores de se dispor de um texto que integrasse, numa linguagem acessível mas rigorosa, o conhecimento disponível sobre as melhores práticas de gestão nutricional de povoamentos de eucalipto.

O seu conteúdo tem por base estudos e a experiência no terreno gerados ao longo de várias décadas por profissionais e investigadores da The Navigator Company, Instituto RAIZ, e outros colegas e professores da Academia e restantes instituições da fileira florestal.

O Manual está estruturado em quatro grandes capítulos, onde se introduzem algumas noções fundamentais de nutrição de plantas (Capítulo 1), se enumeram os principais aspetos a ter em conta na correta gestão nutricional (Capítulo 2), se explicita como diagnosticar deficiências nutricionais (Capítulo 3) e se pretende auxiliar o gestor no uso de ferramentas de diagnóstico nutricional (Capítulo 4).

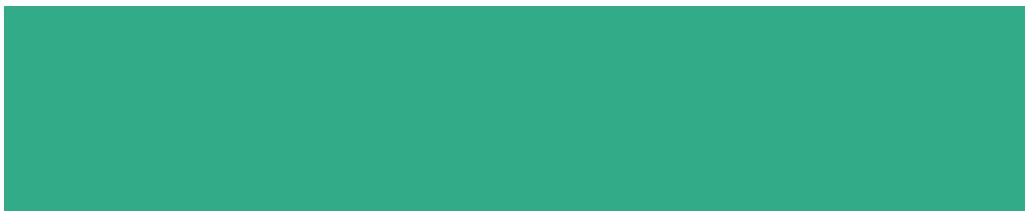
Pretende-se que o Manual possa constituir um complemento às várias iniciativas de extensão e fomento florestal realizadas pela The Navigator Company junto a proprietários e agentes florestais.

Agradecimentos

A informação contida neste Manual é resultado de contributos de várias gerações de florestais e agrónomos que contribuíram para consolidar os nossos conhecimentos sobre o eucalipto.

Em especial, os autores gostariam de agradecer aos colegas João Melo Bandeira, Eduardo Mendes, Nuno Borralho, José Luís Carvalho, José Alexandre Araújo, Catarina Gonçalves, Carlos Valente e Ana Quintela Santos pelas discussões e revisão do texto, e ao professor **Doutor João Coutinho** pelos preciosos ensinamentos e contributos na colaboração de longa data com o RAIZ, e exigência científica com que sempre marcou os estudos desenvolvidos.

Ainda, um agradecimento especial aos engenheiros Sérgio Fabres e José Rafael. **Sérgio Fabres** possui uma longa carreira de investigação internacional, tendo desenvolvido atividade na indústria de pasta e papel em três continentes diferentes. Com formação de base agronómica, desde cedo se dedicou ao eucalipto e, em Portugal, encontra-se ligado à investigação de Solos, Nutrição de Plantas, Silvicultura e Ambiente há mais de 20 anos. Foi, é, e continuará a ser um mentor para a autora Daniela Ferreira, tendo sido, nos 15 anos de colaboração direta, um excelente professor na I&D em Solos e Nutrição Florestal, um livro aberto quanto aos seus conhecimentos e uma referência em termos de ética e conduta no trabalho. **José Manuel Lopes Rafael** foi investigador nos centros de investigação da The Navigator Company por mais de 20 anos, desenvolvendo atualmente atividade na área de Inovação e Desenvolvimento. Com formação agronómica de base, desde cedo se dedicou ao eucalipto, sendo um dos técnicos do país mais qualificados no conhecimento de fertilizantes, técnicas de adubação e controlo da vegetação espontânea. Ao longo da sua carreira tem sido um impulsionador para a melhoria das práticas de gestão da floresta de eucalipto em Portugal.



Capítulo 1: Alguns conceitos de nutrição vegetal

1. Alguns conceitos de nutrição vegetal pg. 8

| | | |
|--------------------------------------------------|--------|---|
| Conceito de nutrição e elementos essenciais | pg. 9 | |
| Classificação dos nutrientes | pg. 10 | 1 |
| Funções dos nutrientes na planta | pg. 11 | |
| Curva de resposta e teor de nutriente | pg. 12 | 2 |
| Estudos de nutrição | pg. 14 | |
| Acumulação de biomassa e nutrientes no eucalipto | pg. 21 | 3 |
| Modelo de exploração florestal | pg. 25 | |
| Resumo da dinâmica nutricional no eucalipto | pg. 27 | |
| Balanço de nutrientes no sistema | pg. 28 | 4 |
| Fertilidade do solo | pg. 29 | |
| O solo sob povoamentos de eucalipto | pg. 33 | |
| Manta orgânica em povoamentos de eucalipto | pg. 40 | |

O que é a nutrição vegetal?

Pode ser definida como o **conjunto de fenómenos através dos quais a planta assimila do meio ambiente as substâncias necessárias** ao seu metabolismo e, consequentemente, ao seu crescimento e produção.

Malavolta, 1980

O que são elementos essenciais?

São **nutrientes imprescindíveis** ao crescimento da planta. Estes elementos são necessários para que a planta complete o seu ciclo de vida e têm efeitos diretos no desenvolvimento vegetal, uma vez que **fazem parte de algum composto ou estão envolvidos no metabolismo da planta**.

→ Cerca de 90 a 95% da matéria seca da planta é composta por carbono, hidrogénio e oxigénio. Estes elementos são assimilados a partir do ar e da água.

→ Os restantes elementos essenciais são obtidos a partir do solo.



Classificação de nutrientes

A classificação dos nutrientes pode ser feita de diversas formas, como por exemplo:

- Pelas funções bioquímicas
- Pela quantidade do nutriente na planta (macro e micronutrientes)
- Pela limitação que causam no crescimento da plantas (nutrientes principais, secundários e benéficos)

Malavolta, 1980; Marschner, 1986

Algumas leis de nutrição importantes:

Lei do mínimo (Liebig, 1840)

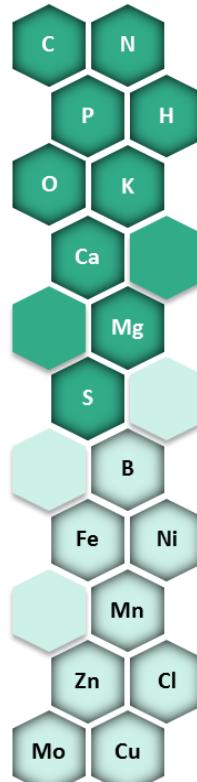
Quando um elemento essencial se encontra em quantidade insuficiente na planta, este limita o seu crescimento, mesmo que os restantes estejam em quantidade adequada.

Lei dos incrementos decrescentes (Mitscherlich, 1909)

Com o aumento progressivo de um dado nutriente no solo, os ganhos de crescimento são cada vez menores.

Macronutrientes

Necessários em concentrações iguais ou superiores a 0,1% (matéria seca)



Micronutrientes

Necessários em concentrações iguais ou superiores a 100 mg kg⁻¹ (matéria seca)

C: carbono, H: hidrogênio, O: oxigênio, N: azoto, P: fósforo, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, S: enxofre, B: boro, Fe: ferro, Mn: manganês, Zn: zinco, Cu: cobre, Mo: molibdénio, Cl: cloro, Ni: níquel

Os nutrientes têm diferentes funções nas plantas.

Funções metabólica e estrutural:

constituente de compostos metabólicos vitais (como a fonte de energia ATP e NADP), de compostos bioquímicos (como ácidos nucleicos, fosfoproteínas) e ... estimula a formação de raízes, da membrana celular ajuda no atempamento das plantas em viveiro...

Função estrutural:

constituente da parede celular, ativador de diversas enzimas, necessário para a funcionalidade e integridade ... estimula a formação de raízes e da membrana celular. ajuda na resistência a pragas e doenças ...

Funções estrutural e metabólica:

constituente de aminoácidos, promove o crescimento vegetativo. ... melhora o crescimento vegetativo, fixação simbótica de N ...

Função reguladora:

constituente e/ou ativador da maioria das enzimas. ... melhora a fixação de N ...

Função reguladora:

constituente de algumas enzimas, intervém no processo de fotossíntese e síntese da fito hormona auxina. ... Aumenta a frutificação ...

Função estrutural: constituinte de aminoácidos e proteínas, ácidos nucleicos, molécula da clorofila e vitaminas.

... proporciona maior crescimento vegetativo, aumento da área foliar ...

Função reguladora: intervém no transporte de hidratos de carbono das folhas para o caule e raiz, ativador de enzimas, envolvido na síntese proteica e na osmorregulação.

... proporciona maior resistência a pragas e doenças, e secura ...

Funções estrutural e reguladora: constituinte de compostos bioquímicos (átomo central da molécula de clorofila), ativador de enzimas, regulador de pH e do balanço iônico.

... melhora a absorção de P ...

Funções estrutural e reguladora: envolvido na divisão celular e síntese de lenhina, constituinte da parede celular, envolvido no transporte dos hidratos de carbono.

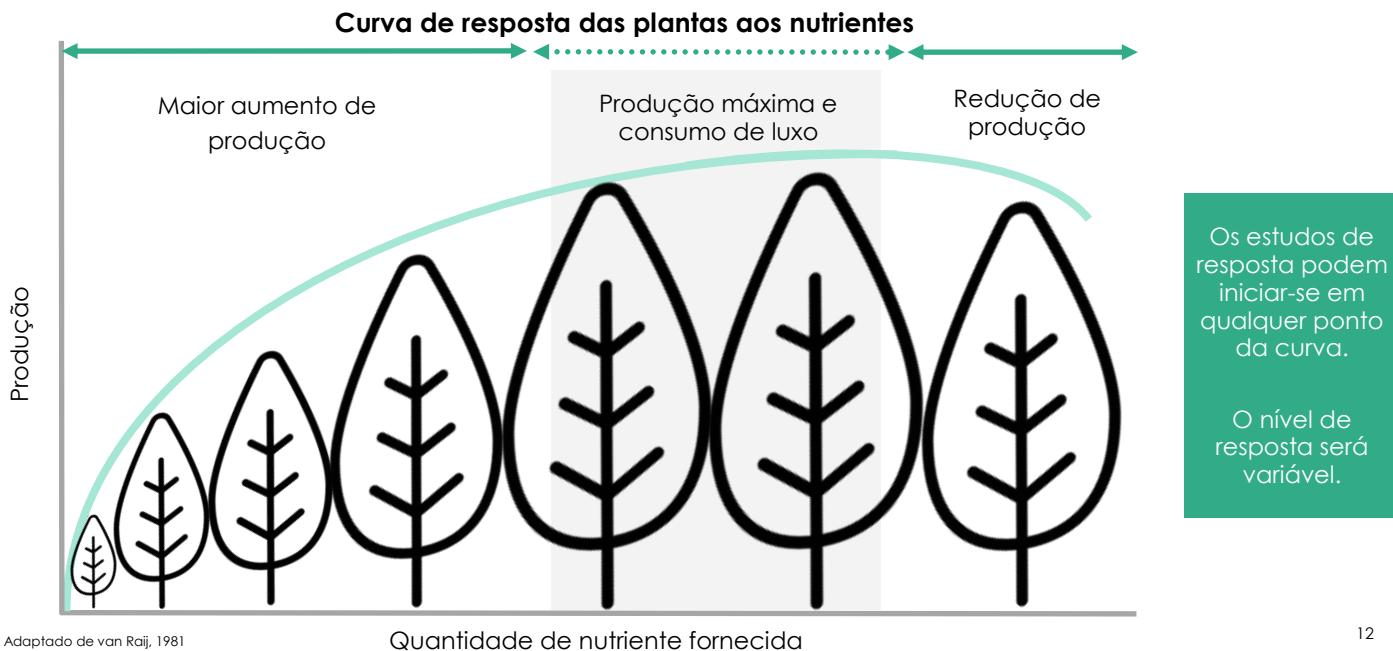
... proporciona maior resistência ao frio e secura, melhora sistema reprodutivo ...

Função reguladora: constituinte e/ou ativador da maioria das enzimas. ... aumenta a resistência a doenças ...

Função reguladora: ativador de algumas enzimas (como a fenolase, envolvida no processo de lenhificação), intervém no processo de fotossíntese. ... aumenta a resistência a doenças ...

Necessidade nutricional: Quantidade de nutriente que a cultura precisa para atingir a produção próxima da máxima numa dada condição ambiental (dada condição de solo e clima).

Depende da exigência da espécie, sua interação com o meio ambiente, idade, acumulação de biomassa na planta e teor de nutriente na biomassa.



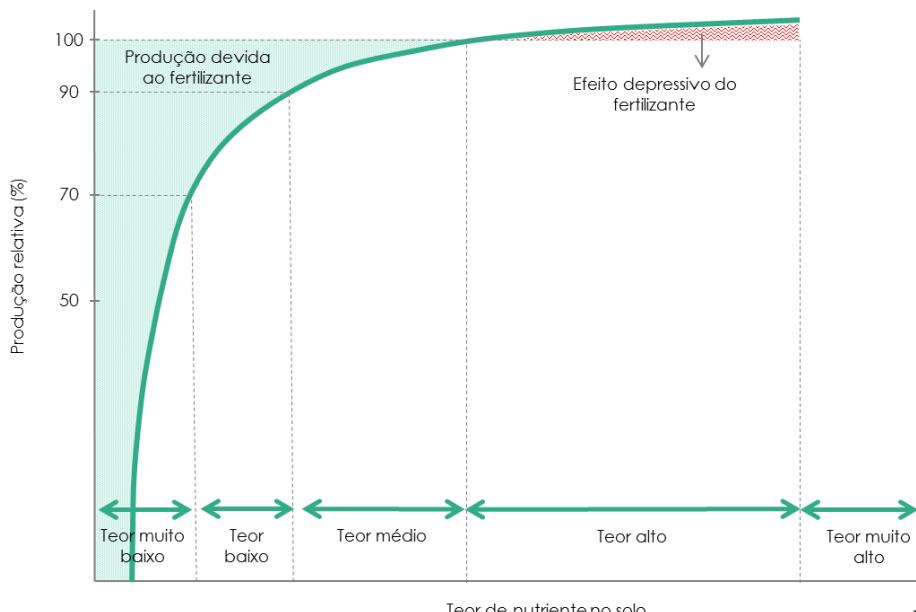
Teor de nutriente versus crescimento da planta

A resposta das plantas aos nutrientes é tanto maior quanto menor o nível de nutriente no solo (quando os outros nutrientes estão nivelados e não há fortes restrições de outros fatores de produção como água ou luz), diminuindo à medida que este aumenta no sistema solo-planta, e que ocorrem sinergias entre os nutrientes.

A partir de um determinado nível, o nutriente acaba por ser prejudicial à planta, de forma direta ou indireta (inibindo a absorção de outros nutrientes).

A mesma tipologia de relação pode ser efetuada entre a produção/crescimento da planta e o teor de nutriente nos tecidos da planta.

É mais comum na componente folhas.



1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Alguns estudos de nutrição

-importância de P na plantação-

Tem como objetivo suprir as necessidades iniciais das plantas e gerar sinergias de absorção com outros elementos como azoto e cálcio.

A aplicação de fósforo promove o **aumento de biomassa** das jovens plantas, bem como um **arranque mais homogéneo** da plantação, com **maior equilíbrio** no crescimento entre a **parte aérea e as raízes**.

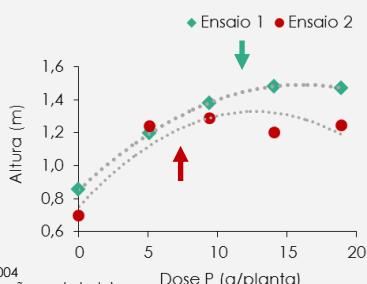


Plantas com deficiência intensa de fósforo



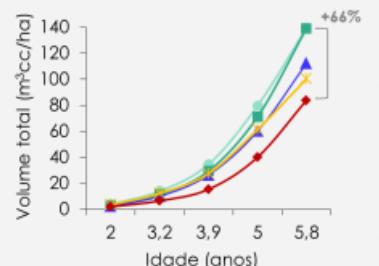
Resposta à aplicação de P 1 ano após aplicação de superfosfato 18

| g P/planta | kg S18/ha |
|------------|-----------|
| 0 | 0 |
| 5 | 60 |
| 10 | 120 |
| 15 | 180 |
| 20 | 240 |



Adaptado de Fabres e Ferreira 2004
(estudo sem LC - adubo de liberação controlada)

Resposta a diferentes fontes de fósforo



Lemos et al 2003
Estudo com LC em todos os tratamentos.
Aplicação de 90 kg P₂O₅/ha, em vila

- Superfosfato + Gafsa (50:50)
- Superfosfato de cálcio simples
- Fosfato natural Gafsa
- Foskapa 0-20-10 (50% P monocálcio e 50% P tricálcio)
- Sem adubação fosfatada de fundo

1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Alguns estudos de nutrição

-importância de P na plantação-

Resposta a P:
6 meses após a
aplicação de
superfosfato 42



Ferreira et al 2014

← Efeito na planta
- parte aérea e radicular -



1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

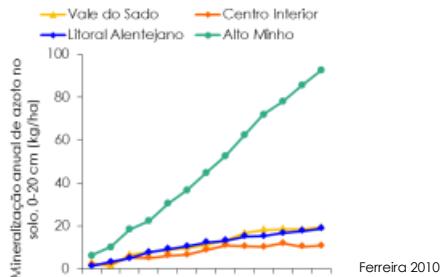
Alguns estudos de nutrição

-Importância de N na manutenção-

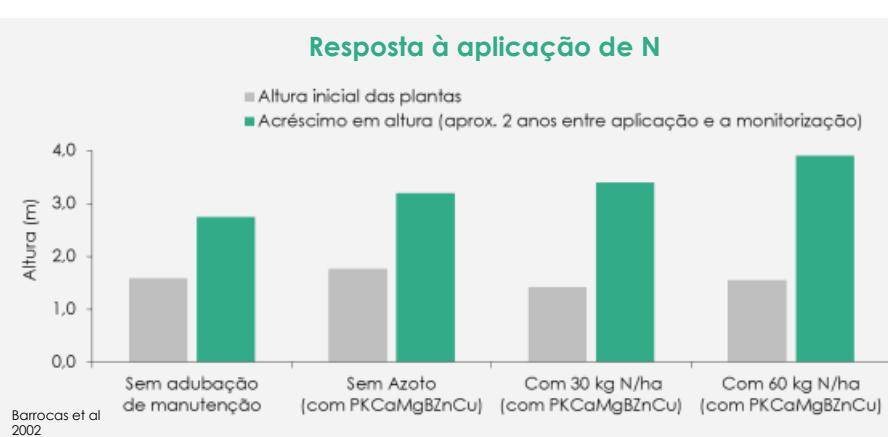
Os solos portugueses contêm, de um modo geral, níveis baixos a moderados de matéria orgânica, a principal fonte de azoto para as plantas de eucalipto.

Na grande maioria dos ensaios de nutrição foi verificada resposta à aplicação deste nutriente, demonstrando a ampla necessidade de complementar a disponibilidade natural dos solos em azoto.

Disponibilidade de N mineral no solo



Resposta à aplicação de N



Com N



Sem N →

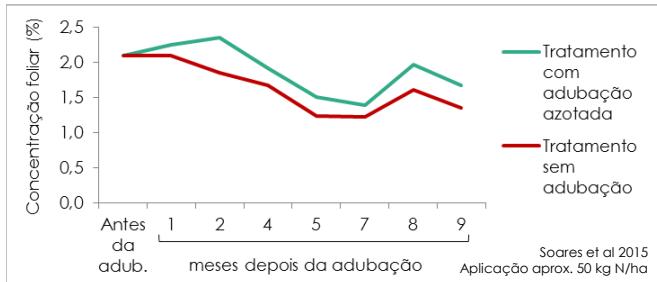


1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Alguns estudos de nutrição

-Importância de N na manutenção-

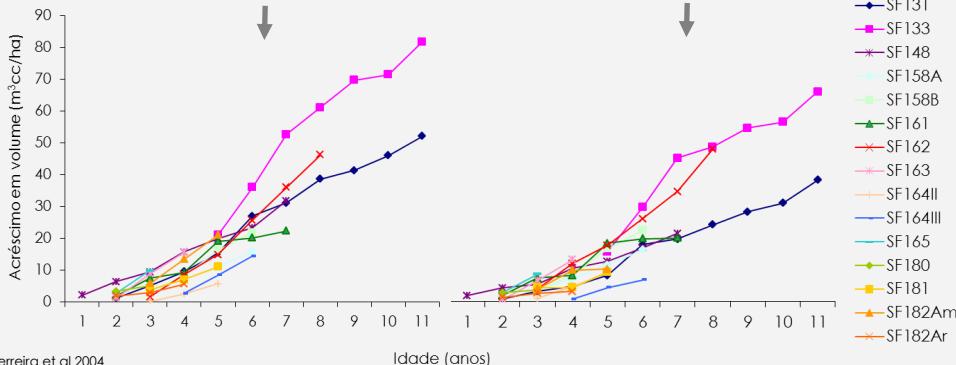
Resposta da aplicação na concentração foliar das plantas



Resposta das plantas nos mesmos ensaios a:

adubação de manutenção
(vários nutrientes e doses)

adubação isolada
de azoto



Planta com deficiência intensa de azoto



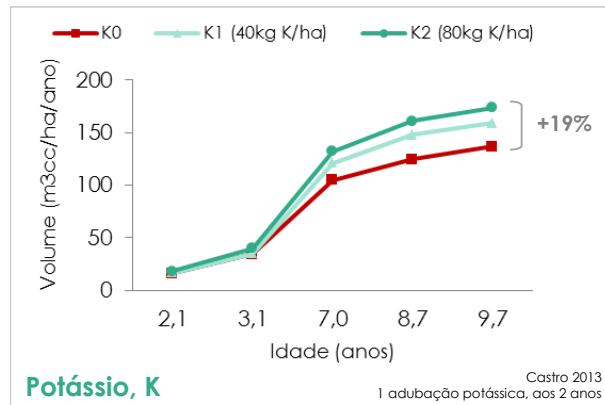
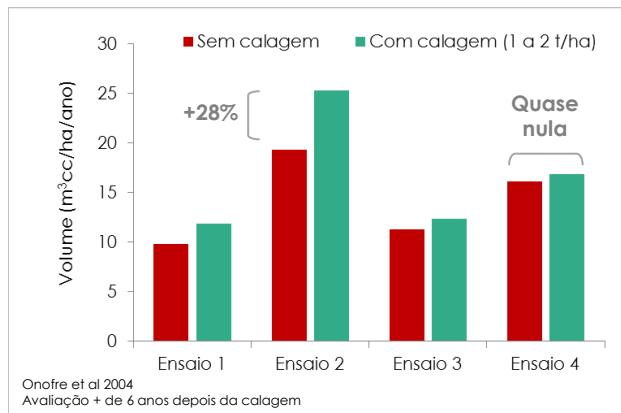
1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Alguns estudos de nutrição

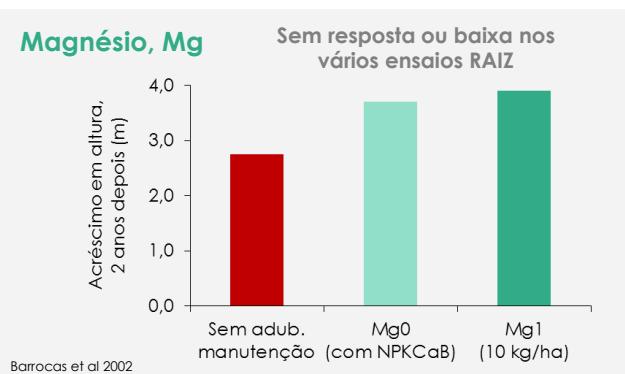
-Resposta à aplicação de K, Ca, Mg-

Apenas alguns ensaios, em condições de aptidão ou regiões específicas, foram observados ganhos à aplicação dos nutrientes K e Ca, demonstrando a importância de avaliar com rigor a disponibilidade destes nutrientes no sistema para equacionar a necessidade de adubação.

Cálcio, Ca



Magnésio, Mg



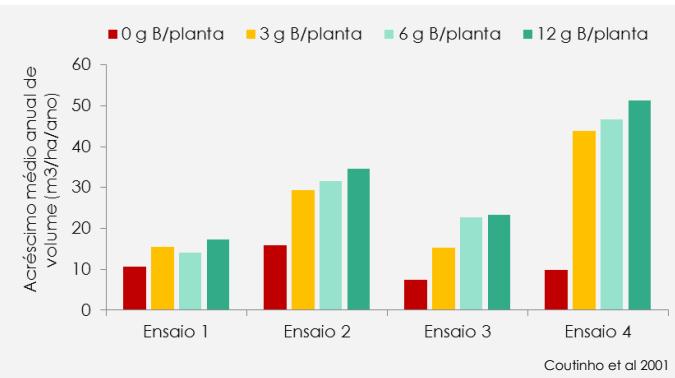
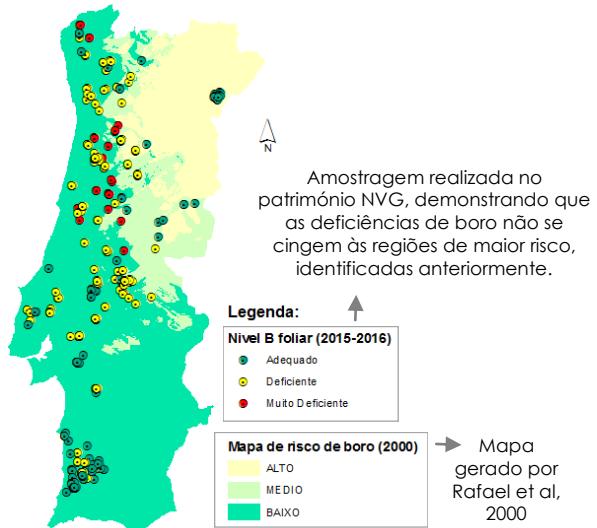
1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Alguns estudos de nutrição

-Resposta à aplicação de B-

O risco de deficiência de boro é maior no centro e interior de Portugal, mas podem ser observadas deficiências em qualquer região.

É um micronutriente que, quando em deficiência severa, provoca perda total de madeira com uso comercial.



Coutinho et al 2001

Resposta das plantas em um ensaio no interior do país

0 kg B/ha

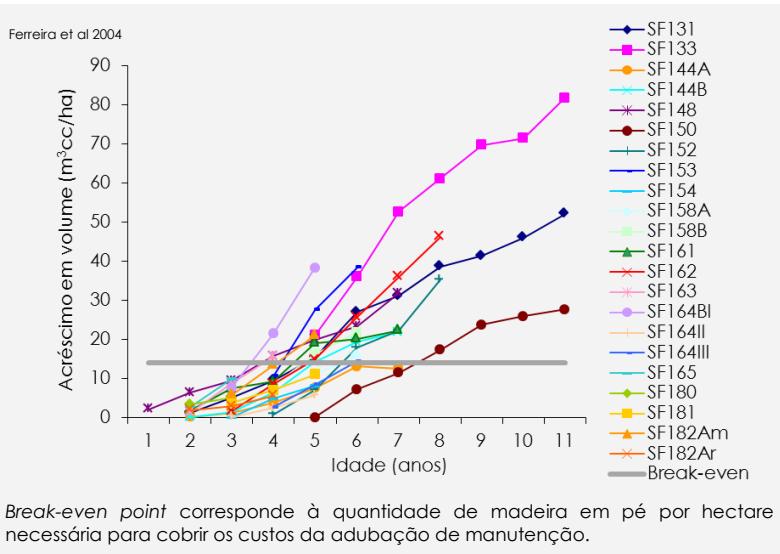
2 kg B/ha

6 kg B/ha



1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Magnitude da resposta à adubação de manutenção

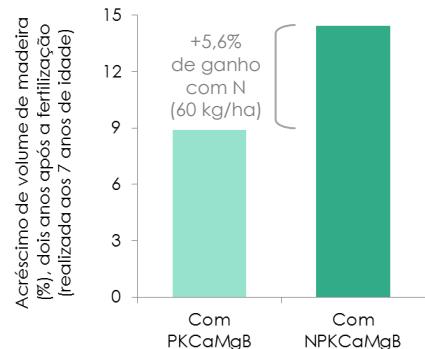


Break-even point corresponde à quantidade de madeira em pé por hectare necessária para cobrir os custos da adubação de manutenção.

Adubação tardia?

O ganho de adubação tende a ser menor.

Decisão depende do custo da prática e do nível de deficiência do povoamento.



Ferreira et al 2011, ensaio na região norte do país.

Ferreira e Fabres 2011

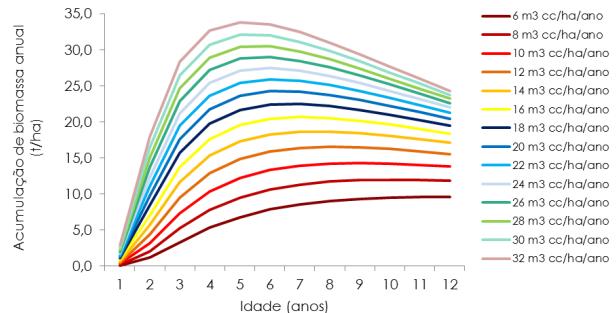
| Classes de produtividade | Produtividade média dos ensaios | Número de ensaios | Ganho médio da adubação (%) | Min-Max (%) | Número ensaios com idade > 7 anos | Ganho médio idade > 7 anos |
|--------------------------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 8-12 m^3 cc/ha/ano | 10,7 | 8 | 28,7 | 15,8-51,3 | 5 | 23,0 |
| 12-16 m^3 cc/ha/ano | 14,0 | 11 | 43,5 | 25,2-73,8 | 2 | 41,8 |
| >16 m^3 cc/ha/ano | 21,0 | 12 | 35,0 | 24,0-57,7 | 5 | 37,5 |

1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

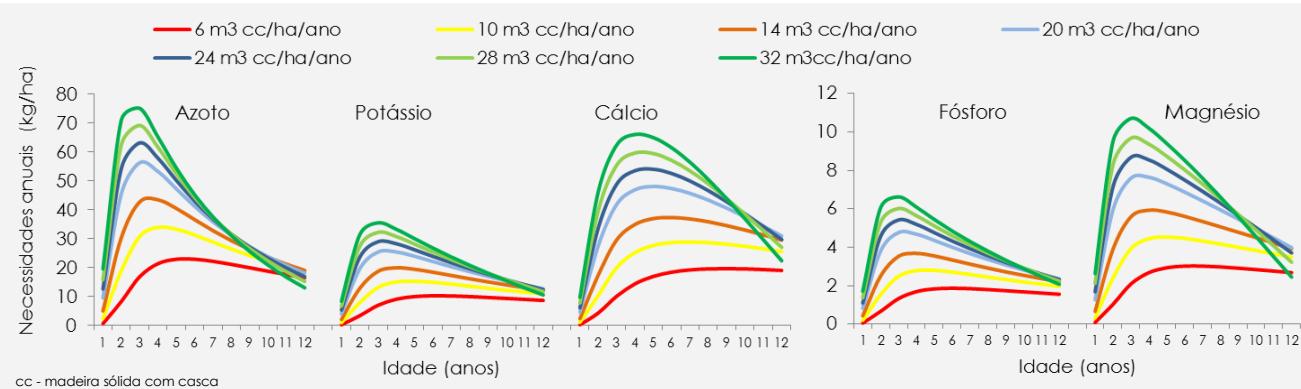
Acumulação de biomassa e necessidades de nutrientes em função da idade

- A acumulação de biomassa é proporcional à idade, bem como à taxa de crescimento.
- O pico de acumulação anual varia em função da produtividade (quanto mais produtivo, mais cedo no ciclo é).
- O pico de necessidades nutricionais acompanha, de modo geral, o pico de acumulação de biomassa na planta.

Estimativas elaboradas a partir do programa Nutriglobus (2002),
Modelo de produção SOP, densidade 1250 pl/ha.



Maiores necessidades do eucalipto entre 2 e 6 anos



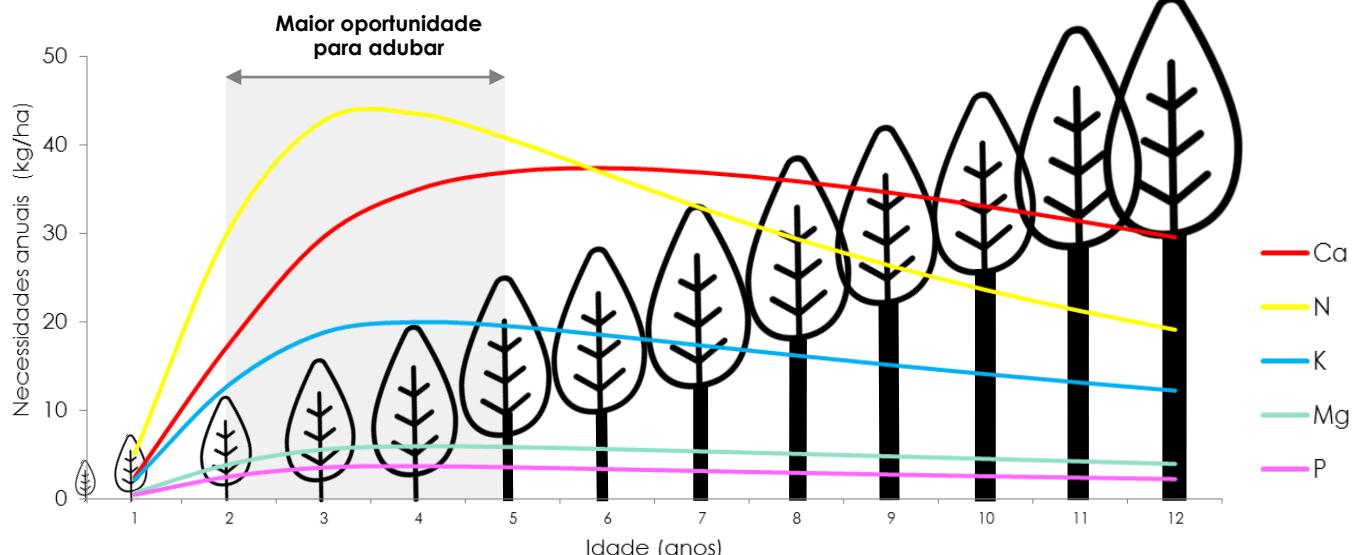
1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Necessidades de nutrientes em função da idade

-exemplo para a produtividade 14 m³ com casca/ha/ano-

A magnitude da necessidade anual é variável entre nutrientes

Período em que há maior probabilidade do ambiente não fornecer nutrientes em quantidade suficiente para as plantas



1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Produção de biomassa aos 12 anos

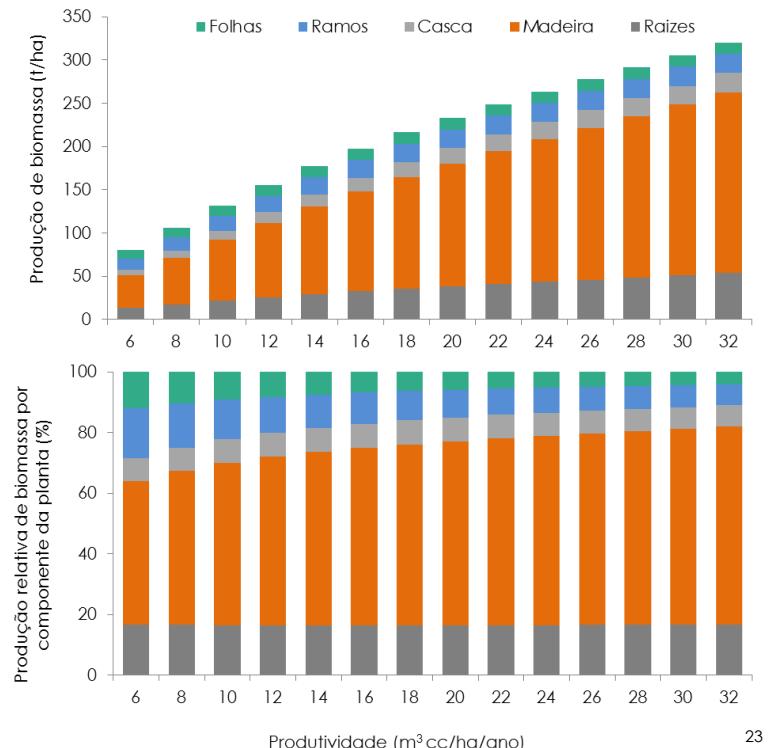
- Parte aérea ≈ 80-85% da biomassa total
- Madeira corresponde a 45 - 65% da biomassa total dependendo da produtividade
- Exploração de madeira + casca equivale a remover do ecossistema entre 55 e 75% do total de biomassa acumulada ao longo da rotação

Percentagem média de biomassa de cada componente de árvores adultas de eucalipto (12 anos)

(produtividades entre 6 e 32 m³ com casca/ha/ano)

| Componente da planta | % |
|----------------------|--------------|
| Madeira | 59 (47 a 65) |
| Casca | 8 (7 a 8) |
| Folhas | 7 (4 a 12) |
| Ramos | 10 (7 a 17) |
| Raízes | 16 (-) |

Estimativas elaboradas a partir do programa Nutriglobus (2002), modelo de produção SOP, densidade 1250 pl/ha.

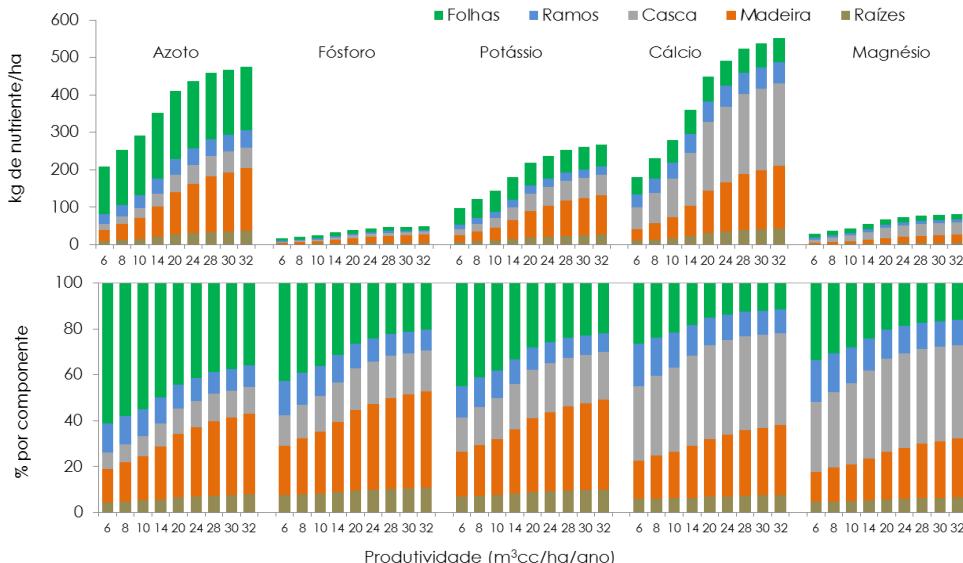


1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Necessidades de nutrientes numa rotação

Estimativas elaboradas a partir do programa Nutriglobus (2002), densidade 1250 pl/ha.

- A quantidade total de nutrientes absorvida e armazenada na biomassa é variável entre elementos e com a taxa de crescimento das plantas.
- Em termos médios, a ordem de grandeza na planta é: Ca > N > K > Mg > P > B.



Quantidade média necessária de nutrientes para o eucalipto
(produtividades entre 6 e 32 m³ com casca/ha/ano)

| Nutriente | kg/ha |
|-----------|-----------------|
| Azoto | 375 (200 a 475) |
| Fósforo | 35 (20 a 50) |
| Potássio | 200 (100 a 250) |
| Cálcio | 400 (175 a 550) |
| Magnésio | 60 (30 a 80) |
| Boro | 3 (1 a 5) |

1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Modelo de exploração florestal

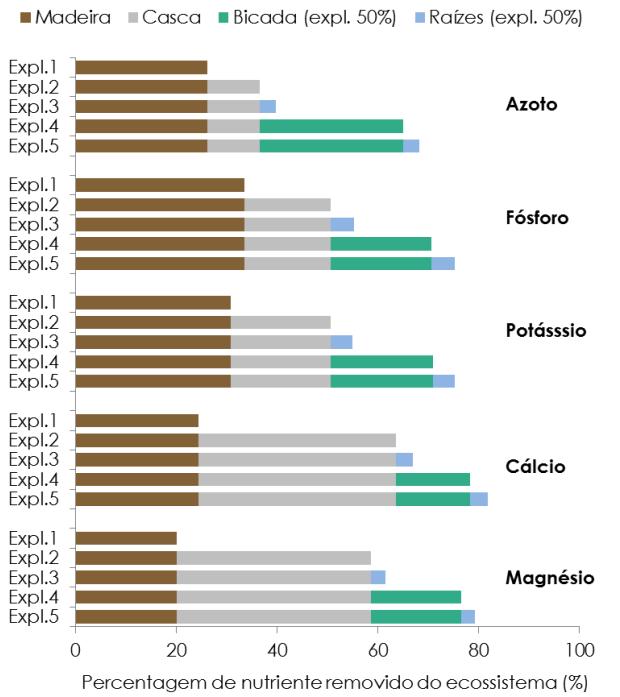
- Tem impacto no balanço de nutrientes e no modo de gestão futuro da área.
- A remoção da casca tem especial impacto nos nutrientes cálcio e magnésio, e a remoção da bicada (folhas + ramos) no azoto.

Estimativas elaboradas a partir do programa Nutriglobus (2002), densidade 1250 pl/ha.

Percentagem média de nutrientes nos diferentes componentes de biomassa do eucalipto

(12 anos, produtividades entre 6 e 32 m³ com casca/ha/ano)

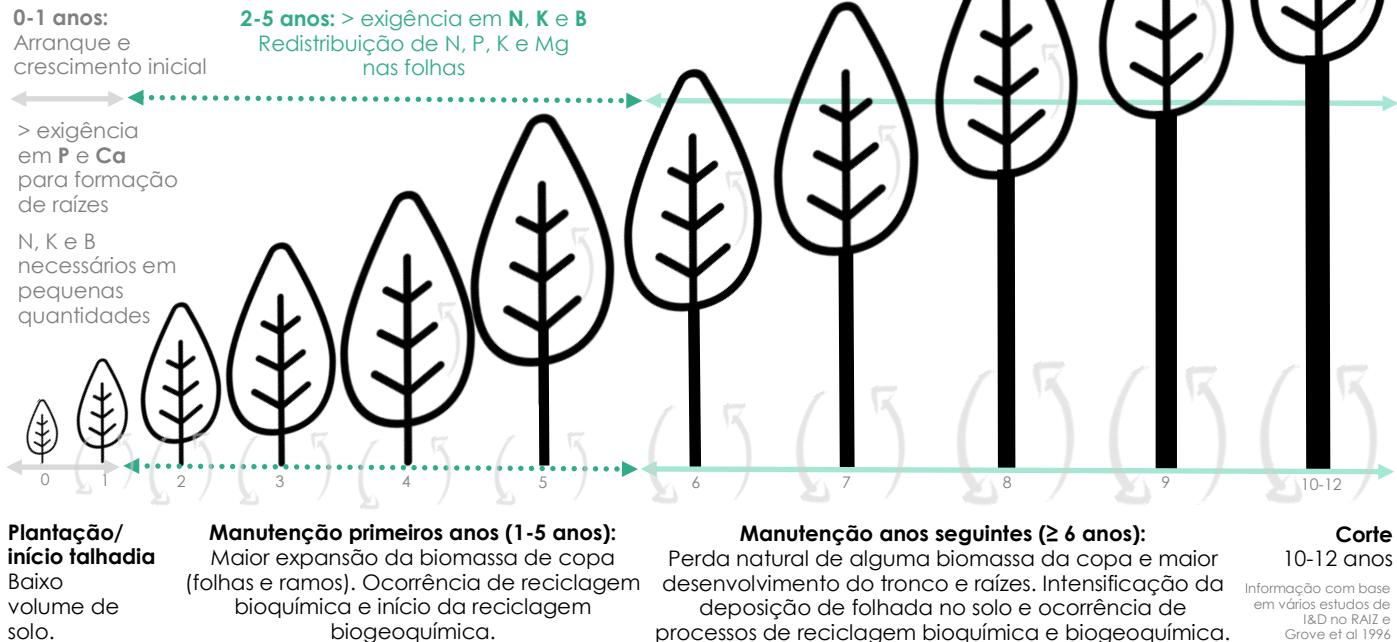
| Componente da planta | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Madeira | 26 (15 a 35) | 34 (20 a 42) | 31 (20 a 40) | 24 (17 a 30) | 20 (13 a 26) |
| Casca | 10 (7 a 12) | 17 (13 a 18) | 20 (15 a 22) | 39 (32 a 42) | 39 (30 a 42) |
| Folhas | 47 (35 a 60) | 29 (20 a 45) | 30 (20 a 45) | 17 (12 a 27) | 22 (15 a 35) |
| Ramos | 11 (9 a 13) | 11 (9 a 15) | 10 (8 a 14) | 13 (10 a 18) | 13 (11 a 18) |
| Raízes | 6 (4 a 8) | 9 (8 a 11) | 9 (7 a 10) | 7 (6 a 8) | 6 (4 a 7) |



1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Crescimento do eucalipto em Portugal

-Dinâmica nutricional-



1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o eucalipto em Portugal

Crescimento do eucalipto em Portugal

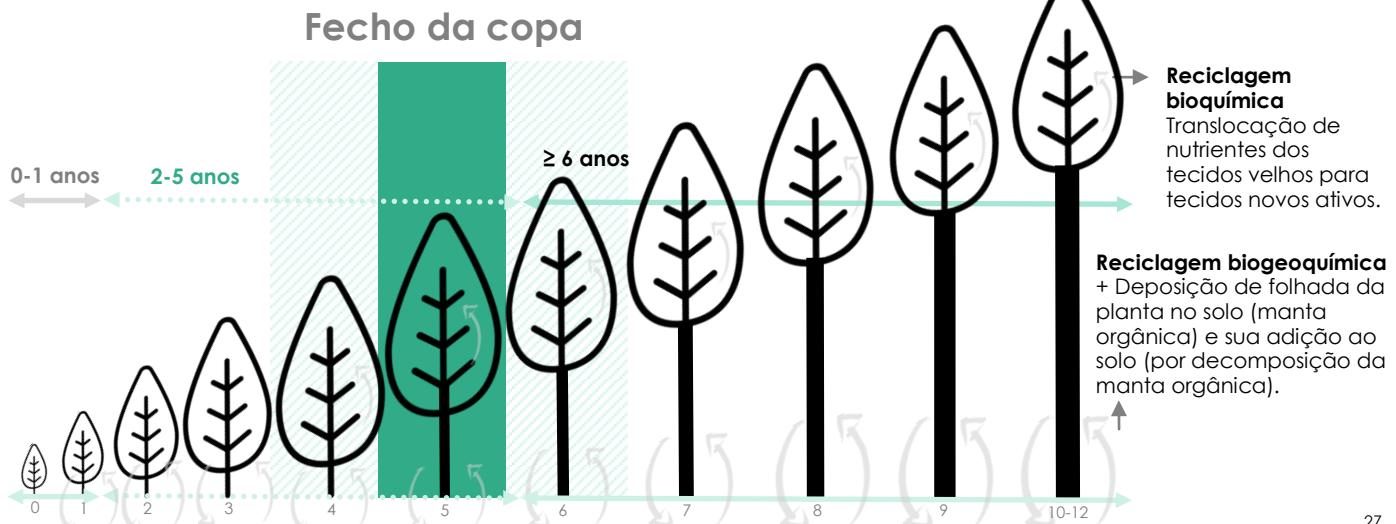
-Dinâmica nutricional-

Conceito de fecho da copa

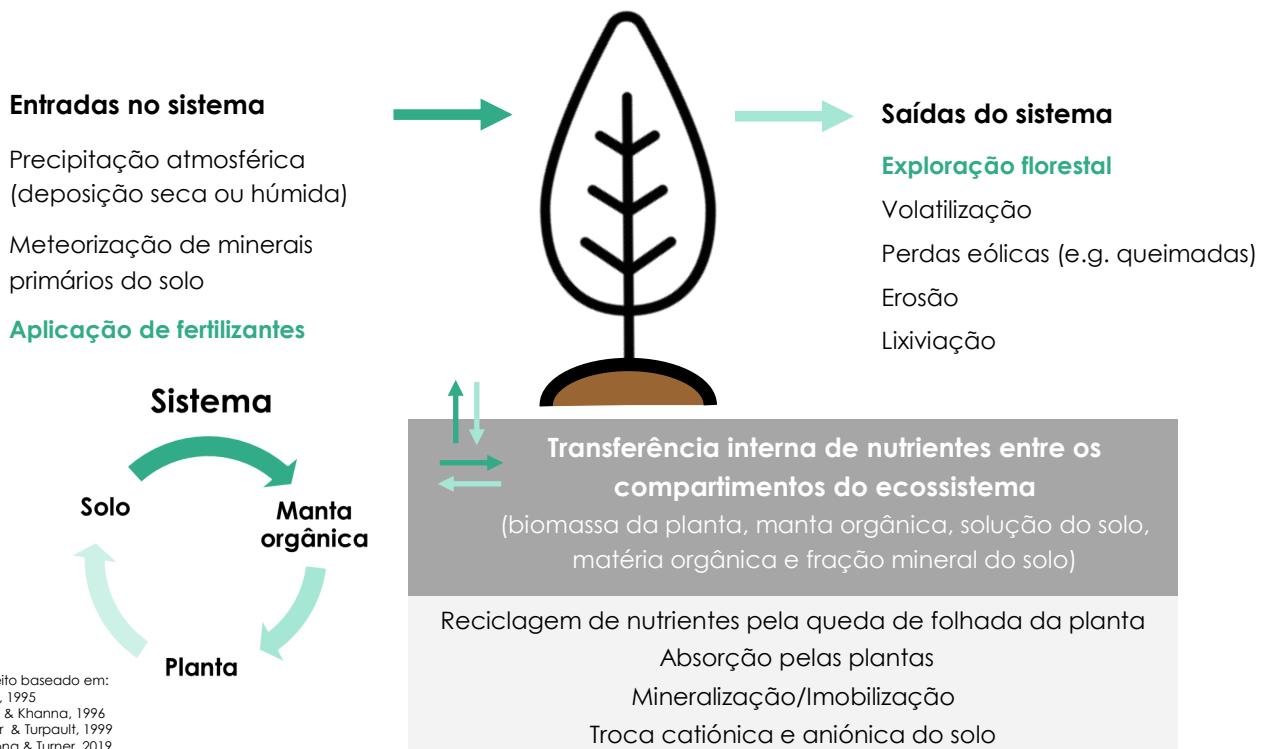
Corresponde à taxa de acumulação máxima de nutrientes (idade de > exigência nutricional).

É o ponto de transição entre o aumento da biomassa foliar e a sua estabilização.

Grove et al 1996



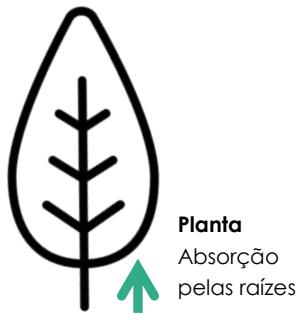
É preciso adubar? Depende do balanço de nutrientes no ecossistema.



O que é a fertilidade do solo?

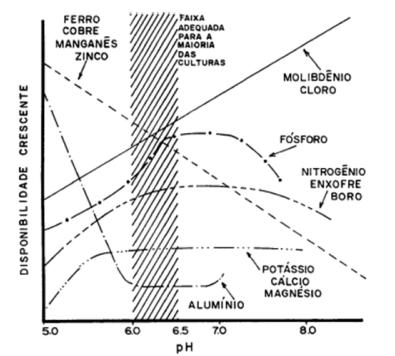
A fertilidade do solo corresponde à disponibilidade de nutrientes no solo e refere-se à capacidade deste em fornecer nutrientes às plantas.

É variável em função da composição química (orgânica e mineral) do solo e da dinâmica de interação nos diferentes compartimentos do solo. van Raij, 1981

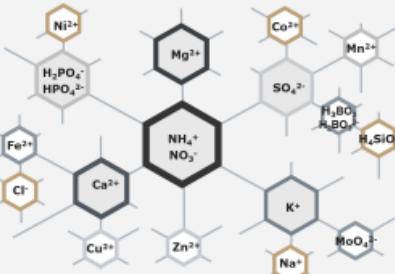


Esquema com base na informação dos apontamentos de J. Coutinho, UTAD (disciplina mestrado Fertilidade do Solo)

Influência do pH do solo na disponibilidade de nutrientes



Formas de absorção dos nutrientes pelas plantas



Malavolta, 1980

Malavolta, 1980

Movimento dos nutrientes no solo

-Tipos de fluxos-

| Fluxo de massa | Fluxo de difusão |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Os nutrientes estão estáticos dentro da massa de água, sendo transportados através desta.</p> <p>A quantidade de nutriente que chega à raiz é função da concentração de nutriente na solução do solo e da quantidade de água absorvida pela planta.</p> | <p>Movimentação dos nutrientes de uma zona de concentração mais alta para uma zona de concentração mais baixa.</p> <p>A quantidade de nutriente que chega à raiz é função do gradiente de concentração no solo. O fluxo pode ocorrer em direção à planta ou de forma inversa.</p> |



N, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Mo



P, K, N parcialmente

O coeficiente de difusão é 40 a 10 mil vezes menor que o coeficiente de difusão da água (fluxo de massa).

As raízes podem ainda absorver nutrientes por **interceção radicular** (ao se desenvolverem encontram os nutrientes).

-Mobilidade no solo-



Elementos imóveis:
P, Cu, Fe

Com mobilidade intermédia:
N, K, Ca, Mg

Com maior mobilidade:
Cl, NO₃⁻

-Velocidade de absorção-

Aniões

NO₃⁻ > Cl⁻ > SO₄²⁻ > H₂PO₄⁻

Catiões

NH₄⁺ > K⁺ > Na⁺ > Mg²⁺ > Ca²⁺

Não esquecer que ocorre antagonismo entre alguns iões no solo.

Fases sólidas com atividade:

Com interesse eletroquímico ou elevada solubilidade

| Fração orgânica do solo |
|-------------------------|
| Húmus |

Estruturas/cadeias em fita com muitos grupos carboxílicos (COOH), e também amina e enxofre

| Fração mineral do solo |
|-------------------------------------|
| Minerais secundários e precipitados |

Óxidos de ferro e hidróxidos de alumínio
Minerais de argila
Precipitados

↓
95 a 98% de N
5 a 40% de P
Algum K, Ca, Mg e micronutrientes

↓
2 a 5% de N
60 a 95% de P
Grande parte do **K, Ca, Mg e micronutrientes**

Elevados teores de matéria orgânica e argila no solo contribuem para a "fixação" de fósforo e, assim, para a redução da disponibilidade de frações lábeis de P para as plantas.



-Tipos de interação-

Fenómenos de superfície
(por exemplo a adsorção) ocorrem à superfície dos constituintes do solo

Fenómenos de precipitação
resultam do aumento de concentração dos iões em solução com consequente formação de precipitados (sentido do fluxo solubilização-precipitação depende do Kps)

-Fração disponível de um nutriente-

- Formas iónicas em solução
- Formas minerais associadas às fases sólidas que, num prazo de 1-2 dias, podem restabelecer o equilíbrio na solução em resposta a alterações da atividade do nutriente Barber, 1995
- Constituintes de moléculas orgânicas mineralizadas durante a fase de crescimento das plantas

Importância da matéria orgânica do solo



| Ação | Efeitos sobre a qualidade do solo |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Escurecimento do horizonte superficial do solo (epipedon) | Diminui o albedo pela diminuição da radiação refletida, melhorando o balanço de energia do solo |
| Estruturação do solo | Favorece a: formação e estabilidade de agregados, arejamento, resistência ao encrostamento, velocidade de infiltração, circulação de água, penetração das raízes, resistência à erosão e a ação dos discos ou ripper na mobilização do solo |
| Adsorção e troca de iões | Intervém no ciclo biogeoquímico de nutrientes, através de: armazenamento sob formas orgânicas, evitando perdas por lixiviação e libertando nutrientes ao mineralizar-se |
| Retenção e disponibilidade de água | Controla a acidez e alcalinidade do solo devido a seu poder tampão e carácter anfótero |
| Estimulação da atividade biológica | Permite a formação de complexos e quelatos, através de: mobilização de metais e papel depurador de substâncias contaminantes |
| Estimulação de crescimento vegetal | Aumenta a capacidade de retenção de água e melhora o balanço hídrico do solo |
| | Proporciona energia e nutrientes para a flora e fauna do solo |
| | Contém reguladores de crescimento |
| | Possui efeitos antibióticos sobre patógenos |

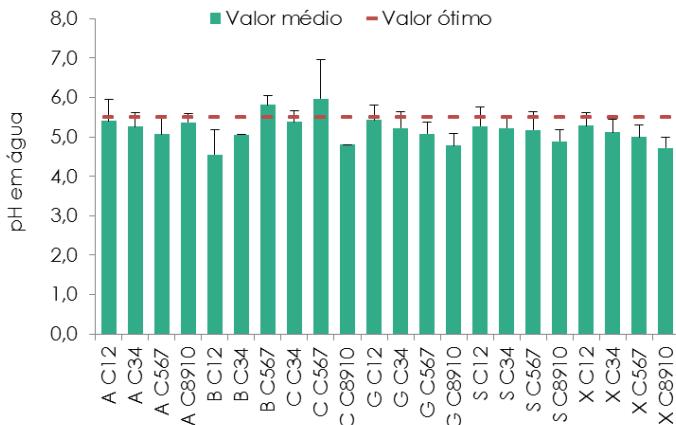
Adaptado de Porta et al, 1994 por Fabres e Machado 2012

1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o solo sob eucalipto em Portugal

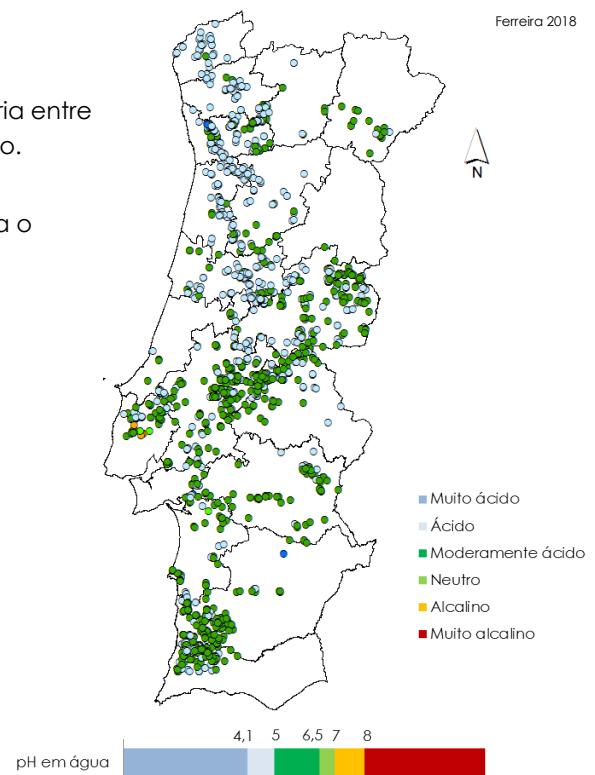
pH do solo (em água)

De modo geral, o pH em solos sob povoamentos de eucalipto varia entre os valores de 4,0 e 6,0, tendo cariz ácido a moderadamente ácido.

Há todavia outras condições no país, como os solos tipicamente calcários, em que o pH é alcalino, o que limita a sua aptidão para o eucalipto. Estes solos não estão representados neste estudo.



A - Areias, B - Basaltos e afins, C - Calcários e afins, S - Sedimentos, G - Granito e afins e X - Xistos e afins. C12, C34, C567, C890 - agrupamentos de classes de potencial climático, de acordo com a metodologia de classificação de aptidão climática da RAIZ (classes de 0 a 10, em que 0 indica inaptidão, 1 a classe de aptidão menos favorável e 10 a mais favorável para o crescimento do eucalipto). Barra vertical por cima do valor médio da classe representa o desvio padrão.

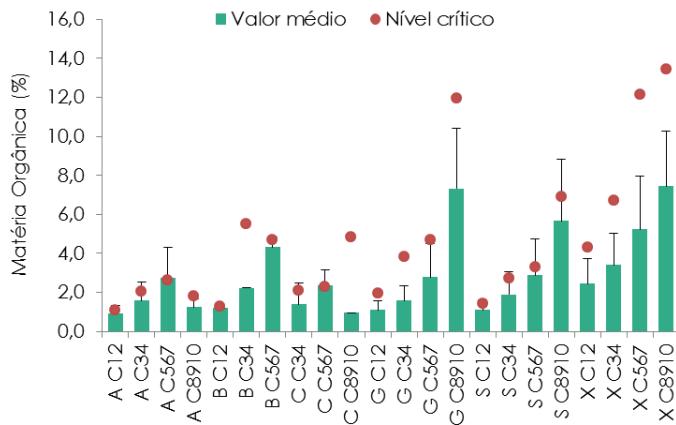


1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o solo sob eucalipto em Portugal

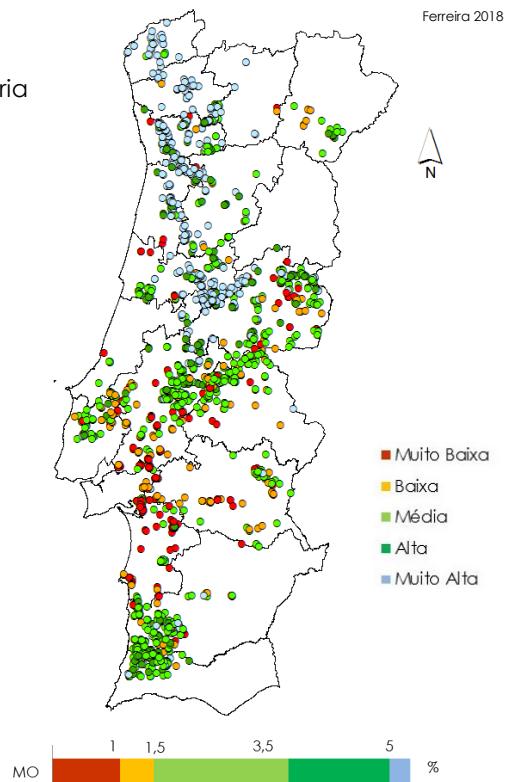
Matéria orgânica

O teor de matéria orgânica em solos sob povoamentos de eucalipto varia de muito baixo a elevado, havendo uma grande fração de valores moderados ou em níveis inferiores.

De modo geral, as maiores concentrações são observadas no norte e centro litoral do país e as menores no centro e sul interior.



A - Areias, B - Basaltos e afins, C - Calcários e afins, S - Sedimentos, G - Granito e afins e X - Xistos e afins. C12, C34, C567, C890 - agrupamentos de classes de potencial climático, de acordo com a metodologia de classificação de aptidão climática da RAIZ (classes de 0 a 10, em que 0 indica inaptidão, 1 a classe de aptidão menos favorável e 10 a mais favorável para o crescimento do eucalipto). Barra vertical por cima do valor médio da classe representa o desvio padrão.

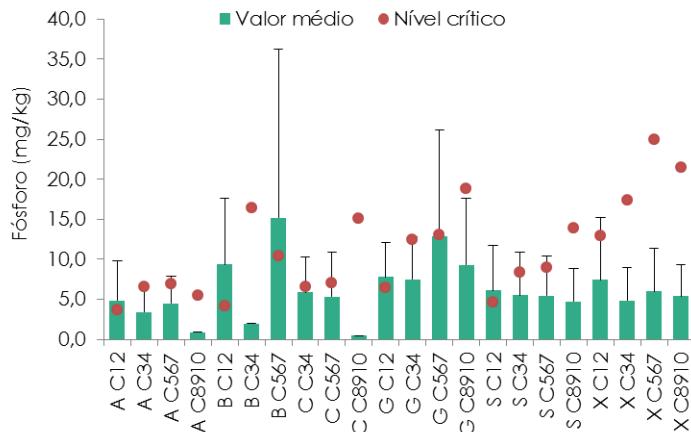


1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o solo sob eucalipto em Portugal

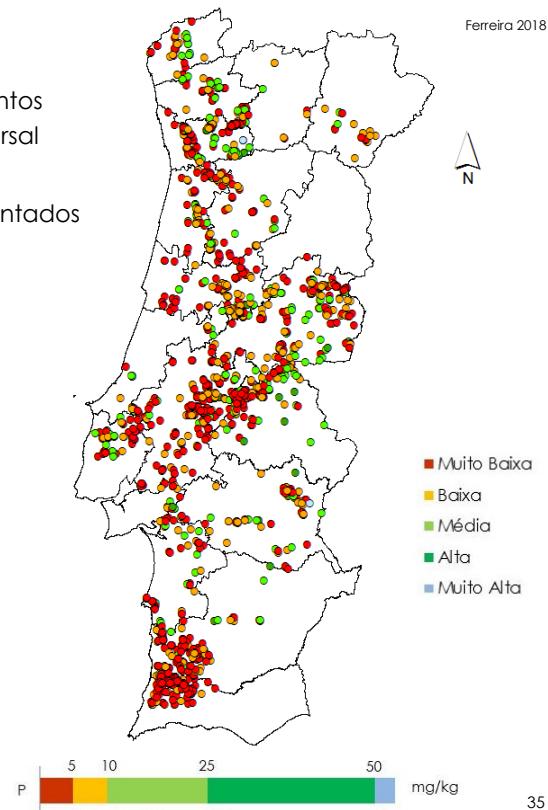
Fósforo

O teor de fósforo extraível (em Egner-Riehm) em solos sob povoamentos de eucalipto é de modo geral muito baixo. Esta tendência é transversal à região do país.

Os solos com material de origem de basalto, embora pouco representados neste universo, tendem a ser um pouco mais ricos neste nutriente.



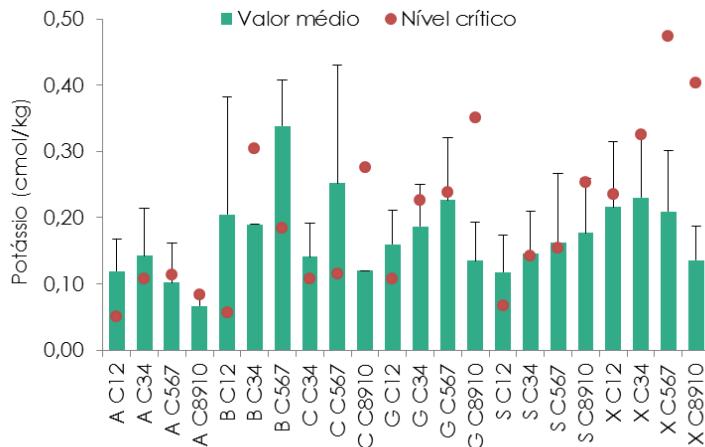
A - Areias, B - Basaltos e afins, C - Calcários e afins, S - Sedimentos, G - Granito e afins e X - Xistos e afins. C12, C34, C567, C890 - agrupamentos de classes de potencial climático, de acordo com a metodologia de classificação de aptidão climática da RAIZ (classes de 0 a 10, em que 0 indica inaptidão, 1 a classe de aptidão menos favorável e 10 a mais favorável para o crescimento do eucalipto). Barra vertical por cima do valor médio da classe representa o desvio padrão.



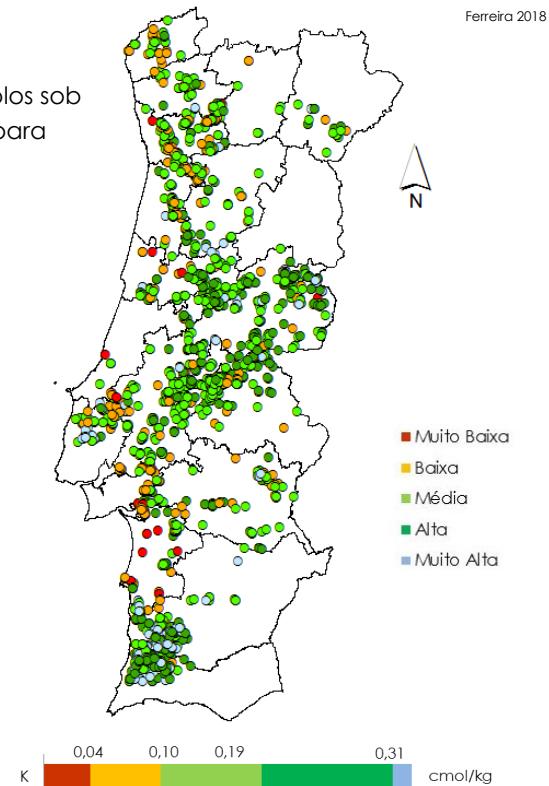
1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o solo sob eucalipto em Portugal

Potássio

O teor de potássio de troca (por acetato de amónio a pH 7,0) em solos sob povoamentos de eucalipto varia bastante no país, com tendência para menores concentrações em condições mais chuvosas, independentemente da origem litológica.



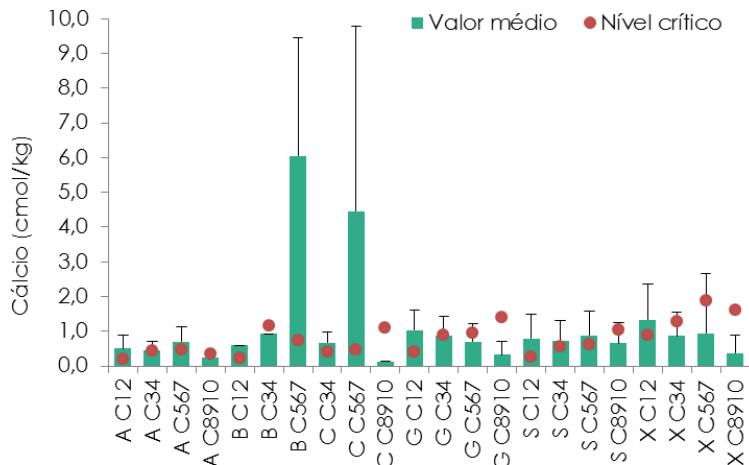
A - Areias, B - Basaltos e afins, C - Calcários e afins, S - Sedimentos, G - Granito e afins e X - Xistos e afins. C12, C34, C567, C890 - agrupamentos de classes de potencial climático, de acordo com a metodologia de classificação de aptidão climática da RAIZ (classes de 0 a 10, em que 0 indica inaptação, 1 classe de aptidão menos favorável e 10 a mais favorável para o crescimento do eucalipto). Barra vertical por cima do valor médio da classe representa o desvio padrão.



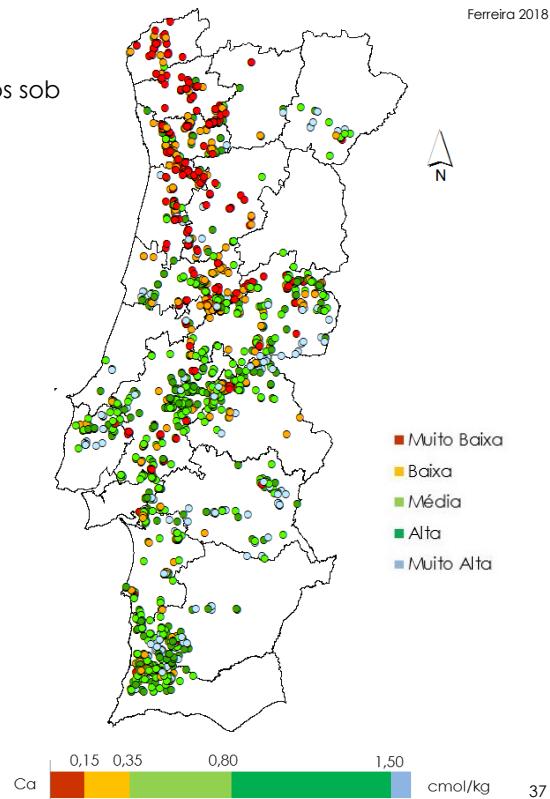
1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o solo sob eucalipto em Portugal

Cálcio

O teor de cálcio de troca (por acetato de amónio a pH 7,0) em solos sob povoamentos de eucalipto é de modo geral mais baixo no norte e centro litoral, em condições mais chuvosas.



A - Areias, B - Basaltos e afins, C - Calcários e afins, S - Sedimentos, G - Granito e afins e X - Xistos e afins.
C12, C34, C567, C8910 - agrupamentos de classes de potencial climático, de acordo com a metodologia de classificação de aptidão climática do RAIZ (classes de 0 a 10, em que 0 indica inaptidão, 1 a classe de aptidão menos favorável e 10 a mais favorável para o crescimento do eucalipto). Barra vertical por cima do valor médio da classe representa o desvio padrão.

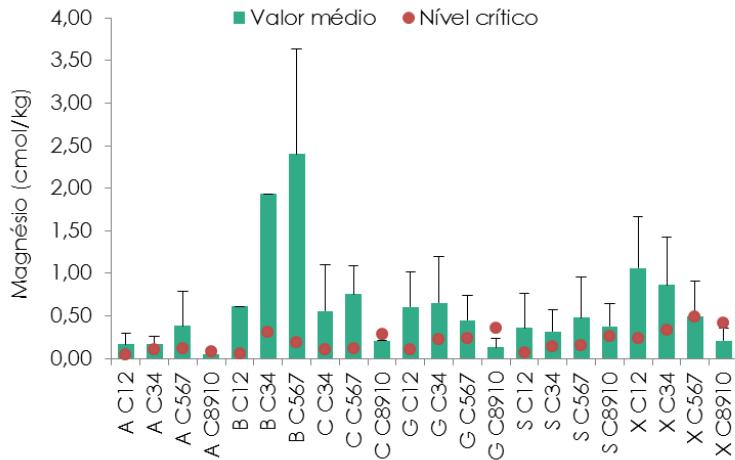


1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o solo sob eucalipto em Portugal

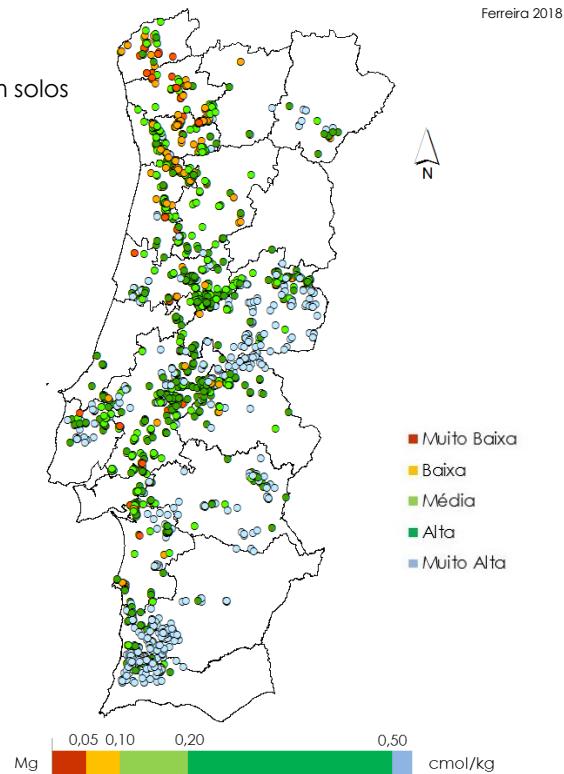
Magnésio

O teor de magnésio de troca (por acetato de amónio a pH 7,0) em solos sob povoamentos de eucalipto é geralmente médio a elevado.

Em condições mais chuvosas, a sua concentração no solo tende a diminuir.



A - Areias, B - Basaltos e afins, C - Calcários e afins, S - Sedimentos, G - Granito e afins e X - Xistos e afins. C12, C34, C567, C890 - agrupamentos de classes de potencial climático, de acordo com a metodologia de classificação de aptidão climática da RAIZ (classes de 0 a 10, em que 0 indica inaptidão, 1 a classe de aptidão menos favorável e 10 a mais favorável para o crescimento do eucalipto). Barra vertical por cima do valor médio da classe representa o desvio padrão.



1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: o solo sob eucalipto em Portugal

Em termos de **cálculo da quantidade de nutriente no solo** para a cultura do eucalipto, apenas a **camada superficial do solo é contabilizada/amostrada (até 40 cm)**.

As camadas mais profundas são essencialmente utilizadas como suporte às plantas e absorção da água do solo.

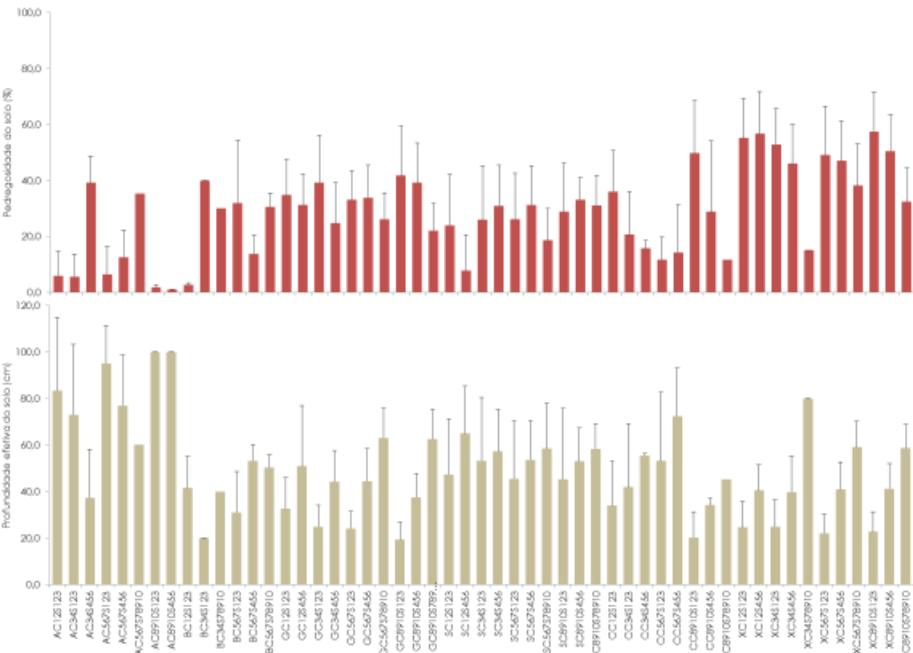
Para cálculo da **massa útil de solo**, é necessário considerar ainda o nível de pedregosidade e a densidade aparente do solo.

| Agrupamento litológico | Dens. aparente média do solo ¹ |
|------------------------|-------------------------------------------|
| Areias | 1480 kg/m ³ |
| Basaltos e afins | 1250 kg/m ³ |
| Granito e afins | 1380 kg/m ³ |
| Sedimentos | 1380 kg/m ³ |
| Calcários e afins | 1250 kg/m ³ |
| Xistos e afins | 1250 kg/m ³ |

¹ Em climas 8910, a DAP é de 1000 a 1100 kg/m³

Os solos sob povoamentos de eucalipto são, de modo geral, pedregosos e bastante variáveis em termos de profundidade efetiva.

Ferreira e Rafael
2015



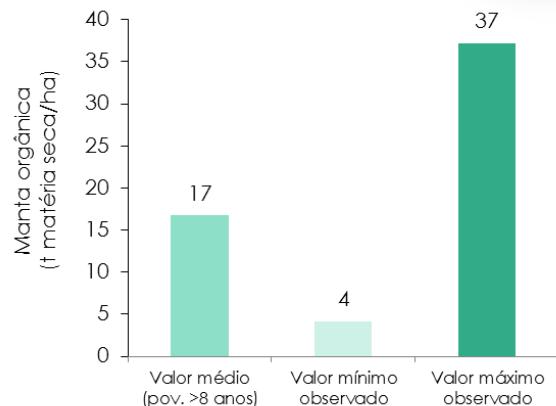
Profundidade efetiva do solo e pedregosidade avaliadas com base em informação disponível da zonagem edafoclimática de propriedades (RAIZ). Utilizados 150 kha zonados, num total de 78.248 registos de profundidade e 71.709 registos de pedregosidade. Barra vertical por cima do valor médio da classe representa o desvio padrão.

1 Alguns conceitos de Nutrição Vegetal: manta orgânica em eucaliptais

Ferreira et al 2020

Manta orgânica

À medida que os eucaliptais se desenvolvem, a formação de uma camada orgânica na superfície do solo intensifica-se, face à reciclagem geoquímica (correspondente à transferência de nutrientes entre a planta e o solo), principalmente a partir dos 4-6 anos de idade, quando as plantas têm a copa bem formada e começam a investir mais no desenvolvimento do tronco.



A gestão florestal influencia o potencial de acumulação de manta orgânica

Capítulo 2: Aspetos a ter em conta na adubação

2. Aspetos a ter em conta na adubação

pg. 41

| | | |
|---------------------------------------------------------------------|--------|---|
| Componentes de um programa de adubação | pg. 42 | |
| Défice nutricional | pg. 43 | 1 |
| Exemplos de programas de adubação | pg. 44 | |
| Otimização do fertilizante | pg. 46 | 2 |
| Características dos fertilizantes | pg. 46 | |
| Otimização do fertilizante: o caso do eucaliptal | pg. 50 | |
| Otimização da aplicação | pg. 54 | 3 |
| Época de aplicação | pg. 54 | |
| Timing de aplicação para o eucaliptal | pg. 55 | 4 |
| Métodos e doses de aplicação para a instalação do eucaliptal | pg. 56 | |
| Calcários e outros transversais à fase de crescimento do eucaliptal | pg. 59 | |
| Métodos e doses de aplicação para a manutenção do eucaliptal | pg. 60 | |
| Boas práticas na adubação e segurança | pg. 70 | |

É preciso adubar?

Componentes de um programa de adubação

1.

Défice nutricional no sistema solo-planta

Balanço entre as necessidades da planta e a disponibilidade de nutriente no sistema (solo, gestão e sustentabilidade da capacidade produtiva).

Define:

- Idade(s) de adubação
- Quantidade de cada nutriente a aplicar

2.

Otimização do fertilizante

Formulação, formas químicas, poder salino, coeficiente de utilização, qualidade física. Define:

- Quantidade de adubo
- Quantidade efetiva de cada nutriente, quando aplicação conjunta

3.

Otimização operação no terreno

Escolha do equipamento, método e *timing* de aplicação. Define:

- Método de aplicação
- Altura de aplicação no ciclo de crescimento e altura do ano

- É importante adotar uma gestão nutricional preventiva, com uma estratégia de longo prazo para o ecossistema (manutenção da capacidade produtiva do solo)
- Não esquecer o importante **papel da matéria orgânica do solo** no ecossistema

1. Défice nutricional no sistema solo-planta

Para obter um valor rigoroso do défice nutricional num dado local, todas as variáveis inerentes ao balanço devem ser conhecidas.

Dada a dificuldade em medir essas variáveis local a local, diferentes abordagens podem ser utilizadas para calcular o défice de nutrientes.

Algumas opções são por exemplo:

- A. Utilizar modelos de adubação com base em dados médios nutricionais das plantas e de solo por região (ou também designada de zona homogénea)**
- B. Análise química de folhas e/ou de solo e utilização de modelo de adubação com estes dados de entrada
- C. Análise química de folhas e/ou de solo e comparação com grelha de referência para correspondência entre os níveis nutricionais e o nível de adubação
- D. Diagnóstico visual das plantas e atribuição de nível nutricional, com respetiva adubação correspondente**



Exemplo do Nutriglobus

Programa de recomendação de adubação para o eucalipto em Portugal, desenvolvido pelo RAIZ em 2002



Necessidades nutricionais

Tem por base a conversão de volume de madeira em biomassa e considera a concentração de nutriente por componente para obtenção de kg de nutriente na planta.

Entradas: produtividade, rotação, regime de gestão, análise química e características físicas do solo.

Disponibilidade de nutrientes no solo

Tem como dados de entrada uma análise de solo para determinação da massa de terra fina do solo e consequente disponibilidade de nutrientes no sistema.

Considera o modelo de exploração do povoamento e adota alguns fatores de sustentabilidade da capacidade produtiva do solo.

Défice nutricional

○ **défice por nutriente é dado como output, expresso em kg/ha.**

Tem também um módulo que permite simular a aplicação de diferentes adubos (custos).

NutriSolver 2015

Aspectos a ter em conta na adubação

Programa misto

- uma opção -

Ferreira e Rafael
2015

Fertilidade do solo determinada por:
Agrupamentos litologia x clima, usando as + de 2000 análises de solo da base de dados RAIZ ≈1995-2018

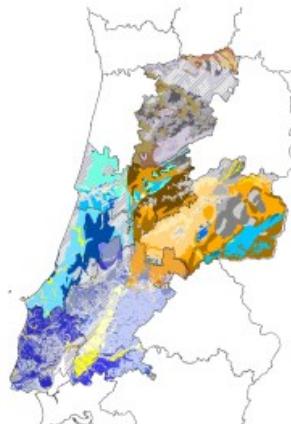
Massa útil de solo determinado por:
Todas as combinações LCS com zonagem, usando património zonado com ZEC RAIZ ≈ 150 kha, 78.248 registos de profundidade e 71.709 registos de pedregosidade

Produtividade determinada por:
Regiões de Produtividade RAIZ (1 a 8, em que RP1 é a de maior produtividade e a 8 a de menor), valor médio por agrupamento Clima x Solo

1. Necessidades nutricionais para a instalação com base em resultados de ensaios e para a manutenção através do modelo de adubação *Nutriglobus* (RAIZ)
2. Disponibilidade de nutrientes no solo através de rede de amostras de solo do RAIZ
3. Definição e regiões de adubação (agrupamentos de classes de litologia x clima x solo - LCS)
4. Determinação de balanço através do *Nutriglobus* (cálculo do défice nutricional por balanço de massa)
5. Aferição da quantidade (estabelecimento de classes) e tipologia de adubos

Mapa cartográfico das regiões LCS
= Regiões de adubação

(exemplo para a região centro do país)



A - Areias, B - Basaltos e afins, C - Calcários e afins, S - Sedimentos, G - Granito e afins e X - Xistos e afins.

C12, C34, C567, C890 - agrupamentos de classes de potencial climático, de acordo com a metodologia de classificação da aptidão climática para o eucalipto do RAIZ (classes de 0 a 10, em que 0 indica inaptidão, 1 a classe de aptidão menos favorável e 10 a mais favorável em termos climáticos para o eucalipto).

S123, S456, S8910 - agrupamentos de classes de potencial de solo, de acordo com a metodologia de classificação da aptidão de solo para o eucalipto do RAIZ (classes similares ao clima).

2. Otimização do fertilizante

É necessário conhecer:

- Tipologia dos adubos
- A formulação do adubo e a forma química dos nutrientes, sempre que aplicável
- Compatibilidade entre nutrientes
- Eficiência de utilização dos elementos no adubo (por exemplo o coeficiente de utilização)



Complexo
mistura de grânulos de diferentes nutrientes no grão



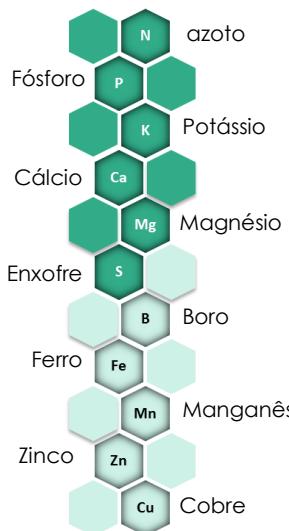
Blend (ou mistura)
mistura de grãos de diferentes nutrientes

Após conhecer o défice de cada nutriente a aplicar, é necessário converter esse valor em unidades fertilizantes (adubo), bem como compreender se será necessário aplicar um ou mais fertilizantes.



Leitura da formulação

↓ Identificação dos elementos químicos



→ De acordo com a regulação europeia, fósforo e potássio são expressos na formulação pelas moléculas P_2O_5 e K_2O .

Conversão:

$$P = P_2O_5/2,29$$

$$K = K_2O/1,205$$

ESPECIFICAÇÃO DE PRODUTO

ADUBO COMPLEXO NPK (Mg-S)
com Boro (B), Ferro (Fe) e Zinco (Zn)
Pobre em Cloro
10-11-18 (2-23)



Outras informações úteis na ficha técnica:

- Forma ou formas químicas de N presentes no adubo
- Solubilidade dos elementos em água ou outra solução

adubo 10-11-18

| | Nominal | Máx. / Mín. |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|
| Azoto Total (N, %) * | 10 | 8.9 (Mín.) |
| Azoto Nítrico (N, %) | 2.5 | 1.5 (Mín.) |
| Azoto Amoniacal (N, %) | 7.5 | 6.5 (Mín.) |
| Pentóxido de Fósforo Solúvel em Água (P_2O_5 , %) | 6 | 4.9 (Mín.) |
| Pentóxido de Fósforo Solúvel em Citrato de Amônio Neutro e Água (P_2O_5 , %) * | 11 | 9.9 (Mín.) |
| Óxido de Potássio Solúvel em Água (K_2O , %) * | 18 | 16.9 (Mín.) |
| Óxido de Magnésio Total (MgO , %) | 2 | 2.0 (Mín.) |
| Óxido de Magnésio Solúvel em Água (MgO , %) | 0.5 | 0.4 (Mín.) |
| Trióxido de Enxofre Total (SO_3 , %) | 23 | 22.1 (Mín.) |
| Trióxido de Enxofre Solúvel em Água (SO_3 , %) | 11.5 | 10.6 (Mín.) |
| Boro Total (B, %) | 0.01 | 0.01 (Mín.) |
| Ferro Total (Fe, %) | 0.02 | 0.02 (Mín.) |

O azoto amídico ou ureico (N_2H_4) a temperaturas elevadas e umidade na superfície do solo forma amoníaco ($N-NH_3$), que é perdido por volatilização

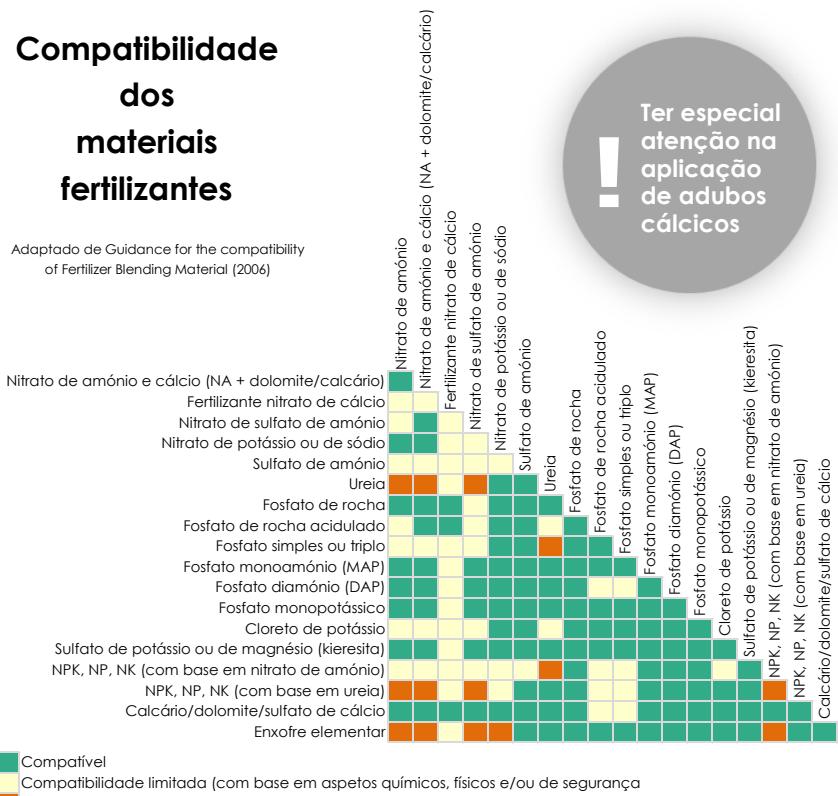
O nitrato ($N-NO_3^-$) lixivia com facilidade

Dar preferência a adubos com mais de 50% de N na forma amoniacal.

Verificar solubilidade de P em citrato de amônio neutro (ou água) e de K em água.

Compatibilidade dos materiais fertilizantes

Adaptado de Guidance for the compatibility of Fertilizer Blending Material (2006)



Compatível

Compatibilidade limitada (com base em aspectos químicos, físicos e/ou de segurança)

Incompatível (com base em aspectos químicos, físicos e/ou de segurança)

Coeficiente de eficiência dos materiais

É variável em função da forma química e seu comportamento no solo.

| Elemento | % |
|--------------------------------------|----|
| Azoto ureico ou amídica (N_2H_4) | 65 |
| Azoto amoniacal ($N-NH_4^+$) | 80 |
| Azoto nítrico ($N-NO_3^-$) | 55 |
| Fósforo em solos de textura ligeira | 70 |
| Fósforo em solos de textura média | 60 |
| Fósforo em solos de textura pesada | 50 |
| Potássio em solos de textura ligeira | 80 |
| Potássio em solos de textura média | 85 |
| Potássio em solos de textura pesada | 90 |
| Boro | 90 |
| Cálcio | 90 |
| Magnésio | 90 |

Ferreira e Rafael, 2015

Qualidade física do adubo

A importância da granulometria

A dimensão dos grânulos de adubo assume particular importância, pois materiais muito finos tornam-se mais compactos e de difícil aplicação, quer de forma manual quer mecanicamente.

Estes exigem também mais cuidado na aplicação (por exemplo uso de máscara).

Mau estado físico dos adubos

O adubo não deve estar humedecido ou empedrado.

A eficiência da adubação poderá ser menor.



Segregação de grânulos

A mistura dos diferentes tipos de grânulos deve ser homogénea para minimizar a segregação do adubo e, em consequência, provocar perdas de eficiência.



Adubos na instalação do eucalipto

A aplicação dos adubos na proximidade das raízes das plantas de eucalipto nesta fase exige especial atenção para as suas características, tais como o tipo de revestimento e poder salino.

Adubos de liberação controlada

Devem ter as seguintes características:

- Período de liberação de 8-9 meses
- Nutrientes inteiramente capsulados
- Máximo de 0,1% de boro
- Preferência mistura de grânulos de nutrientes no mesmo grão (adubo complexo)



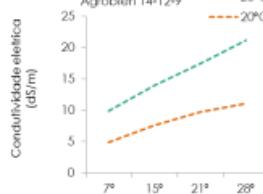
Ver detalhe dos sintomas no Cap. 3

Toxicidade de boro na planta por aplicação de adubo com excesso de boro (0,5% B na formulação). Pode levar à morte das plantas.

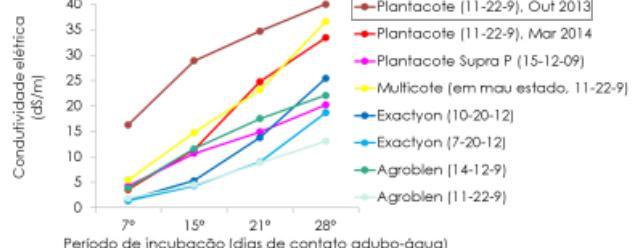
Uso da condutividade elétrica como indicador da qualidade dos adubos

Ferreira et al 2015

Medição da condutividade elétrica como medida indireta da liberação de nutrientes pelo adubo, calibrado com ensaios de campo.



Mortalidade de 100% das plantas no terreno



Adubos na instalação do eucaliptal (continuação)

Adubos não capsulados

P

Adubação fosfatada

A **aplicação de fósforo** na instalação do eucaliptal é fundamental para um bom arranque das plantas e pode ser **feita de forma espalhada no solo, na proximidade das raízes das plantas** dado o seu poder salino ser baixo.



Exemplificação da adubação com fósforo passando junto à planta, sem provocar dano para a mesma.

NPK

Os **adubos NPK** não capsulados são uma alternativa à aplicação de adubo de libertação controlada e adubação fosfatada, mas pela quantidade que tem de ser aplicada e o poder salino do azoto e potássio **devem ser aplicados na plantação afastados das plantas.**

| Poder salino | % |
|-----------------------------|-----------|
| Nitrato de sódio | 100 |
| Nitrato de amónio | 105 |
| Sulfato de amónio | 69 |
| MAP | 34 |
| Ureia | 75 |
| Superfosfato simples | 8 |
| Superfosfato triplo | 10 |
| Cloreto de potássio | 116 |
| Nitrato de potássio | 46 |
| Sulfato de potássio | 46 |

Malavolta et al 2000



Exemplificação dos danos causados nas plantas pelo aumento de solubilidade de adubo NPK não capsulado colocado junto às raízes. Ocorre a elevação da concentração salina e a pressão osmótica no solo, o que leva a perda de água na planta (processo de plasmólise) e morte.

2

Aspectos a ter em conta na adubação: o caso do eucalipto

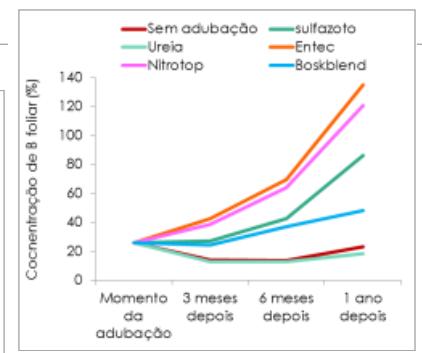
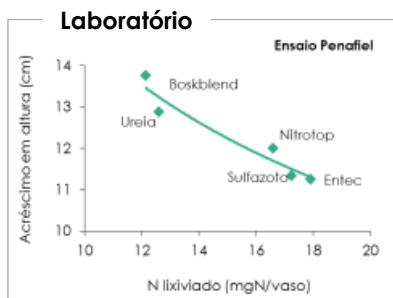
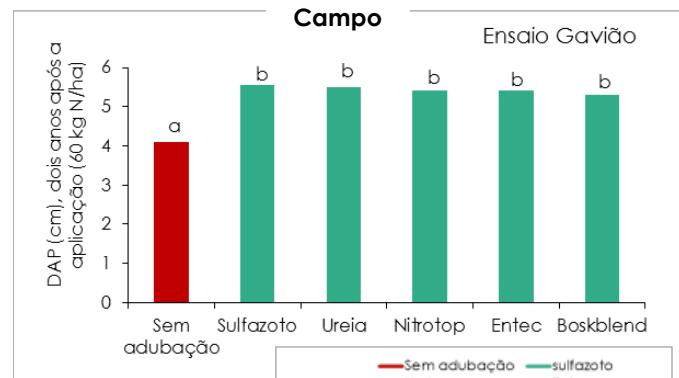
Adubos na manutenção do eucalipto

Estudo do RAIZ de diferentes fontes azotadas,
realizado em 2005 (campo e em vasos) Fabres et al 2006

| Nome comercial | Composição química |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sulfazoto | 30% N total (5% amoniacial e 25% amídico) 15% anidrido sulfúrico, solúvel em água 1,5% boro total |
| Ureia | 46% de N total (46% amídico) |
| Nitrotop | 20% N total (6% amoniacial, 13% amídico, 1% N diacianodiamida) 8% P ₂ O ₅ solúvel em citrato de amónio neutro |
| Entec | 23% N total (13% amoniacial e 10% nítrico) 13% P ₂ O ₅ solúvel em citrato de amónio neutro 1,2% boro solúvel em água |
| Boskblend | 32% N total (4% amoniacial, 28,2% amídico) 14% P ₂ O ₅ solúvel em ácido cítrico 5,8% MgO total 1,0% B ₂ O ₃ (0,3% B) total |

-Exemplo 1-

O eucalipto não é muito responsável no terreno a adubos azotados “especiais”, com capsulamento e aditivos de natureza diversa.



Adubos na manutenção do eucalipto

O eucalipto não é muito respetivo no terreno a adubos azotados “especiais”, com capsulamento e aditivos de natureza diversa.

-Exemplo 2-

Estudo do RAIZ de diferentes fontes azotadas,
realizado em 2014 Soares et al 2014



Sulfato de amónio

O adubo sulfato de amónio é um adubo comercial de formulação 20,5 % N (e 60% SO_3), não capsulado.

É apresentado na forma de cristais brancos e todo o azoto encontra-se na forma amoniacal.

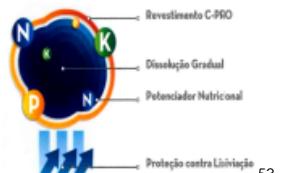
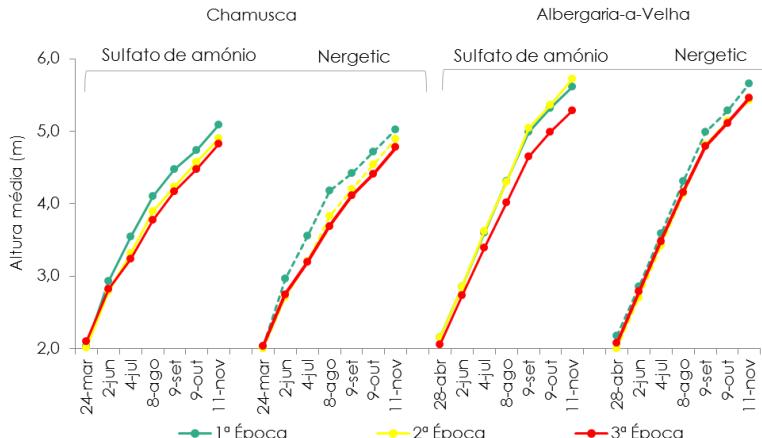
Nergetic

O adubo Nergetic C-PRO é um adubo comercial da empresa ADP Fertilizantes, de formulação 30% N, capsulado de liberação controlada de 1 a 2 meses. Contém 20 % do azoto na forma ureica e 10 % na forma amoniacal.



Apresenta um complexo molecular regulador da lixiviação (polímero) e da volatilização que, por um lado, impede as perdas por volatilização do azoto e o arrastamento dos nutrientes para zonas afastadas das raízes e, por outro lado, minimiza as perdas por fixação e immobilização no solo. Logo desde o início, a atividade biológica do potenciador nutricional promove o rápido desenvolvimento radicular, a hidrólise dos nutrientes indisponíveis do solo e tem uma ação bioestimulante sobre as plantas.

http://acm2.adp-fertilizantes.pt/ACM2_upload/Home/folheto-NERGETIC_C-PRO-2013.pdf.



3. Otimização da aplicação

A adubação no terreno depende do tipo de adubo a aplicar, além da fase de crescimento das plantas e do défice nutricional, que definirá o equipamento e método de aplicação adequados.

É importante realizar a adubação na época mais indicada e garantir a qualidade dos adubos.

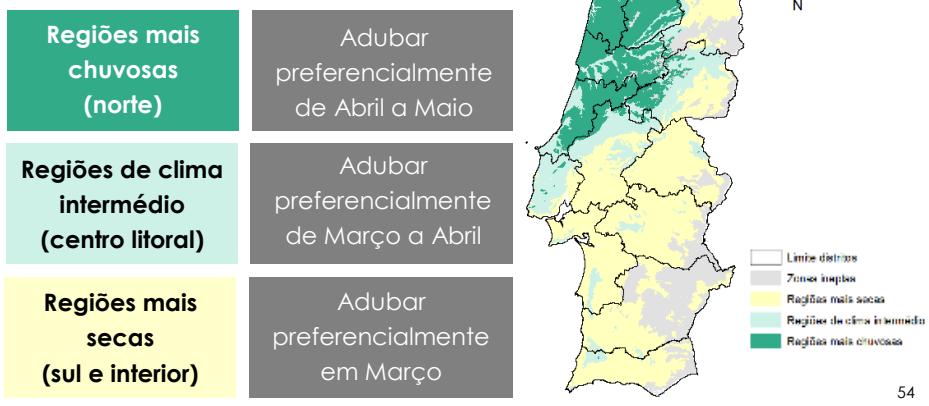
Os meses assinalados são indicativos.
Deverá ser feita a **avaliação no local** da existência de condições adequadas para a adubação (ver seção Cuidados com a adubação)

- O **método de aplicação**, incluindo a forma de aplicar o adubo e o tipo de equipamento utilizado depende da fase de crescimento do povoamento (timing no ciclo de crescimento - instalação ou manutenção), bem como do tipo de adubo a aplicar.

Adaptação da NT06 - Fertilização de povoamentos de eucalipto (Navigator Forest Portugal)

Época de aplicação no solo (em Portugal)

A altura do ano mais indicada para a aplicação de adubos na manutenção é a Primavera, embora o outono também possa ser uma estação favorável (depende do ano).



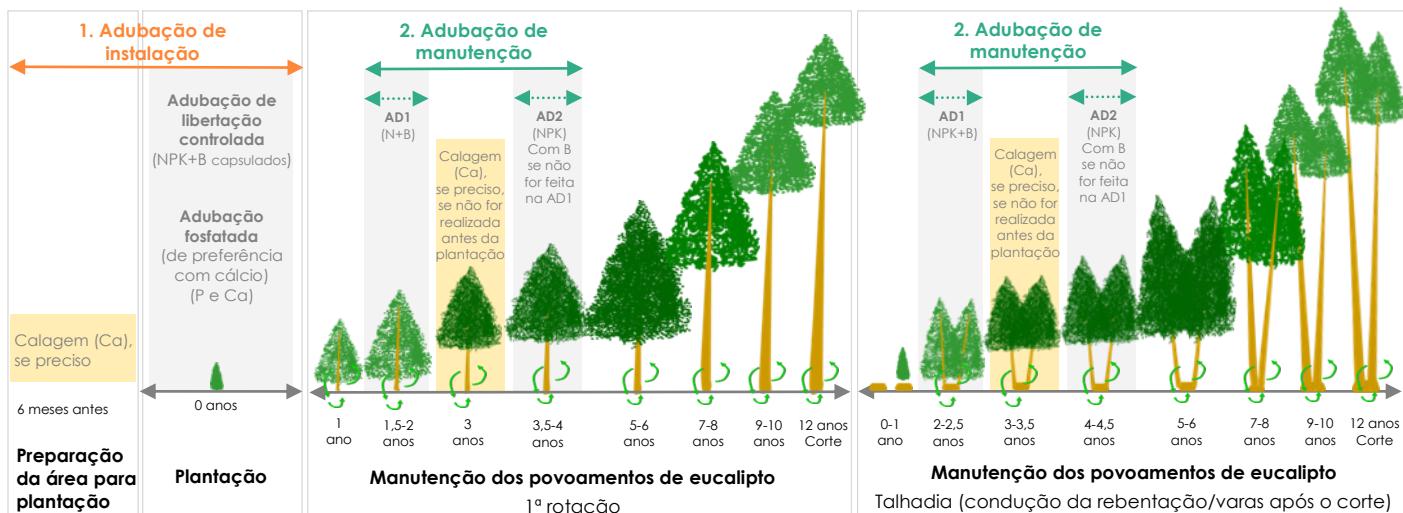
Adubação em eucaliptais

-Timing no ciclo de crescimento-

Regra geral:

Esquema original. Adaptação com base na informação da NT06 - Fertilização de povoamentos de eucalipto (Navigator Forest Portugal).

- Efetuar uma calagem antes da plantação, se necessário.
- Na plantação, combinar a aplicação de um adubo de liberação controlada com uma adubação fosfatada.
- Na manutenção, independentemente da rotação, efetuar duas adubações N e/ou NPK, complementadas com B pelo menos numa das adubações (ou em alternativa aplicar de forma isolada). A calagem pode ser efetuada na manutenção, separada em pelo menos 6 meses dos adubos N/NPK.



N - azoto, P - fósforo, K - potássio, Ca - cálcio, B - boro. A tipologia da primeira adubação da primeira rotação pressupõe a adubação fosfatada na plantação (caso contrário, aplicar um NPK).

Adubos de liberação controlada (LC)

São colocados junto à planta, na cova de plantação quando utilizada a enxada e no covacho quando utilizado tubo ou ferro plantador.

A aplicação é usualmente manual.



Plantação

Objetivo da adubação LC?

Adicionar pequenas quantidades de N, K e B.

Alguns exemplos de formulações de LC:

| Dose e Formulação do adubo | Observação |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30 g 11-22-9/planta | Mais rico em fósforo. É menos vantajoso quando aplicado conjuntamente com a adubação fosfatada. |
| 30 g 14-12-9/planta (recomendado) | Mais rico em azoto. Permite melhor resposta pela maior sinergia entre N e P, quando aplicado conjuntamente com o superfosfato. |
| 20 g 20-18-13/planta | A alteração de formulação deve ser cuidada. ! Não ultrapassar 5 g N/planta, se necessário reduzir a dose a aplicar (como demonstrado neste exemplo). |

Na plantação é recomendada a aplicação combinada de: adubo de liberação controlada e superfosfato

Informação com base na NT06 - Fertilização de povoamentos de eucalipto (Navigator Forest Portugal) e Ferreira et al 2013

Plantação

→ Adubos fosfatados

De forma manual, aplicar preferencialmente em sulco intermitente de 60 cm ao longo da linha de plantação, 30 cm de cada lado da planta (após a plantação).

A aplicação também pode ser mecanizada, em filete contínuo na linha de plantação (a 10-20 cm de profundidade, ajustando a dose a aplicar (400 kg superf18/ha).

Algumas possibilidades de adubação fosfatada:



Outro método de aplicação poderá ser a aplicação na cova de plantação, feita com enxada (de dimensões aproximadas de 20 x 20 x 20 cm)

| Região (class. RAIZ) | Superfosfato 18 | Superfosfato 42 ou 45 | Observações |
|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Clima 1 a 4 (sul do Rio Tejo) | 100 g/planta | 40 g/planta | A aplicação de superfosfato pode ser substituída pela aplicação reforçada de LC (ver quadro abaixo). |
| Clima 5 a 10 (norte Rio Tejo) | 150 g/planta (recomendado) | 60 g/planta | Nestas regiões deve ser dada preferência à aplicação de superfosfato mais rico em Ca na formulação (por exemplo Superfostato 18). |

Equivale a:

| | |
|---|---------------|
| ← | 8 g P/planta |
| ← | 12 g P/planta |

| | |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alternativa no sul do país | A aplicação de uma dose reforçada de um adubo do tipo 11-22-9 em regiões pouco chuvosas (clima 1 até 4, classificação climática RAIZ) funciona como alternativa à aplicação conjunta de adubo LC + superfosfato. |
| 60 g 11-22-9/planta | É preciso garantir a qualidade do adubo e características adequadas para aplicação em eucaliptais, dada a maior dose a colocar no covacho de plantação. Em solos muito pedregosos esta adubação torna-se mais difícil. |

equivalente a
**5,8 g P/
planta**

Plantação

→ Adubos NPK não capsulados

Devem ter em conta as maiores necessidades de P relativamente a N e K (por exemplo adubo de tipologia 1-3-1 como o 8-24-8).

Aplicar em sulco intermitente de 60 cm ao longo da linha de plantação, 30 cm de cada lado da planta, **mas afastado 15 cm da planta** (após a plantação).



Algumas possibilidades:

| Formulação do adubo | Dose | N (g/pl) | P (g/pl) | K (g/pl) |
|---------------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| 8-24-8 | 100 g/pl | 8 | 10,5 | 6,6 |
| 9-18-27 | 150 g/pl | 13,5 | 11,8 | 33,6 |

Ter em atenção ao poder salino nos materiais.

MAP: Fosfato mono amónio

É uma possibilidade para complementar a adubação NPK não capsulada e/ou melhorar a nutrição de plantas em estaleiro.

Não ultrapassar a concentração de 1,5%



Mergulhar o torrão das plantas na água de rega pré-plantação, misturada com 1% de MAP (10 g para 1 L água), e plantar de seguida.

Informação com base na NT06 - Fertilização de povoamentos de eucalipto (Navigator Forest Portugal), Onofre et al 2004, Ferreira e Rafael 2015

Plantação ou manutenção



Resíduos orgânicos

Podem ser utilizados para substituir ou complementar a adubação mineral tradicional.

Ferreira et al 2011, Fabres e Machado 2012

! A aplicação é regida por legislação específica para o efeito.

Em termos de fertilidade do solo para o eucalipto:

- Não ultrapassar pH em água do solo de 7
- Verificar equilíbrio entre bases de troca, principalmente K e Ca
- Se material tiver características alcalinas, pode promover a diminuição da disponibilidade de micronutrientes no solo

Calcários

Podem ser colocados antes da plantação, em área total, ou durante a manutenção, em área total ou faixa de 2 m na linha de plantação.

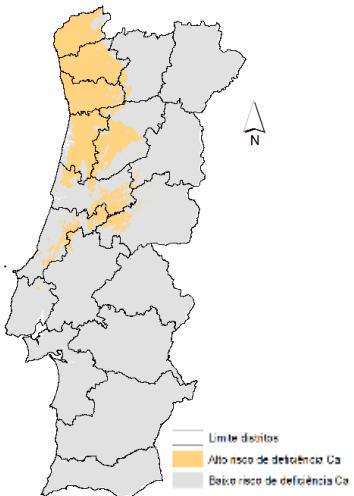
Não devem ser aplicados conjuntamente com os restantes adubos. Efetuar um intervalo de 6 meses entre a aplicação dos adubos calcários e os restantes adubos aplicados no eucalipto.

- Adubação cárcea -

Pode ser definida por:

- Região de risco (Clima 8910, Litologias S, G, X, A, classificação RAIZ)
- Amostragem e análise química de solo

| Nível de Ca de troca no solo | Dose de calcário (calcítico ou dolomítico) |
|------------------------------|--------------------------------------------|
| >0,5 cmol/kg | 0 |
| ≤0,5 cmol/kg | 750 kg/ha |



A dose da calagem pode ser duplicada à plantação para atender a duas rotações. 59

Manutenção

Como aplicar?

↓
1^a rotação,
1^a adubação



Aplicar o adubo na projeção da copa, em círculo ou semicírculo (raio de 50 cm a 1 m) ou faixa contínua de 1-2 m ao longo da linha de plantação, dependendo da dimensão das plantas.

Adubos azotados, ternários (NPK) ou boratados

Aplicar em cobertura,
à superfície do solo.

→
1^a rotação,
2^a adubação,
e talhadias



Aplicar o adubo numa faixa com largura de 2 m ao longo da linha de plantação.

A adubação pode ser feita de modo manual ou mecânico, desde que respeitada a localização da aplicação.



Adaptação do programa de adubação operacional da Navigator Forest Portugal, Ferreira e Rafael 2015.

Manutenção Quanto aplicar? -N/NPK-

| Informação Regiões de Adubação (RA) | | | | Tipo e dose de adubação para a condição média da RA (LCS), AD1 | | | | | | | | | | Consideradas apenas 2 tipologias de adubo, uma azotada (30N) e outra NPK (20-10-10) | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|-------------|-----------|----------------------------------------------------------------|----------------|----------|--------|----------------|------------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|------------------|------|----------|-----|--|
| Rotação | RA = LCS | AMAMédio | DeltaProd | 1ª adubação, AD1 (≈ 2 anos), kg/ha | | | | | 2ª adubação, AD2 (≈ 4 anos), kg/ha | | | | | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | | | |
| | | | | Prod-5 | Prod. Média RP | Prod+5 | Prod-5 | Prod. Média RP | Prod+5 | Prod-5 | Prod. Média RP | Prod+5 | Prod-5 | | | | | | | | | | | |
| 1 ou + | lito x clima x solo | m3sc/ha/ano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | A C12 S123 | 6 | 5-11 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 | |
| 1 | S C34 S456 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 400 | |
| 1 | X C8910 S456 | 14 | 9-19 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | |
| Talhadia | X C8910 S78910 | 17 | 12-22 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 250 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 250 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 250 | |

Algumas combinações LCS não estão representadas (21) por ausência de análises de solo

Que adubo azotado utilizar ou que combinação de ternário?

Exemplo do Sistema misto Nutriglobus - LCS:

Tipo e dose de adubação para a condição média da RA (LCS), AD1

Tipo e dose de adubação para uma produtividade média da RA a variar - e + 5 m³ sc/ha/ano

Consideradas apenas 2 tipologias de adubo, uma azotada (30N) e outra NPK (20-10-10)

AMAMédio das RA (com base nas Regiões de Produtividade RAIZ).

Varia apenas em função do clima e solo. DeltaProd: variação de -5 (Prod-5) e +5 (Prod+5) m³ sem casca/ha/ano em relação ao AMAMédio

¹ Indica um défice nutricional menor, poderá não ser necessária a adubação.

Doses de 30N variam de 125 a 275 kg/ha e doses de 20-10-10 de 125 a 400 kg/ha.

A indicação 30N¹ e 20-10-10¹ indica que poderá não ser necessária a AD2 (a confirmação poderá ser efetuada por observação visual (ver Capítulo 3).

Se incorporada a adubação boratada, deve ser próxima de 1% na formulação.

Serão fornecidos entre cerca de 1 a 4 kg B/planta, mediante a dose aplicada.

| Informação Regiões de Adubação (RA) | | | | 1º adubação, AD1 (≈ 2 anos), kg/ha | | | | | | 2º adubação, AD2 (≈ 4 anos), kg/ha | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|-------------|-----------|------------------------------------|----------------|----------|------|----------|----------------|------------------------------------|------|-----------------------|----------------|-----------------------|------|
| Rotação | RA = LCS | AMAMédia | DeltaProd | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 ou + | lito x clima x solo | m3sc/ha/ano | | Prod-5 | Prod. Média RP | Prod+5 | | Prod-5 | Prod. Média RP | Prod+5 | | Prod-5 | Prod. Média RP | Prod+5 | |
| 1 | A C12 S123 | 6 | 5-11 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| 1 | A C12 S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| 1 | A C12 S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| 1 | A C34 S123 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 150 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 225 |
| 1 | A C34 S456 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | A C34 S78910 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | A C567 S123 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 |
| 1 | A C567 S456 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 275 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 275 |
| 1 | A C567 S78910 | 14 | 9-19 | 30N | 125 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 375 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 375 |
| 1 | A C8910 S123 | 11 | 6-16 | 30N | 125 | 30N | 250 | 20-10-10 | 375 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 375 |
| 1 | A C8910 S456 | 14 | 9-19 | 30N | 150 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | A C8910 S78910 | 17 | 12-22 | 30N | 150 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Talhadia | A C12 S123 | 6 | 5-11 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | A C12 S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | A C12 S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | A C34 S123 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | A C34 S456 | 10 | 5-15 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 325 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 |
| Talhadia | A C34 S78910 | 12 | 7-17 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 325 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 |
| Talhadia | A C567 S123 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 125 | 20-10-10 | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | A C567 S456 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 250 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | A C567 S78910 | 14 | 9-19 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 225 |
| Talhadia | A C8910 S123 | 11 | 6-16 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 200 | 20-10-10 | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 225 |
| Talhadia | A C8910 S456 | 14 | 9-19 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 350 | 20-10-10 | 300 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 |
| Talhadia | A C8910 S78910 | 17 | 12-22 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 350 | 20-10-10 | 300 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 |

As LCS a cinzento correspondem à extrapolação de resultados. ¹ Indica um défice nutricional menor, poderá não ser necessária a adubação. Deverá ser avaliada por observação visual (ver Capítulo 3).

Litologia
Basaltos
e afins

| Informação Regiões de Adubação (RA) | | | | 1º adubação, AD1 (~ 2 anos), kg/ha | | | | | 2º adubação, AD2 (~ 4 anos), kg/ha | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|-------------|-----------|------------------------------------|----------------|----------|------|----------|------------------------------------|-----------------------|------|------------------|----------------|------------------|-----|
| Rotação | RA = LCS | AMAMédio | DeltaProd | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | | |
| 1 ou + | lito x clima x solo | m3sc/ha/ano | | Prod-5 | Prod. Média RP | Prod+5 | | Prod-5 | Prod. Média RP | Prod+5 | | Prod-5 | Prod. Média RP | Prod+5 | |
| 1 | B C12 S123 | 6 | 5-11 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| 1 | B C12 S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| 1 | B C12 S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| 1 | B C34 S123 | 8 | 5-13 | 30N | 150 | 30N | 200 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | B C34 S456 | 10 | 5-15 | 30N | 150 | 30N | 200 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | B C34 S78910 | 12 | 7-17 | 30N | 150 | 30N | 200 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | B C567 S123 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 |
| 1 | B C567 S456 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| 1 | B C567 S78910 | 14 | 9-19 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 | 30N | 275 |
| 1 | B C8910 S123 | 11 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 |
| 1 | B C8910 S456 | 14 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| 1 | B C8910 S78910 | 17 | 9-19 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 | 30N | 275 |
| Talhadia | B C12 S123 | 6 | 5-11 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | B C12 S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | B C12 S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | B C34 S123 | 8 | 5-13 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 |
| Talhadia | B C34 S456 | 10 | 5-15 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 |
| Talhadia | B C34 S78910 | 12 | 7-17 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 |
| Talhadia | B C567 S123 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | B C567 S456 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | B C567 S78910 | 14 | 9-19 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| Talhadia | B C8910 S123 | 11 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | B C8910 S456 | 14 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | B C8910 S78910 | 17 | 9-19 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |

As LCS a cinzento correspondem à extração de resultados. ¹ Indica um défice nutricional menor, poderia não ser necessária a adubação. Deverá ser avaliada por observação visual (ver Capítulo 3).

**Litologia
Calcários
e afins**

| Informação Regiões de Adubação (RA) | | | | 1º adubação, AD1 (~ 2 anos), kg/ha | | | | | | 2º adubação, AD2 (~ 4 anos), kg/ha | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|----------|-----------|------------------------------------|-------------|----------|-----|----------|--------|------------------------------------|----------------|-----------------------|--------|----------|--------|------------------|----------------|-----------------------|--------|----------|-----|
| Rotação | RA = LCS | AMAMédio | DeltaProd | Tipo | | Dose | | Tipo | | Dose | | Tipo | | Dose | | Tipo | | Dose | | | |
| 1 ou + | lito x clima x solo | | | | m3sc/ha/ano | | | | Prod-5 | | Prod. Média RP | | Prod+5 | | Prod-5 | | Prod. Média RP | | Prod+5 | | |
| 1 | CC12 S123 | 6 | 5-11 | 30N | 125 | 30N | 150 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | CC12 S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 30N | 150 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | CC12 S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 150 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 350 |
| 1 | CC34 S123 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | CC34 S456 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 150 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | CC34 S78910 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 150 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | CC567 S123 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 150 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 |
| 1 | CC567 S456 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 225 | 30N | 225 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 |
| 1 | CC567 S78910 | 14 | 9-19 | 30N | 125 | 30N | 225 | 30N | 225 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 |
| 1 | CC8910 S123 | 11 | 6-16 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | CC8910 S456 | 14 | 9-19 | 30N | 250 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 375 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 375 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | CC8910 S78910 | 17 | 12-22 | 30N | 250 | 30N | 275 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Talhadia | CC12 S123 | 6 | 5-11 | 30N | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 300 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 |
| Talhadia | CC12 S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 300 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 |
| Talhadia | CC12 S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 300 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 |
| Talhadia | CC34 S123 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 125 | 20-10-10 | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 150 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 150 |
| Talhadia | CC34 S456 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| Talhadia | CC34 S78910 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| Talhadia | CC567 S123 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 |
| Talhadia | CC567 S456 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 20-10-10 | 150 | 20-10-10 | 375 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 |
| Talhadia | CC567 S78910 | 14 | 9-19 | 30N | 125 | 20-10-10 | 150 | 20-10-10 | 375 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 |
| Talhadia | CC8910 S123 | 11 | 6-16 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 30N | 275 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 30N | 275 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 |
| Talhadia | CC8910 S456 | 14 | 9-19 | 20-10-10 | 275 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 30N | 200 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 30N | 200 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 |
| Talhadia | CC8910 S78910 | 17 | 12-22 | 20-10-10 | 275 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 30N | 175 | 30N | 275 | 20-10-10 | 400 | 30N | 175 | 30N | 275 | 20-10-10 | 400 |

As LCS a cinzento correspondem à extração de resultados. ¹ Indica um défice nutricional menor, poderia não ser necessária a adubação. Deverá ser avaliada por observação visual (ver Capítulo 3).

Litologia
Sedimentos

| Informação Regiões de Adubação (RA) | | | | 1ª adubação, AD1 (~ 2 anos), kg/ha | | | | | | 2ª adubação, AD2 (~ 4 anos), kg/ha | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|-------------|-----------|------------------------------------|-------|----------|-----|----------|-----|------------------------------------|-----|-----------------------|-------|------------------|-----|----------|-----|------------------|-----|
| Rotação | RA = LCS | AMAMédio | DeltaProd | Tipo | | Dose | | Tipo | | Dose | | Tipo | | Dose | | Tipo | | Dose | |
| | | | | Prod-5 | Prod. | Média | RP | Prod+5 | | | | Prod-5 | Prod. | Média | RP | Prod+5 | | | |
| 1 ou + | lito x clima x solo | m3sc/ha/ano | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | S C12 S123 | 6 | 5-11 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 | 30N | 125 | 30N | 200 |
| 1 | S C12 S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 | 30N | 125 | 30N | 200 |
| 1 | S C12 S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 | 30N | 125 | 30N | 200 |
| 1 | S C34 S123 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 150 | 30N | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 | 30N | 125 | 20-10-10 | 325 |
| 1 | S C34 S456 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 400 | 30N | 125 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | S C34 S78910 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 400 | 30N | 125 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | S C567 S123 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 200 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 30N | 125 | 20-10-10 | 300 |
| 1 | S C567 S456 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 400 | 30N | 125 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | S C567 S78910 | 14 | 9-19 | 30N | 125 | 30N | 250 | 30N | 225 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 | 30N | 125 | 20-10-10 | 325 |
| 1 | S C8910 S123 | 11 | 6-16 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 250 | 30N | 125 | 20-10-10 | 250 |
| 1 | S C8910 S456 | 14 | 9-19 | 30N | 150 | 20-10-10 | 275 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 275 | 20-10-10 | 400 | 30N | 125 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | S C8910 S78910 | 17 | 12-22 | 30N | 250 | 20-10-10 | 350 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 350 | 20-10-10 | 400 | 30N | 125 | 20-10-10 | 400 |
| Talhadia | S C12 S123 | 6 | 5-11 | 30N | 125 | 30N | 125 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | S C12 S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 250 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | S C12 S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 250 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | S C34 S123 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | S C34 S456 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 20-10-10 | 275 | 20-10-10 | 300 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 200 |
| Talhadia | S C34 S78910 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 20-10-10 | 275 | 20-10-10 | 300 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 200 |
| Talhadia | S C567 S123 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 350 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | S C567 S456 | 12 | 7-17 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 250 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 175 |
| Talhadia | S C567 S78910 | 14 | 9-19 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 150 | 20-10-10 | 325 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | S C8910 S123 | 11 | 6-16 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 225 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 125 | 30N ¹ | 125 |
| Talhadia | S C8910 S456 | 14 | 9-19 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 325 | 20-10-10 | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 275 | 20-10-10 | 400 |
| Talhadia | S C8910 S78910 | 17 | 12-22 | 20-10-10 | 175 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 300 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 30N | 125 | 20-10-10 | 300 |

As LCS a cinzento correspondem à extração de resultados. ¹ Indica um défice nutricional menor, poderia não ser necessária a adubação. 65 Deverá ser avaliada por observação visual (ver Capítulo 3).

Litologia
Granito
e afins

| Informação Regiões de Adubação (RA) | | | | 1º adubação, AD1 (≈ 2 anos), kg/ha | | | | | | 2º adubação, AD2 (≈ 4 anos), kg/ha | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|-------------|-----------|------------------------------------|------|----------------|------|----------|------|------------------------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|
| Rotação | RA = LCS | AMAMédio | DeltaProd | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose |
| 1 ou + | lito x clima x solo | m3sc/ha/ano | | Prod-5 | | Prod. Média RP | | Prod+5 | | Prod-5 | | Prod. Média RP | | Prod+5 | |
| 1 | GC12S123 | 6 | 5-11 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | GC12S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N | 250 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 250 |
| 1 | GC12S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N | 250 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 250 |
| 1 | GC34S123 | 8 | 5-13 | 30N | 250 | 30N | 275 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | GC34S456 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 150 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | GC34S78910 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 150 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | GC567S123 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 200 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | GC567S456 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | GC567S78910 | 14 | 9-19 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 | 30N | 275 |
| 1 | GC8910S123 | 11 | 6-16 | 20-10-10 | 175 | 20-10-10 | 325 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | GC8910S456 | 14 | 9-19 | 20-10-10 | 275 | 20-10-10 | 325 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 325 | 20-10-10 | 400 |
| 1 | GC8910S78910 | 17 | 12-22 | 30N | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 350 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 350 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Talhadia | GC12S123 | 6 | 5-11 | 30N | 125 | 30N | 125 | 20-10-10 | 325 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 225 |
| Talhadia | GC12S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| Talhadia | GC12S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| Talhadia | GC34S123 | 8 | 5-13 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 325 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N | 225 | 20-10-10 | 400 |
| Talhadia | GC34S456 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 175 | 20-10-10 | 300 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 |
| Talhadia | GC34S78910 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 175 | 20-10-10 | 300 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 200 |
| Talhadia | GC567S123 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 |
| Talhadia | GC567S456 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| Talhadia | GC567S78910 | 14 | 9-19 | 30N | 125 | 30N | 200 | 30N | 175 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 |
| Talhadia | GC8910S123 | 11 | 6-16 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 400 |
| Talhadia | GC8910S456 | 14 | 9-19 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 |
| Talhadia | GC8910S78910 | 17 | 12-22 | 30N | 125 | 20-10-10 | 175 | 20-10-10 | 325 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 |

As LCS a cinzento correspondem à extração de resultados. ¹ Indica um défice nutricional menor, poderá não ser necessária a adubação. Deverá ser avaliada por observação visual (ver Capítulo 3).

Litologia
Xistos e
afins

| Rotação | Informação Regiões de Adubação (RA) | | | | 1º adubação, AD1 (≈ 2 anos), kg/ha | | | | | | 2º adubação, AD2 (≈ 4 anos), kg/ha | | | | | |
|----------|-------------------------------------|----------|-----------|-------------|------------------------------------|----------|----------------|----------|--------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------|----------|--------|------|
| | RA = LCS | AMAMédio | DeltaProd | m3sc/ha/ano | Prod-5 | | Prod. Média RP | | Prod+5 | | Prod-5 | | Prod. Média RP | | Prod+5 | |
| | | | | | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose | Tipo | Dose |
| 1 ou + | lito x clima x solo | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | X C12 S123 | 6 | 5-11 | 30N | 150 | 30N | 225 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 | |
| 1 | X C12 S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 250 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 375 | |
| 1 | X C12 S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 175 | 30N | 250 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 375 | |
| 1 | X C34 S123 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 30N | 150 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 225 | 20-10-10 | 400 | |
| 1 | X C34 S456 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 30N | 200 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | |
| 1 | X C34 S78910 | 12 | 7-17 | 30N | 125 | 30N | 200 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | |
| 1 | X C567 S123 | 10 | 5-15 | 30N | 125 | 20-10-10 | 275 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 275 | 20-10-10 | 400 | |
| 1 | X C567 S456 | 12 | 7-17 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | |
| 1 | X C567 S78910 | 14 | 9-19 | 30N | 150 | 30N | 200 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | |
| 1 | X C8910 S123 | 11 | 6-16 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | |
| 1 | X C8910 S456 | 14 | 9-19 | 20-10-10 | 250 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | |
| 1 | X C8910 S78910 | 17 | 12-22 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Talhadia | X C12 S123 | 6 | 5-11 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 200 | 20-10-10 | 375 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 375 | |
| Talhadia | X C12 S456 | 7 | 5-12 | 30N | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 250 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 | |
| Talhadia | X C12 S78910 | 8 | 5-13 | 30N | 125 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 250 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 30N | 175 | |
| Talhadia | X C34 S123 | 8 | 5-13 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 275 | 20-10-10 | 350 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 350 | |
| Talhadia | X C34 S456 | 10 | 5-15 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 375 | 20-10-10 | 375 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 375 | |
| Talhadia | X C34 S78910 | 12 | 7-17 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 375 | 20-10-10 | 375 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 375 | |
| Talhadia | X C567 S123 | 10 | 5-15 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 325 | 20-10-10 | 350 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 350 | |
| Talhadia | X C567 S456 | 12 | 7-17 | 20-10-10 | 350 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 | 400 | |
| Talhadia | X C567 S78910 | 14 | 9-19 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 350 | 20-10-10 | 275 | 30N ¹ | 125 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 | 275 | |
| Talhadia | X C8910 S123 | 11 | 6-16 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 400 | |
| Talhadia | X C8910 S456 | 14 | 9-19 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 350 | 20-10-10 | 275 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 275 | |
| Talhadia | X C8910 S78910 | 17 | 12-22 | 20-10-10 | 125 | 20-10-10 | 300 | 20-10-10 | 250 | 30N ¹ | 125 | 20-10-10 ¹ | 125 | 20-10-10 | 250 | |

As LCS a cinzento correspondem à extrapolação de resultados. ¹ Indica um défice nutricional menor, poderá não ser necessária a adubação.

Manutenção

Quanto aplicar?

-B-

Adubação boratada

A dose pode ser definida:

- Em complementaridade com a adubação N ou NPK, integrando a aplicação boratada na formulação. **É recomendável que, pelo menos, uma adubação por rotação seja feita com boro.**
- Através de amostragem e análise química das folhas (ver tabela).
- Por uma dose média por rotação (ver tabela).

| Nível de B na folha | Adubação |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ≥ 25 mg/kg | Sem adubação |
| < 25 mg/kg | Plantas pequenas (<2 m): 3,0 g B/planta (20 g B15/planta, por exemplo Granubor Natur) Plantas maiores (>2 m): 4,5 g B/planta (30 g B15/planta, por exemplo Granubor Natur) |

Há algumas fontes de boro mais solúveis que outras (ter em atenção a dose máxima recomendável).

Há algumas restrições no que respeita às fontes de boro passíveis de serem utilizadas em áreas certificadas.

Informação adaptada da NT06 - Fertilização de povoamentos de eucalipto (Navigator Forest Portugal). Coutinho et al, 1999

Ter especial atenção à dose a aplicar.

O limiar entre a deficiência e a toxicidade é baixo.

Incorporar a adubação boratada na fertilização N/NPK? É uma opção de gestão.

Manutenção
Quanto aplicar?
Conversão entre adubos

Algumas possibilidades de adubação de manutenção em eucaliptais em função da idade das plantas

- conversão entre formulações e tipos de adubo -

Ter em conta a % de nutriente e o coeficiente de eficiência dos materiais fertilizantes

Exemplificação da diferença de doses entre adubos para a mesma idade (valores médios)

| Tipologias de adubo (doses expressas em kg/ha, considerando 1250 pl/ha) | Idade dos povoamentos (anos) | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------|------------|---------|------------|
| | 1.0 | 1.5-2.5 | 3.0 | 3.5-4.5 | >5.0 |
| Adubos ternários Adubos não capsulados, contendo azoto, fósforo e potássio (2:1:1) | 20-10-10 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| Adubos azotados Adubos não capsulados, ricos em azoto (várias possibilidades preferencialmente com pelo menos 50% de N amoniacal) | Sulfato de amónio (20.5 N) | 150 | 200 | 250 | 300 |
| | Azotado (~ 27-34 N) | 100 | 150 | 200 | 250 |
| | Ureia (46 N) | 75 | 100 | 125 | 150 |
| Adubos boratados Adubos não capsulados, ricos em boro (podem ser substituídos por adubos N ou NPK com 1% de B na formulação) | Granubor Natur (15B) | 15 | 20 | 30 | 30 |
| Adubos cárnicos Adubos não capsulados, ricos em cálcio (não aplicar na mesma primavera que os N/NPK) | Calcário dolomítico ou calcário calcítico (~ 30 Ca) | 750 | 750 | 750 | 750 |

Nota: a conversão entre adubos na presente tabela não é exata.

Há ligeiras diferenças na dose efetivamente aplicada entre adubos.

A calagem pode ser duplicada à plantação (antes da mesma) para atender a duas rotações.

Caso o povoamento tenha **deficiências noutra idade** ou a **adubação não tenha sido realizada nas idades indicadas**, e o povoamento demonstre necessidade de adubação, esta poderá ser realizada. Podem ser seguidas as doses indicadas na tabela (doses médias de adubo, sem considerar Regiões de Adubação).

Doses de adubo médias para as idades de adubação recomendadas.

2 Aspetos a ter em conta na adubação: boas práticas e segurança

Os adubos devem ser aplicados de forma a maximizar a absorção dos nutrientes pelas raízes das plantas.

- A área deve estar limpa de vegetação espontânea (limpeza na linha ou área total, de acordo com a quantidade de vegetação).



- O solo deve estar húmido
- As plantas devem estar responsivas à adubação (apresentar crescimento ativo)
- Deve haver previsão de chuva moderada após a adubação



! Evitar o corte de raízes do eucalipto no controlo da vegetação espontânea

2 Aspetos a ter em conta na adubação: boas práticas e segurança

Boas práticas e cuidados ambientais

Despacho n.º 1230/2018, Gabinetes dos Secretários de Estado do Ambiente e das Florestas e do Desenvolvimento Rural. Princípios de Boas Práticas Florestais, 2003.

- Planear os trabalhos (época, meios mecânicos e humanos, quantidades de produto)
- Manter os adubos afastados dos locais de alimentação ou repouso dos aplicadores
- Identificar a existência de locais onde há limitações legais à aplicação e armazenamento de fertilizantes (por exemplo casas isoladas, aglomerados, zonas destinadas à conservação da biodiversidade, linhas de água, albufeiras, nascentes, entre outras situações) e garantir o cumprimento das distâncias de proteção a estes locais
- Na aquisição dos adubos, dar preferência a produtos embalados em plástico e a paletes cobertas totalmente com plástico (ou outros materiais igualmente resistentes a degradação rápida)
- Evitar realizar a aplicação dos adubos nas épocas ou ocasiões em que seja notório o risco de chuvas intensas que podem originar escoamentos superficiais
- **Respeitar as indicações das Fichas Técnicas dos Produtos (e rótulos) e as Fichas de Dados de Segurança**



2 Aspetos a ter em conta na adubação: boas práticas e segurança

Equipamentos de proteção individual (EPIs)

Informação com base em fichas de dados de segurança de produtos fertilizantes diversos

Adubação manual



- Máscara e óculos (uso temporário)
- Colete ou casaco de alta visibilidade
- Luvas
- Botas de biqueira de aço antiderrapantes

Planejar a operação no terreno de modo a que os **trabalhadores percorram a menor distância possível** no momento do espalhamento, respeitando a orientação técnica da aplicação do adubo. Devem ser utilizados equipamentos que facilitem a distribuição do adubo, assegurando a saúde do aplicador.

Consulte a ficha de dados de segurança de cada produto

Outros equipamentos de segurança

- Telemóvel e contactos de emergência
- Mala de primeiros-socorros
- Fita de sinalização
- Extintores: 1 extintor de 6 kg para máquinas com peso \leq 10 ton e 2 extintores de 6 kg para

Adubação mecânica



Boatas de biqueira de aço antiderrapantes, colete ou casaco de alta visibilidade.

Sinalizar os trabalhos em curso na propriedade, para alertar que existem trabalhos a decorrer, e **não permitir pessoas na proximidade das alfaias e do trator**, assegurando uma distância mínima de segurança (na ausência de indicações claras).

O operador deve estar habilitado para conduzir o trator e o trator deve encontrar-se em boas condições de funcionamento e segurança.

Realizar a manutenção de máquinas e equipamentos.

2 Aspetos a ter em conta na adubação: boas práticas e segurança

Armazenamento de adubos

O armazém deve:

- Estar trancado e com acesso condicionado a trabalhadores autorizados
- Estar adaptado à quantidade de adubos a armazenar, permitindo as movimentações sem dificuldades
- Ser num local fresco, seco, arejado ou ventilado, longe do lume e abrigado da exposição direta do sol, com pavimento impermeável, superfície nivelada, seca e regular, sem buracos
- Ter equipamento para contenção de derrames, como por exemplo areia, terra ou serrim, e uma pá
- Ter disponível equipamentos de proteção individual, luvas e máscara resistentes aos adubos, devidamente acondicionados para fácil utilização
- Ter, pelo menos, 1 extintor e acesso fácil a água
- Ter sinalética de segurança adequada, no interior e junto à entrada do armazém

Ainda:

- Os adubos devem estar separados de alimentos para pessoas e animais, e fora do alcance das crianças
- Ter em atenção que pilhas altas de sacos/paletes de fertilizante podem ficar instáveis e desmoronar
Estabelecer um limite para a altura das pilhas de fertilizante
- Se empilhar paletes, certificar que possuem uma base firme. A pilha não deve estar inclinada, caso isso aconteça, arrumar imediatamente
- Colocar os adubos em estado líquido em bacias de retenção que consigam conter o volume de produtos armazenados (em situação de armazenamento máximo) e permita a colocação da totalidade das embalagens

Guidance for the compatibility of Fertilizer Blending Material, 2006
Guidance for the storage, handling and transportation of solid mineral fertilizers, 2007

... Nunca misturar fertilizantes ...

... Não armazenar perto materiais a granel que
sejam incompatíveis ...
(ex.: ureia perto de fertilizantes à base de nitrato
de amónio)

... Cumprir as indicações da
Ficha de Dados de Segurança dos Produtos ...

... Mantenha cal e fertilizantes bem separados....
ver matriz de compatibilidade e propriedades
físicas dos fertilizantes
(ver seção características dos fertilizantes)

Capítulo 3: Diagnóstico visual do estado nutricional das plantas

3. Diagnóstico visual do estado nutricional das plantas pg. 74

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|---|
| Conceitos de diagnóstico visual | pg. 75 | |
| Timing de avaliação | pg. 75 | 1 |
| Modo de avaliação | pg. 76 | |
| O diagnóstico visual como ferramenta auxiliar à adubação: critérios de decisão | pg. 77 | 2 |
| Critério de decisão 1: vitalidade dos povoamentos | pg. 78 | |
| Critério de decisão 2: abrangência dos sintomas | pg. 80 | 3 |
| Critério de decisão 3: desordens não nutricionais | pg. 81 | |
| Critério de decisão 4: sintomas de desordens nutricionais | pg. 88 | 4 |
| Primeiros sintomas de deficiência nutricional | pg. 90 | |
| Sintomas de deficiência nutricional (N, P, K, Ca, B) | pg. 91 | |
| Toxicidade de B | pg. 102 | |
| Momentos chave da monitorização visual | pg. 103 | |

O que é o diagnóstico visual?

Corresponde à identificação visual de sintomas característicos de deficiência ou toxicidade de um ou mais nutrientes na planta (principalmente copa e folhas).

Entre os sintomas estão a **dimensão e a conformação da copa**, a **coloração das folhas** e a **vitalidade de tecidos**.

Dell et al 1995

Quando avaliar?

Em qualquer momento do ciclo produtivo das plantas.

O aparecimento de sintomatologia de desordem nutricional é mais frequente em plantas nos primeiros anos de crescimento.

As desordens nutricionais são, geralmente, visíveis no período de maior crescimento das plantas.

Períodos de stress induzidos por outros fatores como seca, geada, encharcamento, pragas e doenças podem dificultar ou confundir o diagnóstico visual, ou mesmo agravar os sintomas (que são consequência e não causa primária).



O diagnóstico visual dos povoamentos de eucalipto pode ser confirmado através de análise química às folhas.

(Ver capítulo 4)

A fertilidade do solo pode ser utilizada como um indicador indireto da nutrição das plantas

(Ver capítulo 4)

Como avaliar?

- **Identificar sintomas compatíveis com deficiência nutricional (cpa e folhas)**
- **Comparar com padrões de referência** para a espécie em causa

A mobilidade dos nutrientes na planta determina a localização dos sintomas:

- ✓ Para **elementos imóveis** – primeiros sintomas em folhas em formação (folhas novas ou jovens)
- ✓ Para **elementos móveis** – primeiros sintomas em folhas mais velhas, com translocação dos nutrientes

 Para a correta identificação dos sintomas é preciso despistar a presença de outros fatores.

Utilizar uma chave de decisão de apoio
(a seguir apresentada)

Dell et al 1995

Aparecimento dos primeiros sintomas de deficiência nutricional

Mobilidade

↓ no floema em eucalipto

Elementos imóveis:

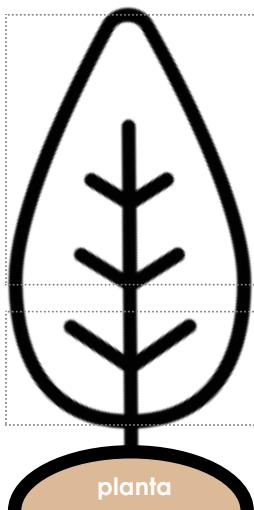
Ca, B, Fe e Mn

Elementos com mobilidade variável:

S, Cu, Mg, Mn, Zn

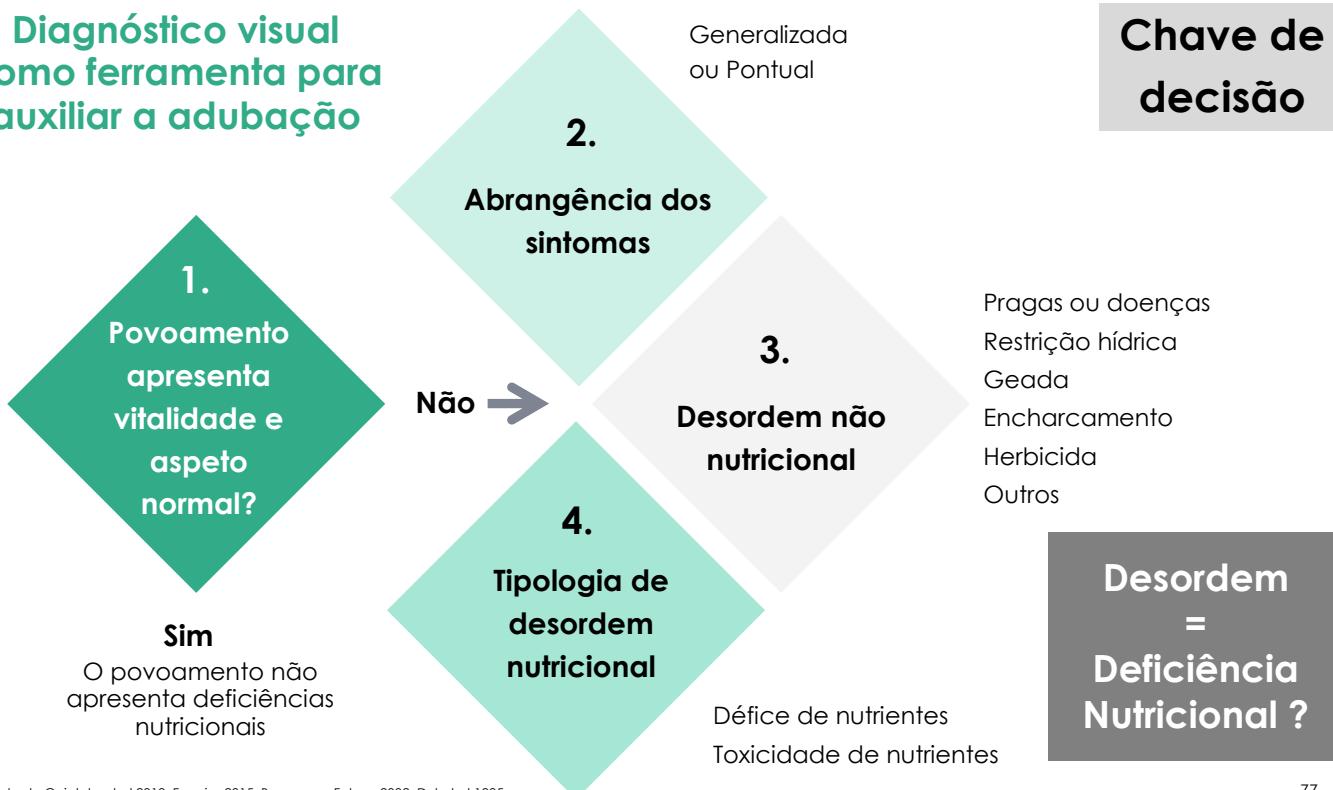
Elementos muito móveis:

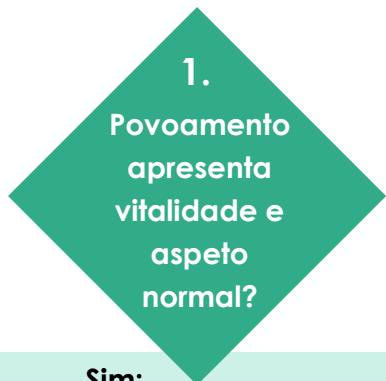
N, P, K



Dell et al 2000

Diagnóstico visual como ferramenta para auxiliar a adubação





Sim:

Não:

Verificar a:

- (2) abrangência dos sintomas
- (3) existência de desordem não nutricional
- (4) tipologia de desordem nutricional

**Chave de
decisão**

1

Copa com cor verde (folhas verde escuro), tronco sem tortuosidades, sem perda de copa, folhas sem deformações



Diagnóstico visual do estado nutricional das plantas



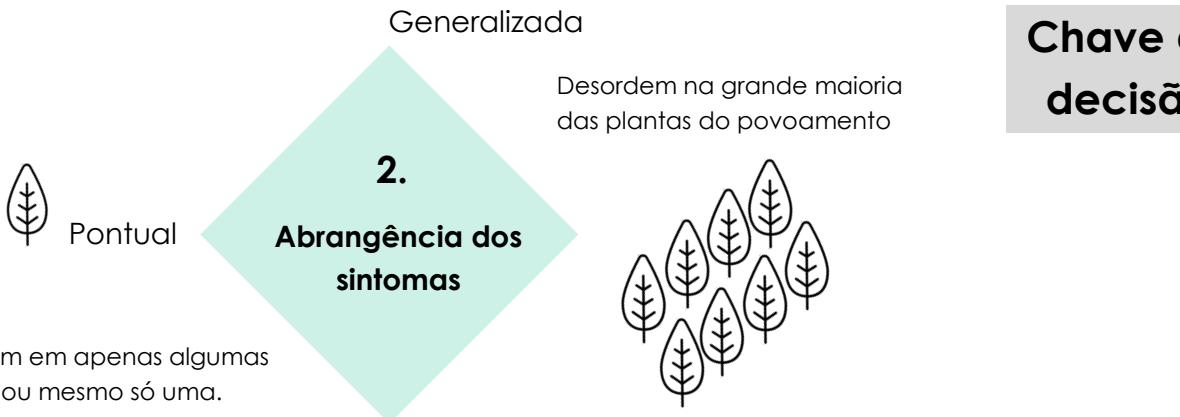
**Chave de
decisão**

1



Exemplos de povoamentos bem nutridos

Copa com cor verde (folhas verde escuro), tronco sem tortuosidades, sem perda de copa, folhas sem deformações



Chave de decisão

2

Desordem pontual → pode ser de origem nutricional ou não, sendo um fenómeno localizado no terreno ou relacionada a algum aspeto intrínseco da planta. **Quando nutricional, as plantas devem ser vigiadas** para averiguar o alastramento dos sintomas e a abrangência da situação.

Exemplos de situações em que a deficiência nutricional surge como consequência nas plantas (e não causa primária): o encharcamento no solo promove a deficiência de fósforo pela falta de oxigenação, sendo o problema primário o excesso de água no solo, ou problema genético da planta que pode induzir mau desenvolvimento radicular e na sequência má capacidade de absorção dos nutrientes do solo.

Desordem generalizada → pode ser de origem nutricional ou não. **Quando nutricional**, pode indicar uma restrição severa de um ou mais nutrientes no solo, **levando frequentemente à necessidade de intervir por fertilização**.

3.

**Desordem não
nutricional**

As plantas podem apresentar sintomas de desordem que não tem origem nutricional, sendo causadas por um ou mais fatores bióticos ou outros fatores abióticos que afetem o local.

Podem também estar relacionadas com problemas genéticos da planta.

**Chave de
decisão**

São exemplos de desordens não nutricionais nas plantas a ocorrência de pragas e/ou doenças, limitação hídrica, formação de geadas, presença de encharcamento do solo, contacto das plantas com a aplicação de herbicida, problemas de ordem genética (em planta seminal).

3

Sintomas que podem ser confundidos com défice nutricional:

- A secura da copa (parcial ou total), presença de necroses nas folhas, coloração atípica das folhas, tortuosidade do tronco, perda de dominância apical e bifurcação da copa, redução de crescimento, perda das folhas do ápice ou sua deformação.

A **secura da copa** (parcial ou total) é um dos sintomas de desordem que surge nos povoamentos de eucalipto e poderá não ser de ordem nutricional. Exemplos:



Praga ou Doença

Algumas pragas ou doenças provocam a morte das plantas, como é o caso da foracanta e fitóftora.

Nalguns casos, a planta morre por dieback (de cima para baixo).



Chave de decisão

Restrição hídrica

A falta de água no solo leva a que o eucalipto comece a diminuir a biomassa foliar, libertando rapidamente as folhas basais.

Em casos extremos a planta seca por inteiro.

3

A **secura da copa** (parcial ou total) é um dos sintomas de desordem que surge nos povoamentos de eucalipto e poderá não ser de ordem nutricional. Exemplos:

Chave de decisão



Formação de geada

Nalgumas regiões do país, e fundos de vale, é frequente ocorrerem geadas no inverno, que causam a seca das folhas/plantas.



Aplicação de herbicida

O eucalipto quando jovem é muito sensível à aplicação de herbicidas sistêmicos, como é o caso do glifosato.

Se na aplicação forem pulverizadas as folhas ou o tronco verde pode ocorrer seca parcial ou total da planta.

A **tortuosidade do tronco** e a **perda de dominância apical** (bifurcação da copa) podem estar relacionados com a ocorrência de fatores abióticos, como o encharcamento do terreno, ventos fortes e/ou frios, ou a ocorrência de geadas. Exemplos:

Chave de decisão

Encharcamento do terreno

Algumas condições mais planas ou solos de textura mais pesada são propícias à ocorrência de encharcamento superficial do terreno.

A acumulação de água no solo pode levar à curvatura basal das plantas (tortuosidade do tronco).



3



Ocorrência de geada

Para além da seca de parte da copa das plantas, a ocorrência de geadas pode induzir à perda de dominância apical das plantas, levando à bifurcação do fuste.

Por vezes, um fuste domina, outras vezes a planta permanece com dois ramos dominantes em crescimento até ao corte.

Ocorrência de ventos fortes ou frios

O vento provoca deformação do tronco, ou mesmo tombamento da planta, bem como danos no ápice ou planta inteira, se estas forem mais pequenas.



84

Necroses nas folhas e coloração atípica das mesmas poderão estar associados a outros fatores, como pragas e doenças. Exemplos:

Presença da doença-das manchas-das-folhas

Provoca necroses nas folhas e perda da copa.



Descoloração causada pelo percevejo

As folhas ficam com um aspecto metálico a bronzeado (amarelado a avermelhado), que se assemelha em parte aos sintomas de deficiência de azoto.



Frequentemente, as folhas ganham uma coloração arroxeadas junto às necroses provocadas pela doença, compatível com deficiência de fósforo.

Esta sintomatologia surge na sequência da presença da doença e mais como uma consequência do que um problema primário.



Chave de decisão

A **perda das folhas do ápice** ou **sua deformação** pode estar associada à presença de algumas pragas. Exemplos:

Chave de decisão

Presença de gorgulho

Afeta a parte apical das plantas de eucalipto, levando ao seu desgaste, com roedelas nas folhas, desfolha e perda de dominância apical.



Presença de psila

Afeta a parte apical das plantas de eucalipto, levando à perda de copa. A folhagem fica com aspecto brilhante, devido à melada produzida pelo inseto, ou escurecida, pela proliferação de fungos sobre essa melada.



Os seus sintomas podem confundir-se com os do gorgulho.



3

A **redução no crescimento** (perda da dominância apical) e **aspectos morfológicos atípicos** (sobre abrolhamento, folhas onduladas e coriáceas) podem surgir formando árvores sem valor comercial. Exemplos:



Com origem pouco estudada, estes aspectos são referenciados de desordens genéticas, resultantes de cruzamentos aleatórios indesejados, que se verificam na natureza. Não é muito habitual surgirem em plantas de semente melhorada (material florestal de reprodução, classe “testado”, segundo o ICNF) e ainda mais raro nas plantas clonais.



Chave de decisão

3

4.**Tipologia de desordem nutricional**

Após despiste de outros tipos de desordens, poder-se-á focar nas desordens de origem nutricional.

Estas podem referir-se a:

- Défice de um ou mais nutrientes
- Toxicidade de um ou mais nutrientes

Chave de decisãoPrincipais aspectos a observar:

- Coloração generalizada ou localizada nas folhas
- Padrão da coloração nas folhas
- Existência de pontuações ou manchas nas folhas
- Deformação das folhas ou encarquilhamento
- Morte dos ápices (gomo apical e ramos laterais)
- Necroses nas folhas ou queda precoce
- Perda de dominância apical
- Tortuosidade do tronco ou ramos

Para compreender qual o nutriente em causa, verificar a posição do sintoma de deficiência (ou toxicidade) na planta e o tipo de sintoma

Utilizar guião
“Primeiros sintomas”

**4**

N, P, K ou NPK**4.****Tipologia
de desordem
nutricional**

Se compatível com
deficiência
nutricional

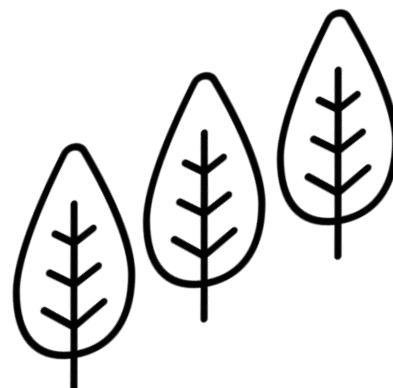
**Outras carências
(Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn)**

Confirmar sintomas de deficiência através de outros meios de diagnose nutricional.

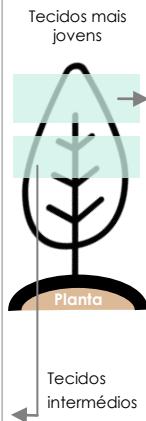
Recolher o histórico da propriedade e contactar um especialista em nutrição de eucalipto. Estes sintomas não são tão frequentes e ocorrem usualmente em situações de resolução mais complexa.

Efetuar adubação azotada (N),
adubação fosfatada (P),
adubação potássica (K),
binária (NP ou NK) ou ternária (NPK).

B Efetuar uma adubação boratada ou incorporar boro na adubação azotada ou ternária (NPK).

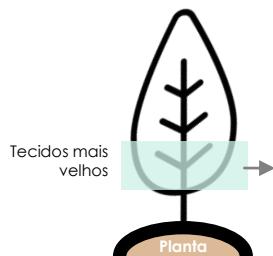
**Chave de
decisão****4**

Primeiros sintomas de deficiência nutricional



Mais detalhes para os nutrientes Ca e B nas páginas seguintes

Primeiros sintomas de deficiência nutricional



Mais detalhes nas páginas seguintes



Pontuações ou manchas arroxeadas com possibilidade de evolução para necrose

Clorose marginal em forma de "V" invertido progredindo para necrose apical ou internerval



Clorose uniforme
Pontuações avermelhadas
Senescência acelerada de folhas

Azoto

Sintomas de deficiência

Sintomas surgem primeiro nos **tecidos mais velhos** (terço inferior da copa e base de ramos).

Amarelecimento (clorose) progressivo das folhas e **pequenas pontuações avermelhadas** distribuídas no limbo foliar.

Senescênci precoce de folhas, com subsequente desfolha (redução da copa).



N

P

K

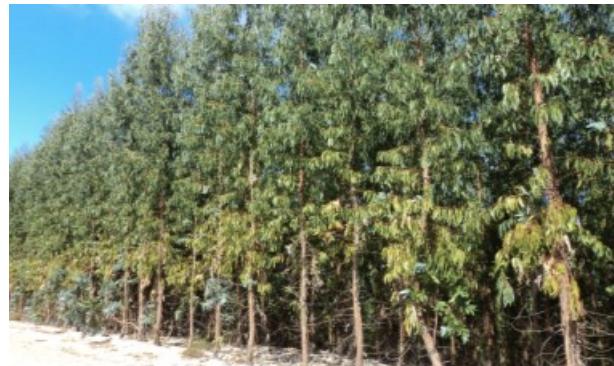
Ca

B

Azoto

Deficiência favorecida por:

- Solos pobres em matéria orgânica
- Solos com pH baixo (<5)
- Elevada precipitação (promove lixiviação)
- Défice hídrico



N

P

K

Ca

B

Fósforo

Sintomas de deficiência

Sintomas surgem primeiro nos tecidos mais velhos (terço inferior da copa e base de ramos).

Pontuações ou manchas roxas sobre o limbo foliar próximas à margem que podem evoluir para necrose (tecido morto).

As folhas podem ficar com cor arroxeadas generalizada em caso de deficiência severa.

Normalmente, há atraso da floração com grande queda na produção de sementes.



N

P

K

Ca

B

Fósforo

Deficiência favorecida por:

Solos argilosos

Solos com pH baixo (<5) ou elevado (>7.5)



N

P

K

Ca

B

Potássio

Sintomas de deficiência

Sintomas surgem primeiro nos tecidos mais velhos (terço inferior da copa e base de ramos).

Coloração amarelada ou avermelhada ao longo das margens

(clorose marginal em forma de "V" invertido) progredindo para necrose apical ou internerval.

Senescênci precoce das folhas.

Árvores ficam mais sensíveis à deficiência hídrica do solo.



N

P

K

Ca

B

Potássio

Deficiência favorecida por:

Solos arenosos
Solos com pH baixo (<5)

Excesso de chuvas (promove lixiviação)
Calagem excessiva



N

P

K

Ca

B

Cálcio

Sintomas de deficiência

Sintomas surgem primeiro nos **tecidos mais jovens** (terço superior da copa e gomas apicais).

Deformação e encarquilhamento das folhas novas (margens do limbo ficam voltadas para o lado superior da folha).

Clorose evoluindo para necrose nas margens e pontas das folhas.

Interrupção do crescimento apical (morte dos gomas apicais e de rebentos novos).



N

P

K

Ca

B

Cálcio

Deficiência favorecida por:

Solos com pH muito baixo (acidez excessiva)

Défice hídrico



N

P

K

Ca

B

Boro

Sintomas de deficiência

Sintomas surgem primeiro **nos tecidos mais jovens** (terço superior da copa e gomos apicais).

Deformação ou coloração marginal amarelada, avermelhada ou arroxeadas das folhas.

Folhas menores, mais grossas, encarquilhadas e quebradiças com nervuras muito salientes.

Perda de dominância apical por morte do gomo apical ("seca de ponteiro"). Morte de rebentos terminais.

Rebentação excessiva com entrenós mais curtos.

Fissuras na casca. Atraso na floração e má polinização.



N

P

K

Ca

B

Boro

Deficiência favorecida por:

Solos arenosos e pobres em matéria orgânica

Défice hídrico prolongado

Elevada precipitação (promoção de lixiviação)



N

P

K

Ca

B

Boro

Sintomas de toxicidade

Sintomas surgem primeiro nos tecidos mais velhos (terço inferior da copa e base dos ramos).

Coloração marginal arroxeadas na margem das folhas.

Folhas encarquilhadas, com necroses marginais.



N

P

K

Ca

B

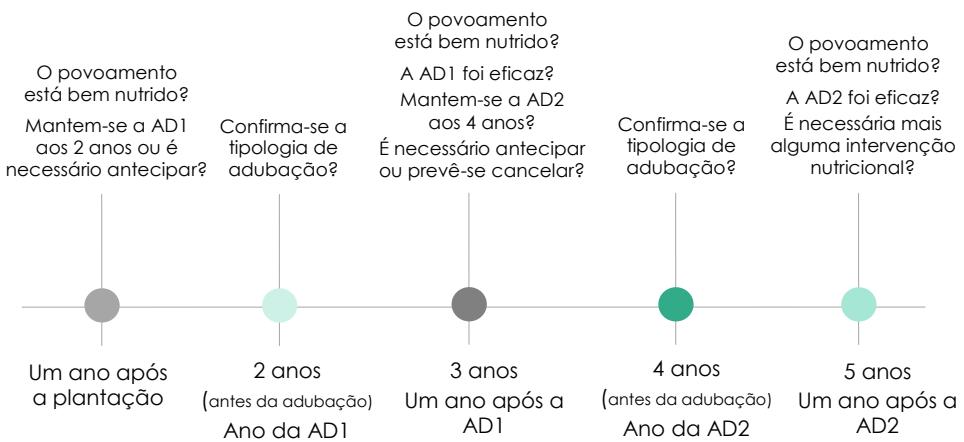
Momentos chave de monitorização visual

Ferreira et al 2018

A monitorização nutricional dos povoamentos de eucalipto é essencial nos primeiros anos de crescimento no sentido de avaliar a eficácia do plano de fertilização previsto e/ou ajustá-lo, caso necessário.

Questões?

Principais momentos de observação visual dos povoamentos para efeitos de nutrição



Capítulo 4: Outras ferramentas de avaliação do estado nutricional das plantas

4. Outras ferramentas do estado nutricional das plantas pg. 104

- | | | |
|-------------------------------------------------------------|---------|---|
| Alguns conceitos das ferramentas de diagnóstico nutricional | pg. 105 | 1 |
| Amostragem de folhas: amostragem, análise e interpretação | pg. 106 | 2 |
| Amostragem de solo: amostragem, análise e interpretação | pg. 108 | 3 |

1

2

3

4



4 Alguns conceitos sobre ferramentas de diagnóstico nutricional

O **diagnóstico visual** é uma ferramenta expedita, rápida, mas menos rigorosa. Pode ser confirmada, ou substituída, pela **análise química das folhas**.

Na análise química, podem ser utilizadas diferentes abordagens para aferir o estado nutricional das plantas. Por exemplo:

- Comparação direta entre a concentração química dos nutrientes nas folhas de plantas saudáveis e plantas com sintomas compatíveis com deficiência nutricional
- Comparação da concentração química dos nutrientes nas folhas das plantas com sintomas compatíveis com deficiência com grelhas de concentração crítica de nutrientes

Conceito de nível crítico

Concentração mínima necessária de nutriente na folha, ou outro componente da planta, para o adequado desenvolvimento da planta. Acima deste nível não ocorre crescimento significativo da planta.

Nalguns estudos é definida uma **gama crítica**, isto é, um intervalo de concentração ótima para o crescimento das plantas.

Desvantagem do diagnóstico visual

Observação mais precisa é realizada em plantas já com algum grau de deficiência e, por isso, crescimento afetado.



4 Análise química foliar para avaliar o estado nutricional das plantas

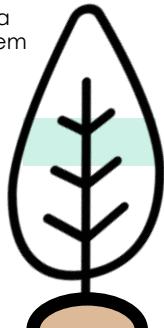
Amostragem foliar para análise química

Embora possa ser feita em qualquer altura do ano, a **amostragem de folhas para análise nutricional é feita preferencialmente na primavera**, após desenvolvimento das folhas do ano.

1. Colher **folhas da parte exterior do terço médio a superior da copa**, no **2º ou 3º par de folhas completas** (totalmente desenvolvidas) de ramos ativos, percorrendo os quatro quadrantes ao longo da amostragem.
2. **Colher no mínimo 20 árvores**, num total mínimo de **60 folhas por amostra**. Abranger de forma ampla a área em amostragem.
3. Na amostragem devem ser evitadas folhas sujas de terra, com pragas e/ou doenças, e necroses. Se o povoamento estiver em transição de folha jovem para adulta, colher apenas de um tipo de folhas (preferencialmente folhas adultas).
4. Colocar as folhas em saco de papel, de forma arejada, até envio para o laboratório de análise química (já com as folhas pré-secas).

Adaptado da Instrução de Trabalho IT08 - Indicadores do estado nutricional das plantas da Navigator Forest Portugal

Posição da amostragem na planta



Pares de folhas completas num ramo ativo da planta



Dell et al 1995, 2000

Pacote analítico

Análise de:
azoto (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca),
magnésio (Mg), boro (B), cobre (Cu),
zínco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn)

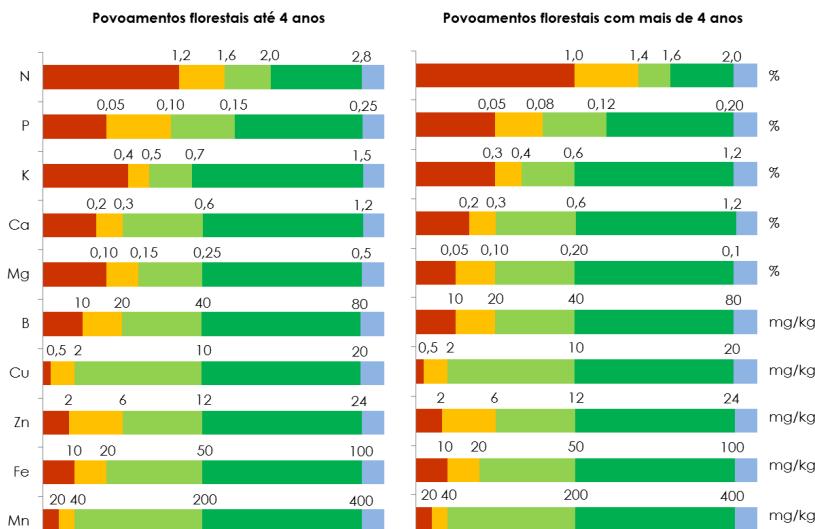
4 Análise química foliar para avaliar o estado nutricional das plantas

Os resultados da análise química devem ser comparados com **valores de referência** para a espécie.

Níveis de concentração e sintomas na planta:

Fabres et al 2005
Esquema adaptado e-globulus (2020)

| Muito baixa | Baixa | Média (gama crítica) | Alta | Muito alta |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nível muito limitante: sintomas de deficiência visíveis na planta. | Nível limitante: podem ser visíveis sintomas de deficiência na planta. | Nível adequado: estado nutricional de referência da planta. Crescimento e produção normal. | Nível de luxo: Estado nutricional da planta ótimo, em consumo de luxo sem restringir a produção. | Nível excessivo: limitação da absorção/assimilação de outros nutrientes. Possível fitotoxicidade. |



Deverá promover-se um nível de **concentração médio dos nutrientes**, correspondente a um estado nutricional adequado das plantas.

Se a concentração for baixa, ou muito baixa, adubar.

(ver Capítulo 3)

- Muito Baixa
- Baixa
- Média
- Alta
- Muito Alta

4 Análise de solo para avaliar indiretamente a nutrição das plantas

A **fertilidade do solo** pode ser utilizada como um indicador indireto do estado nutricional das plantas, tendo em consideração que um baixo nível de nutrientes no solo é um indicativo da baixa disponibilidade destes para a planta.

Recomenda-se a realização de, pelo menos, 1 amostra de solo/rotação, por exemplo pré-corte para fins nutricionais e ambientais.

Amostragem de solo para análise química

1. Remover folhas, ramos, casca e lenho existentes na superfície do solo para **recolher uma amostra composta por, pelo menos, 15 subamostras**.
2. As subamostras devem ser colhidas **percorrendo a área em ziguezague**, abrangendo a sua variabilidade espacial. Evitar zonas encharcadas ou próximas de caminhos, de habitações ou estábulos, bem como com acumulação de estrumes, adubos, cinzas, entre outros.
3. **Colher as subamostras na profundidade efetiva do solo**, até um máximo de 40 cm, utilizando uma sonda em meia-cana ou outro equipamento equivalente.
4. Se a área estiver plantada: colher metade das amostras na linha de plantação e a outra metade na entrelinha de plantação. Evitar a zona onde se efetuou a adubação de instalação.
5. Colocar a amostra devidamente misturada em saco de plástico e enviar para o laboratório de análise.



A amostragem de solo para fins específicos segue orientações próprias, como por exemplo a recolha de solo para valorização de resíduos.

Profundidade efetiva do solo

Não incluir na amostragem os horizontes CR, RC, R ou camada de solo impermeável, usualmente diferenciados do horizonte anterior em coloração e/ou dureza.



4 Análise de solo para avaliar indiretamente a nutrição das plantas

Pacote analítico

Análise de:

pH em água, matéria orgânica, fósforo extraível em Egner-Riehm, complexo de troca (cálcio, potássio, magnésio e sódio por acetato de amônio a pH7, capacidade de troca catiônica, grau de saturação em bases)

Os resultados da análise química devem ser comparados com **valores de referência** para a espécie.



Em caso de **suspeita de solos calcários**:

→ Realizar também **análise de calcário ativo**



| Teor de calcário ativo (%) | Aptidão do solo para o eucalipto |
|----------------------------|----------------------------------|
| <1% | Apto |
| ≥ 1% | Inapto |

Pode ser feito um teste rápido, mais expedito (menos preciso), designado de **teste de efervescência**, colocando sobre o solo amostrado uma porção de uma solução com 10% de ácido clorídrico. Se houver reação, o solo tem calcário ativo e é inapto para o eucalipto.

WRB (FAO) 2006, Ferreira et al 2011

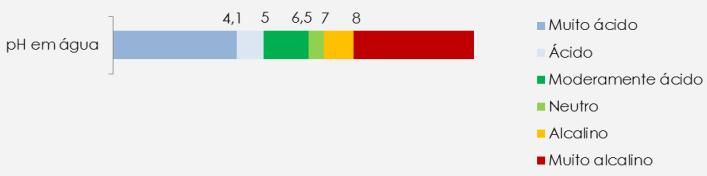
A classificação dos níveis de concentração dos nutrientes na planta pode também ser utilizada para o solo.

Níveis de concentração no solo e consumo/sintomas expectáveis na planta:

| Muito baixa | Baixa | Média (gama crítica) | Alta | Muito alta |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nível muito limitante: sintomas de deficiência visíveis na planta. | Nível limitante: podem ser visíveis sintomas de deficiência na planta. | Nível adequado: estado nutricional de referência da planta. Crescimento e produção normal. | Nível de luxo: Estado nutricional da planta ótimo, em consumo de luxo sem restringir a produção. | Nível excessivo: limitação da absorção/assimilação de outros nutrientes. Possível fitotoxicidade. |

4 Análise de solo para avaliar indiretamente a nutrição das plantas

→ O pH exerce forte influência na disponibilidade de nutrientes no solo (ver Fertilidade do Solo, Capítulo 1), sendo mais favorável para o eucalipto o pH em água entre os valores 5 e 6.



→ A matéria orgânica, entre outras características, favorece a disponibilidade dos nutrientes para as plantas.



Na gestão florestal, manter ao máximo a matéria orgânica do solo.

Não esquecer que a deposição de folhada dos povoamentos de eucalipto gera material orgânico na superfície do solo que vai gradualmente enriquecer o solo em matéria orgânica.

→ Para um nível adequado de nutrientes no solo é inferido que ocorrerá uma absorção adequada pela planta, salvo se houver desequilíbrio entre nutrientes no solo ou outro fator limitante, como a disponibilidade hídrica.



Se a concentração for baixa, ou muito baixa, adubar.
(Ver capítulo 3)

Fabres et al 2005
Esquema adaptado e-globulus (2020)

Referências bibliográficas

- Barber S A. 1995. Soil Nutrient Bioavailability. A mechanistic approach. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc, 384 pp.
- Barrocas H M e Fabres A S. 2002. Formação em solos e Nutrição de plantas. Conteúdos temáticos RAIZ.
- Barrocas H M, Fabres A S, Ferreira D e Lavoura S. 2002. Fertilização de um povoamento de eucalipto na região de Penamacor: resposta a N, K, Ca e Mg e indicadores do estado nutricional. Relatório interno RAIZ, 17 pp.
- Barrocas H M., Fabres A S, Ferreira D, Lavoura S, Araújo, J A 2004 Estratégias de localização da fertilização fosfatada: efeito sobre o crescimento de *E. globulus* e sobre o desenvolvimento e arquitetura das raízes. Relatório interno RAIZ, 37 pp.
- Castro V. 2013. Nutrição mineral em *Eucalyptus globulus* Labill. Fertilização e exportação de nutrientes. Dissertação de mestrado, UTAD, Vila Real, 127 pp.
- Coutinho J F, Bento J S, Vale R R 2001. Efeito da aplicação de boro em povoamentos de *Eucalyptus globulus* no norte e centro de Portugal. Projeto de investigação aplicada do CEDR-UTAD, RAIZ e Borax Europe Ltd. Relatório do triénio 1997-1999, 79 pp.
- Coutinho J 2010. Apontamentos da disciplina de Fertilidade do solo, Mestrado de eng. Florestal, UTAD, Vila Real.
- Dell B, Malajczuk N, Grove T S. 1995. Nutrient Disorders in plantation eucalypts. ACIAR, Australia, 57 pp.
- Dell B, Malajczuk N, Xu D, Grove T S. 2000. Nutrient Disorders in plantation eucalypts. ACIAR, Australia, 194 pp.
- Despacho n.º 1230/2018. Gabinetes dos Secretários de Estado do Ambiente e das Florestas e do Desenvolvimento Rural.
- e-globulus. 2020. <https://www.e-globulus.pt/>
- Fabres A S e Ferreira D 2004. Nível crítico de fósforo no solo para a instalação de povoamentos de *Eucalyptus globulus* em Portugal. Relatório interno RAIZ, 35 pp.
- Fabres A S, Ferreira D, Silva P, Meireles E. 2005. Indicadores da fertilidade do solo e do estado nutricional da planta para o cultivo de *Eucalyptus globulus*. Relatório técnico RAIZ, 51 pp.
- Fabres A S, Figueiredo M E, Onofre T, Ferreira D. 2006. Eficiência de diferentes fertilizantes minerais azotados para a adubação de manutenção de plantações de *Eucalyptus globulus* em Portugal. Relatório interno RAIZ, 31 p.p
- Fabres A S e Machado L. 2012. Documento técnico de resumo da atividade de valorização florestal de resíduos pela PortucelSoporcel Florestal. Relatório interno RAIZ, 15 pp.
- Ferreira D, Fabres A S, Ribeiro J L. 2004. Ganhos de produtividade florestal pela implementação das práticas de adubação de fundo e de manutenção em plantações de *Eucalyptus globulus* em Portugal. Relatório interno RAIZ, 35 pp.
- Ferreira 2010. Disponibilidade de N em solos com povoamentos de *Eucalyptus globulus*: medição de fluxos de N no solo e previsão da mineralização pelo modelo SNAP. Dissertação de mestrado, UTAD, Vila Real, 170 pp.

Referências bibliográficas

- Ferreira D, Fabres S, Moreira M, Costa F. 2011. Fertilização orgânica: resposta do eucalipto à aplicação de diferentes materiais orgânicos e dinâmica de decomposição e libertação de nutrientes desses materiais., 93 pp.
- Ferreira D e Fabres A S. 2011. Atualização dos ganhos de produtividade florestal pela prática de adubação em povoamentos de eucalipto. Relatório interno RAIZ, 10 pp.
- Ferreira D, Fabres A S, Sousa C, Meireles E, Bragança L, Rodrigues N. 2011. Limitação de solos com influência calcária para o crescimento de *E. globulus* – revisão do critério de aptidão para aplicação ao nível da zonagem edafo-climática de propriedades". Relatório técnico RAIZ, 41 pp.
- Ferreira D, Rafael J, Sousa V G, Castro V, Sousa F, Proença M, Marques C. 2014. Resposta do eucalipto à adubação de instalação: ensaios e testes operacionais instalados na UG Caniceira durante as épocas de plantação outono 2010 e primavera 2011. Relatório interno RAIZ, 20 pp.
- Ferreira D. 2015. Formação em Solos e Nutrição de plantas. Conteúdos formativos internos RAIZ, 105 pp.
- Ferreira D. e Rafael J. 2015. Revisão do Programa de adubação Operacional: planeamento da fertilização e revisão da NT06. 32 pp.
- Ferreira D, Soares S, Rafael J, Meireles E, Sousa F, Marques C.2015. Testes de solubilização de adubos de libertação controlada. Relatório interno RAIZ, 12 pp.
- Ferreira D. 2017. Formação em Gestão nutricional de plantas de eucalipto: boas práticas a adotar, 52 pp.
- Ferreira D. 2018. Análise da fertilidade dos solos sob povoamentos de eucalipto. No âmbito da revisão do Programa de adubação da The Navigator Company 2018. Estudo não documentado.
- Ferreira D, Vasquez J H, Aires A, Alarico J, Bandeira M A, Archer, A 2018. Revisão da norma Técnica NT06—Fertilização de povoamentos de eucalipto. Apresentação do GT, 35 pp.
- Ferreira D, Fabres, A S, Carvalho A S, Guimarães P, Dias A C. 2020. As plantações de eucalipto como sumidouro de carbono. Artigo em revisão, 11 pp.
- Fölster H e Khanna P K. 1997. Dynamics of nutrient supply in plantation soils. In: Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forest. E. K. Sadanandan Nambiar, Alan G. Brown (Eds) CSIRO Canberra Australia, pp. 339 – 347.
- IT08– Instrução de trabalho Indicadores do estado nutricional das plantas. Procedimento interno da Navigator Forest Portugal, The Navigator Company, 3 pp.
- Grove T S, Thomson B D e Malajczuk N. 1996. Nutritional physiology of eucalypts: uptake, distribution and utilization. In: Nutrition of Eucalyptus, Attiwill P, M e Adams M A (Eds) CSIRO, Austrália – pp: 77-108.
- Guidance for the compatibility of Fertilizer Blending Material. 2006. EFMA European fertilizer manufacturer association, Belgium, 16 pp.
- Guidance for the storage, handling and transportation of solid mineral fertilizers. 2007. European fertilizer manufacturer association, Belgium, 84 pp.

Referências bibliográficas

- Johnsona D W e Turner J. 2019. Nutrient cycling in forests: A historical look and newer developments. *Forest Ecology Management*, 444:344-373.
- Lemos C, Fabres A S, Rafael J, Ferreira D, Silva P 2003. Fertilização fosfatada para povoamentos de eucalipto: adubação de fundo com diferentes fontes de P. Relatório interno RAIZ, 17 pp.
- Malavolta, E 1980. Elementos de nutrição mineral das plantas. São Paulo, Brasil, Agronómica Ceres, 251 pp.
- Malavolta E, Gomes-Pimentel F, Alcarde J C. 2000. Adubos & Adubações– São Paulo, Brasil, Nobel, 200 pp.
- Marschner, H 1986. Mineral nutrition of higher plants, Academic Press, New York, 674 pp.
- NT06 - Fertilização de povoamentos de eucalipto. Normativo técnico revisto em 2018, Navigator Forest Portugal, 20 pp.
- Nutriglobulus 2002. Programa de recomendação de adubação para povoamentos de eucalipto. RAIZ.
- Onofre T, Fabres A S, Ferreira D, Sousa M, Rafael J, Silva P. 2004. Calagem em povoamentos de eucalipto – efeito de diferentes materiais calcários e doses sobre características químicas do solo (pH, cálcio e magnésio), produtividade florestal e parâmetros tecnológicos da madeira. Relatório interno RAIZ, 20 pp.
- Porta J, Acevedo M L, Roquero C. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Espanha, 807 pp.
- Princípios de Boas Práticas florestais, 2003. Manual da Direção Geral das Florestas, 152 pp.
- Quintela A, Fabres A S, Ferreira D. 2018. Metodologia de diagnóstico visual das plantas como auxílio ao programa de adubação da Navigator Forest Portugal. Conteúdos temáticos internos RAIZ.
- Quintela A e Fabres A S 2020. avaliação visual do estado nutricional de povoamentos de eucalipto. Apresentação interna RAIZ, 60 pp.
- Rafael J, Lemos L, Ramalho R. 2000. National map of the Regiões of boron deficiency risk for *Eucalyptus globulus*. Poster apresentado no Congresso florestal nacional, UTAD.
- Ranger J e Turpault MP. 1999. Input–output nutrient budgets as a diagnostic tool for sustainable forest management. *Forest ecology management*. 122(1):139-154.
- Ribeiro H. Sem data. <https://fenix.isa.ulisboa.pt/downloadFile/844497944579437/T2%20Adubos%20especiais.pdf>
- Soares S, Sousa F, Ferreira D, Marques C. 2014. Eficiência de aplicação do adubo de manutenção capsulado Nergetic relativamente a uma fonte não capsulada (estudo 2014). Relatório interno RAZ, 15 pp.
- van Raij, B 1983. Avaliação da fertilidade do solo. Instituto da Potassa & Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 142 pp.
- WRB IUSS Working Group. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 203 pp.



Contactos:

daniela.ferreira@thenavigatorcompany.com

susana.morais@thenavigatorcompany.com



RAIZ